



HAL
open science

Archéologie des systèmes agraires préhispaniques de la région de Zacapu, Michoacán, Mexique : VIIe - XVe siècle apr. J.-C.

Antoine Dorison

► **To cite this version:**

Antoine Dorison. Archéologie des systèmes agraires préhispaniques de la région de Zacapu, Michoacán, Mexique : VIIe - XVe siècle apr. J.-C.. Archéologie et Préhistoire. Université Panthéon-Sorbonne - Paris I, 2019. Français. NNT : 2019PA01H050 . tel-03213030

HAL Id: tel-03213030

<https://theses.hal.science/tel-03213030v1>

Submitted on 30 Apr 2021

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

THÈSE

en vue de l'obtention du grade de Docteur en Archéologie
de l'Université de Paris 1 Panthéon Sorbonne
présentée et soutenue publiquement par

Antoine DORISON

le 23 septembre 2019

ARCHÉOLOGIE DES SYSTÈMES AGRAIRES PRÉHISPANIQUES DE LA RÉGION DE ZACAPU, MICHOCÁN, MEXIQUE VIIe - XVe SIÈCLE APR. J.-C.



sous la direction de Grégory PEREIRA
et le tutorat scientifique de Michelle ELLIOTT et Christophe PETIT



Jury :

Mme Michelle ELLIOTT (Maître de conférence, U. Paris 1; UMR7041 ArScAn) — Tutrice
Mme Christina SIEBE (Directrice de recherche, UNAM ; Instituto de Geologia) — Rapporteur
M. Christopher S. BEEKMAN (Maître de conférence, U. Colorado Denver ; dpt. of Anthropology) — Rapporteur
M. Cyril CASTANET (Maître de conférence, U. Paris 8 Vincennes St Denis ; UMR8591 LGP) — Examineur
M. Grégory PEREIRA (Directeur de recherches, CNRS ; UMR8096 ArchAm) — Directeur
M. Christophe PETIT (Professeur des universités, U. Paris 1 ; UMR7041 ArScAn) — Tuteur

**ARCHÉOLOGIE DES SYSTÈMES AGRAIRES
PRÉHISPANIQUES DE LA RÉGION DE ZACAPU, MICHOACÁN,
MEXIQUE
VII^e - XV^e SIÈCLE APR. J.-C.**

REMERCIEMENTS

Ces quelques lignes expriment ma gratitude à toutes celles et ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail. Que les inévitables oubliés me pardonnent.

Merci à Grégory Pereira d'avoir accepté la direction de cette thèse. Il a été, du début à la fin, un conseiller avisé et attentionné, doué d'une invariable pertinence scientifique parfois à la limite de l'agacement, ainsi qu'une source de motivation même dans les phases les plus difficiles. Merci à Michelle Elliott et Christophe Petit d'avoir assuré le tutorat de cette thèse. Ils ont toujours trouvé du temps pour orienter mon travail en archéologie environnementale et ont su me persuader de persévérer dans ce domaine dont je n'ai fait qu'effleurer la richesse ici. Un agradecimiento grande a Christina Siebe por haber aceptado de evaluar este trabajo, pero ante todo, por haber sido una pedagoga excelente en cuanto a la difícil – y a veces casi esotérica – disciplina que es la ciencia de los suelos. Merci à Cyril Castanet d'avoir consenti à examiner cette thèse quelque peu en marge de son domaine de prédilection et de lui offrir par là même une très précieuse caution scientifique. And thank you to Christopher Beekman who accepted without hesitation to be part of my jury and whose encyclopaedic knowledge about West Mexico is of the highest value to assess this work. Je suis sincèrement honoré de tous les compter dans mon jury.

Ce travail n'aurait pas pu être mené à bien sans les appuis humains, logistiques et financiers de l'Université de Paris 1, du laboratoire d'archéologie américaniste ArchAm, du projet Uacúsecha et du programme ANR Mésomobile, de la région Île-de-France, de l'Académie Française, du musée du Quai Branly, du Centre d'Études Mexicaines et Centre-Américaines de Mexico et du laboratoire de pédologie de l'Université Nationale Autonome de Mexico. Qu'ils reçoivent ici l'expression de ma plus grande gratitude.

Au laboratoire ArchAm, je tiens à exprimer des remerciements particuliers à Dominique Michelet, pour m'avoir communiqué sa passion pour l'archéologie mésoaméricaine et son inestimable expérience avec la plus grande humilité. Ma gratitude va aussi à Marie-Charlotte Arnaud, Véronique Darras et Brigitte Faugère, pour avoir partagé leur très grande connaissance du terrain avec plaisir, au Mexique comme à Paris. Merci à Eva Lemonnier pour sa sincérité et pour m'avoir fait confiance pour assurer des cours qui m'ont beaucoup apporté. Merci à Sylvie Éliès d'avoir enrichi mon texte de ses superbes planches céramiques. Merci à Jean François Cuenot pour son invariable bonhomie. Je remercie également tous les autres membres du laboratoire pour les discussions enrichissantes que nous avons eu, ainsi que pour leur cordialité et soutien à mon égard tout au long de ce travail.

À ArScAn, merci à Laurent Costa pour son amour du partage. Géohistoriquement merci.

À l'Université de Mexico, je tiens à exprimer ma gratitude envers Lucy Mora et Kumiko Shimada Miyasaka, du département de pédologie, qui ont eu la bonté d'ajouter mes analyses de sol à leur emploi du temps. Je tiens également à remercier Lorenzo Vázquez, de l'Institut de Géographie, pour ses conseils et son attention lors de ma formation en géomorphologie.

À l'Université de Paris 1, je remercie Hélène Criaud pour son investissement dans mon cas (et celui des autres) à l'école doctorale. Un cordial merci également à tous les professeurs qui ont su me donner le goût de l'archéologie.

À Zacapu, merci à tous ceux qui ont accepté de travailler avec un jeune archéologue français inexpérimenté. Un merci tout particulier à Alfonso Lopéz et à la famille Nolasco, à Don Nicolas, José, Beto, Isidro, et surtout à José Luis et Eduardo, pour son habileté à dénicher des *putas piedras*.

Les noms qui suivent auraient pu se placer plus haut, dans les remerciements académiques, car tous sont rattachés à des institutions prestigieuses. Je leur témoigne ma gratitude ici toutefois, dans la traditionnelle partie réservée aux amis. Merci à Alejandra Castañeda, Marion Forest, Elsa Jadot, Aurélie Manin, Oziris Quezada, Élodie Beaulieu et Isaac Barrientos, d'avoir rendu si agréables terrains et séjours au CEMCA par leur amitié et d'avoir partagé sans hésitation leurs expériences et passions. CEMCA vivirá. Merci à Alain Giosa, mon pote de sol, mon podzol. Elle est nulle mais tu apprécieras. Merci à Rémi Méreuze et Élie Pinta pour tous ces moments informels d'archéologie parisienne, pour les fois où vous étiez langue de bois comme celles où vous ne l'étiez pas. Elle est nulle aussi mais vous apprécierez. Merci à Céline Mahé et Alex Deseine, nos « pantouflards » de l'archéologie. Merci à Hemmamuthé Goudiaby d'avoir su lever des sourcils lourds de sens et donner de franches accolades quand il le fallait. Tu ne fais pas dans l'effusion, mais dans la sincérité.

Merci à tous mes amis, aux pieds propres ou non, de la première heure ou arrivés plus tard, d'avoir été là au long de ces six années, pour m'écouter parler de ma passion et de l'enfer de ma passion, mais surtout pour tout le reste ! Merci à Celeste Massol, Justine Girard, Louise Neuville, Vic Otero, Cece Pérez, Manu Salamanca, Xav Desormeau, Tristan Hamelin-Foulon, Paul Navas, Hugo Fabre, Nathan Chateau et Laurent Davin.

Merci aux survivants de Frago, à Amélie Blanchard et Ayala Loisel, un peu loin mais toujours si proches. Vous me manquez. Merci à Camille, née Huraux, et Thomas Vauchel, toujours proches de moi, toujours là. Être à vos côtés, c'est un peu comme être dans une bonne auberge. Je sais que j'y serai toujours bien, peu importe le dessert. Merci les amis.

Merci à Romu. Laissons notre amitié faire jaser les plus fermés d'esprit. Je crois qu'on n'en a pas beaucoup dans une vie des amis comme toi. Merci.

Merci à ma famille élargie, à Richard, Dorothee, Viviane, Roman, Odilon, Yseult et Étienne de m'avoir accueilli dans leur tribu. Merci à mes grands-parents, Jacqueline, Mamie, Papou et Michel, qui aurait aimé voir ça. Merci à Fanny, à Lou et à Matthieu. Vous voir plus souvent ces dernières années me rend profondément heureux. Merci à mes parents, à Maman et Papa, de m'avoir encouragé à continuer l'archéologie et de m'avoir toujours soutenu. En même temps, c'est un peu de votre faute.

Enfin, merci à Noémie. Merci de m'avoir soutenu du début à la fin, d'être fière moi et de me le dire. Merci de m'avoir réconforté dans les moments les plus durs. Toi seule as vécu avec moi toute cette belle expérience. Merci pour ta patience, jusqu'à la fin. Bref, merci pour ton amour.

SOMMAIRE

| | |
|----------------------------|---|
| REMERCIEMENTS | 2 |
| SOMMAIRE | 4 |
| INTRODUCTION | 7 |

PARTIE 1 - CONTEXTE & PROBLÉMATISATION DE L'ÉTUDE

| | |
|---|-----|
| 1. DU SOL À L'AGRICULTURE PRÉHISPANIQUE : UNE OUVERTURE THÉORIQUE | 11 |
| 1.1. Conceptualiser l'espace étudié : l'agriculture comme écosystème anthropisé..... | 13 |
| 1.2. Identifier et caractériser les paysages agraires anciens..... | 18 |
| 1.3. Interroger les données : viabilité du système agricole..... | 27 |
| 1.4. Synthèse du chapitre 1 | 35 |
| 2. ANTÉCÉDENTS ET PROBLÉMATIQUES DE L'ÉTUDE | 37 |
| 2.1. Les cadres de l'étude : localisation et antécédents des recherches dans le Centre-Nord du Michoacán..... | 38 |
| 2.2. Évolution culturelle préhispanique dans la région de Zacapu : un état des connaissances avant 2013..... | 52 |
| 2.3. Problématiques de l'étude : des stratégies agraires à la structuration des espaces | 62 |
| 3. ENVIRONNEMENT DE LA RÉGION DE ZACAPU | 86 |
| 3.1. Géologie..... | 88 |
| 3.2. Climat..... | 101 |
| 3.3. Hydrologie | 118 |
| 3.4. Géomorphologie et sols de l'ouest du bassin de Zacapu | 132 |
| 3.5. Usage des sols et végétation | 150 |
| 3.6. Synthèse du chapitre 3 | 157 |
| 4. SYSTÈMES AGRAIRES PRÉHISPANIQUES DANS LES HAUTES TERRES VOLCANIQUES DU MEXIQUE CENTRAL | 159 |
| 4.1. Généralités sur l'agriculture dans les Hautes Terres volcaniques du Mexique central | 161 |
| 4.2. Ethnohistoire et ethnographie de l'agriculture dans le Centre-Ouest | 174 |
| 4.3. Archéologie de l'agriculture et de la subsistance dans le Centre-Ouest et à Zacapu ... | 181 |

PARTIE 2 - METHODOLOGIE, TERRAIN & LABORATOIRE

| | |
|---|-----|
| 5. MÉTHODOLOGIES | 194 |
| 5.1. Corpus et échelles | 195 |
| 5.2. Une approche d'archéologie spatiale..... | 207 |
| 5.3. Étude des sols..... | 242 |

| | |
|--|------------|
| 6. PAYSAGES GÉOPÉDOLOGIQUES AU NORD-OUEST DU BASSIN DE ZACAPU .. | 262 |
| 6.1. La plaine lacustre | 264 |
| 6.2. Le piémont | 277 |
| 6.3. Les hautes terres..... | 285 |
| 6.4. Une synthèse de la morpho-pédogenèse des sols du nord-ouest du bassin de Zacapu. | 341 |
| 7. RÉÉVALUATION DU PEUPLEMENT PRÉHISPANIQUE DU NORD DU MALPAÍS DE ZACAPU..... | 346 |
| 7.1. Le centre urbain de Malpaís Prieto et sa périphérie..... | 348 |
| 7.2. Les hautes terres occidentales..... | 412 |
| 7.3. Le cœur du Malpaís, du petit enfer aux petits champs | 448 |
| 7.4. Du piémont aux rives de l'ancien lac de Zacapu | 469 |
| 7.5. L'île d'El Llano, au nord-ouest du lac | 489 |
| 7.6. Une idée de la démographie dans la diachronie : synthèse du chapitre 7..... | 498 |
| PARTIE 3 - INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS & DISCUSSION | |
| 8. SYSTÈMES AGRAIRES PRÉHISPANIQUES DU MALPAÍS DE ZACAPU | 509 |
| 8.1. Archéologie et géopédologie : mise en regard..... | 510 |
| 8.2. Une typologie des aménagements agraires préhispaniques du nord du Malpaís de Zacapu..... | 526 |
| 8.3. Évolution chronologique des stratégies agraires | 567 |
| 8.4. Synthèse du chapitre 8 | 592 |
| 9. DES PAYS PAS SI MAUVAIS | 595 |
| 9.1. Des mauvais pays pour se protéger : de l'insécurité à la territorialité au sein du Malpaís de Zacapu..... | 597 |
| 9.2. Les terres fertiles des mauvais pays : agriculture et peuplement dans le Malpaís de Zacapu du vii ^e au xv ^e siècle apr. J.-C..... | 618 |
| 9.3. Synthèse : mise en regard entre agriculture, société, et territorialité..... | 687 |
| CONCLUSION | 691 |
| BIBLIOGRAPHIE | 696 |
| TABLE DES MATIÈRES..... | 731 |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS | 740 |
| TABLE DES TABLEAUX | 745 |
| ANNEXES | 747 |

Y decía al cacique nuevo: "no ansí, fácilmente, se hacían caciques a todos, mas aquellos que fuertemente tienen las azadas, quienes hacían las sementeras de los cazonçies y eran muy obidientes. Trabaja, ¿con qué has de regir la gente si no entiendes de hacer sementeras? ¿Qué has de dar de comer a los que entraren en tu casa?"

*Relación de Michoacán, DE LA MUERTE DE LOS
CACIQUES Y COMO SE PONÍAN OTROS, folio 23*

(Alcalá 2000 [c. 1540] : 286)

INTRODUCTION

Le lien entre les humains et la terre arable est fort en Mésoamérique. Dans son *Histoire générale des choses de Nouvelles Espagne* compilée une cinquantaine d'années après la Conquête espagnole, le frère Bernardino de Sahagún (c. 1577) dénombrait déjà 42 types de sols différents nommés par les Nahuas (Aztlèques). Quatre siècles plus tard, le Mexique est parmi les plus riches pays au monde en termes de connaissances indigènes dans ce domaine et compte plus de 70 études ethnographiques spécialement focalisées sur la perception et l'exploitation des sols par les communautés traditionnelles (Barrera-Bassols et Zinck 2003). Parmi elles, les Purépechas qui habitent encore les hautes terres volcaniques du Michoacán ont élaboré une des taxonomies indigènes les plus sophistiquées de Mésoamérique pour nommer et cultiver les paysages qui les entourent (Barrera-Bassols *et al.* 2006a). Comme ailleurs dans le pays, cette affinité avec les sols est notamment le fruit d'une longue maturation antérieure à la Conquête (Barrera-Bassols *et al.* 2006b), quand la culture de la terre était la base de l'économie¹ (Rojas Rabiela 1988 ; Whitmore et Turner 2001). De fait, les Purépechas actuels sont les descendants des Tarasques préhispaniques, dont le royaume centralisé a laissé des vestiges sur un territoire de plus de 50000 km² à travers les états mexicains du Michoacán, du Guanajuato et du Jalisco (Gorenstein et Pollard 1983 ; Warren 1985 ; Pollard 1993, 2000).

Étrangement pourtant, les prémices de l'entité tarasque ont été reconnues dans le dernier endroit que choisirait aujourd'hui un agriculteur de tradition européenne pour cultiver : les coulées de lave quaternaires de la région de Zacapu, au nord du Michoacán. Héritiers des us agraires de l'époque coloniale qui ont eu tendance à déprécier certains types de terrains, les paysans zacapenses actuels regroupent ces coulées rocheuses chaotiques sous le nom de Malpaís de Zacapu, le mauvais pays de Zacapu. L'archéologie y a toutefois identifié quatre établissements préhispaniques à caractère urbain, fondés – pour la plupart *ex nihilo* – au milieu du XIII^e siècle (Michelet *et al.* 1988 ; Migeon 1991 ; Michelet 1998, 2008 ; Michelet *et al.* 2005 ; Forest 2014). Plusieurs milliers de personnes les ont habités pendant près de 200 ans, avant l'abandon généralisé et définitif de la zone au début du XV^e siècle.

¹ L'élevage se limitait au dindon, à l'abeille et au chien, et le cerf constituait le plus grand gibier disponible.

Dans le présent travail, nous tentons de comprendre et d'expliquer l'apparent paradoxe entre cette explosion démographique qui caractérise l'urbanisation du Malpaís, et l'environnement *a priori* inadapté que celui-ci constitue. Pour ce faire, nous nous intéressons à l'agriculture, au travers d'une approche d'archéologie environnementale et agraire (Guilaine 1991). Pour aborder les vestiges, nous convoquons les concepts et méthodes de l'archéogéographie (Chouquer 2008), mais aussi ceux et celles de la géoarchéologie en choisissant d'étudier les caractéristiques des sols eux-mêmes – archéopédologie (Fedoroff et Courty 2002) – et leur répartition spatiale en fonction de la géomorphologie – géopédologie (Zinck 2012). Nos questionnements sont d'ordres économiques et territoriaux. Nous souhaitons comprendre comment étaient exploitées les terres arables dans une perspective de subsistance, et quelles en ont été les conséquences pour le partage des espaces entre les paysans préhispaniques. Nous touchons de fait aux concepts de territoire d'exploitation (Higgs et Vita-Finzi 1972), de capacité de charge, et de durabilité, à travers un prisme écosystémique.

La première partie de la thèse pose les cadres : scientifique, géographique, historique et culturel. Le chapitre 1 introduit les concepts et paradigmes méthodologiques utilisés pour replacer notre travail dans le cadre plus large de la recherche sur les agricultures anciennes. Le chapitre 2 fait un état de l'art sur l'archéologie de Zacapu et dégage nos questionnements. Nous y soulignons deux lacunes dans la recherche : une méconnaissance² de l'occupation autour des centres urbains des XIII^e-XV^e siècles, toutes époques confondues, laissant sous-entendre l'existence d'un *hiatus* dans l'occupation avant l'urbanisation du Malpaís, et un manque de mise en regard entre les sites archéologiques et les caractéristiques de leur environnement. À partir de ces constats, nous rappelons les hypothèses proposées par nos prédécesseurs pour expliquer la colonisation *a priori* tardive du Malpaís de Zacapu. De là découlent nos problématiques, concentrées dans une fenêtre d'étude au nord de celui-ci. Le chapitre 3 fait la synthèse des travaux sur l'environnement à l'échelle régionale. Elle permet de souligner la diversité écologique de la fenêtre étudiée, à cheval entre un milieu lacustre humide et un milieu plus sec de hautes terres volcaniques. Cette diversité s'exprime notamment en matière de pédologie. Le chapitre 4 fait finalement la synthèse des connaissances sur l'agriculture préhispanique dans les hautes terres du Mexique central. Il présente ensuite la question pour le cas de Zacapu et souligne ses lacunes.

² Néanmoins comblée en partie depuis l'entreprise de prospections/sondages à l'échelle microrégionale à partir de 2013.

La deuxième partie de la thèse constitue son noyau dur. Elle s'ouvre par le chapitre 5 qui présente la double méthodologie que nous développons : une approche d'archéologie spatiale et une étude des sols. Il revient notamment sur un point fort de notre travail qu'est l'utilisation des systèmes d'information géographique (SIG) et des données numériques, dont une image LiDAR. Le chapitre 6 présente notre étude géopédologique dans la fenêtre d'étude. Il met à jour la carte géomorphologique locale et explique les caractéristiques des principaux sols. Il permet de souligner l'opposition entre hautes terres et domaine lacustre, et la diversité des types de coulées au sein du Malpaís. Le chapitre 7 présente notre étude archéologique. Les travaux actuels des autres membres du projet dont nous faisons partie sont intégrés afin d'offrir une actualisation de la carte archéologique dans les limites de la fenêtre d'étude. La synthèse diachronique du chapitre souligne les avancées récentes : la mise au jour dans les hautes terres d'un important foyer d'occupation épiclassique (600-900 apr. J.-C), l'abandon de la zone au Postclassique ancien (900-1250 apr. J.-C), l'expansion humaine hors des limites des centres urbains au Postclassique moyen (1250-1440 apr. J.-C), et la découverte d'une occupation coloniale en marge du Malpaís dès les années 1540.

La troisième et dernière partie de la thèse met en regard archéologie et étude des sols pour interpréter les données. Le chapitre 8 propose une typologie des aménagements agraires préhispaniques, axée sur la considération du contexte géopédologique exploité, et caractérise les systèmes et stratégies agraires aux différentes époques. Le chapitre 9 clôt notre travail. Il offre une révision du rapport entre les paysans préhispaniques et les paysages du Malpaís qu'ils ont contribué à façonner pour la mise en culture. Il propose finalement un modèle qui met en regard production agricole, démographie et consommation, pour formuler des hypothèses sur la question de l'autosuffisance agricole aux différentes époques. En d'autres termes, il affirme la continuité du lien entre les humains et les sols depuis la colonisation préhispanique du Malpaís de Zacapu jusqu'aux communautés purépechas actuelles.

PARTIE 1 -

CONTEXTE & PROBLÉMATISATION DE L'ÉTUDE



1. DU SOL À L'AGRICULTURE PRÉHISPANIQUE : UNE OUVERTURE THÉORIQUE

Comment l'agriculture nous renseigne-t-elle sur la société ?

De cette question fondamentale découlent toutes les interrogations qui structurent ce travail. Elles sont d'abord d'ordre technique :

Quelles caractéristiques environnementales sont déterminantes pour l'agriculture dans notre zone d'étude ? Quels aménagements agraires ont été construits pour exploiter ces caractéristiques ? Comment sont-ils édifiés ? Comment fonctionnent-ils ? En quoi améliorent-ils l'écosystème ? En quoi le détériorent-ils ? *etc.*

Viennent ensuite les questions d'ordre socio-économique :

Qui a construit ces paysages agraires ? À quelles fins ? La subsistance ? Les échanges ? Cet investissement est-il rentable ? Est-il pérenne ? Ou pour utiliser un terme très actuel, est-il durable ? *etc.*

En résumé, nous cherchons à caractériser un système agraire (voir *infra*). Mais nous ne sommes ni géographe, ni ethnologue. Les sociétés que nous étudions ont disparu depuis plus de cinq siècles. Nous ne sommes pas historien non plus. Ces sociétés n'ont pas laissé de textes. Seuls demeurent les vestiges matériels et un certain héritage culturel perpétué par les descendants de ces sociétés disparues, transformé toutefois au cours des 500 dernières années. Ainsi, une formulation plus juste de la question qui a ouvert ce développement serait plutôt : comment les traces matérielles nous renseignent-elles sur l'agriculture et, par extension, sur la société ?

À l'heure actuelle, l'archéologie dispose de très nombreux outils conceptuels et pratiques pour aborder ce type de problématique. Dans ce travail, nous avons choisi un raisonnement pragmatique – pour ne pas dire « terre à terre » – ; partant des sols pour arriver au système agraire. Plutôt que de favoriser des marqueurs micro- ou macroscopiques (charbons, pollens, phytolithes...), nous avons opté pour une approche contextuelle, à plusieurs échelles (Chapitre 5). Sans délaisser les éléments qu'ils renfermaient, nous avons privilégié les sols

eux-mêmes. Nous avons étudié leur répartition spatiale pour définir les espaces cultivables, que nous avons mis en regard des aménagements humains construits pour les cultiver. Sur cette base, nous avons ensuite réfléchi aux possibles significations socio-économiques de ces paysages agraires.

Ce travail constitue donc une approche d'archéologie environnementale (O'Connor et Evans 2005), exploitant des marqueurs d'activité humaine traditionnellement étudiés en géoarchéologie (Waters 1992 ; Miskovsky 2002 ; Goldberg et Macphail 2006). Aussi, de par la dimension interdisciplinaire et le caractère transversal de la thématique de recherche, cette thèse s'appuie sur des concepts et un langage spécifiques. Des éléments sont empruntés à la géographie, d'autres à l'écologie, et d'autres encore à la science du sol. Par ailleurs, de par notre formation académique à l'Université de Paris 1, nous avons d'abord été éduqué à des théories et méthodes de l'archéologie formalisées dans le contexte de l'Europe occidentale. Or, notre propre cadre d'étude, l'Occident du Mexique (*cf.* chapitre 2 et 3), présente des caractéristiques environnementales, culturelles, et des trajectoires épistémologiques sensiblement différentes.

L'objectif du présent chapitre est d'explicitier succinctement les concepts que nous utilisons dans ce travail pour fournir les bases théoriques nécessaires à sa lecture. En parallèle, nous nous efforçons de souligner les contraintes et spécificités inhérentes à l'usage de ces concepts dans le contexte du Mexique ancien. Précisons d'emblée que nous ne sommes pas théoricien. Aussi ces quelques pages ne constituent aucunement une synthèse, mais doivent être comprises comme une manière de replacer notre travail au regard des disciplines que nous convoquons.

1.1. CONCEPTUALISER L'ESPACE ÉTUDIÉ : L'AGRICULTURE COMME ÉCOSYSTÈME ANTHROPISE

Ce travail constitue une approche environnementale au sens géographique du terme ; c'est-à-dire que nous concevons l'environnement comme « l'ensemble des relations entre l'homme et les milieux physiques à différentes échelles d'espaces et de temps » (De Bélizal *et al.* 2017). Plus prosaïquement, nous traitons de paysans et des champs qu'ils ont cultivés, et donc d'agriculture. Cette sous-partie présente les concepts auxquels nous nous sommes reportés pour aborder la complexité de l'agriculture, comprise comme l'ensemble des interactions entre ces paysans et leurs champs.

1.1.1. Agriculture

En français le terme *agriculture* est issu du latin « *ager* » (le champ), et « *colo* » (cultiver) (Gaffiot 2016 : 124 et 339). Toutefois, par *agriculture*, la géographie entend une activité de production, basée non seulement sur la culture des plantes, mais aussi sur l'élevage et ses produits dérivés (Brunet *et al.* 2005 : 22 ; George et Verger 2004 : 8 ; Mannion 1995 : 2 cité par Robinson 2004 : 1 ; Plet 2013 : 62 entre autres). L'*agriculture* peut ainsi se concevoir comme un ensemble comprenant deux volets : la *culture des plantes* et l'*utilisation des animaux domestiques*.

Nous nous intéressons pour l'essentiel au premier aspect³ : le travail du sol pour la croissance des plantes, désigné en français par le terme *culture* ou, plus rarement, par son synonyme *cultivation*. Nous reprenons la définition de *culture* proposée par Peter Bellwood (2005 : 13) :

« La *culture*, composant essentiel de tout système agricole, définit une séquence d'activités humaines dans laquelle des cultures [*crops*] sont plantées (graines ou parties végétatives), protégées, récoltées, puis délibérément plantées de nouveau au cours de la saison de croissance suivante, habituellement dans une parcelle de terrain (de sol) préparée. »⁴

³ La question de l'*utilisation des animaux* à Zacapu a fait l'objet d'une étude à part (Manin 2015).

⁴ "Cultivation, an essential component of any agricultural system, defines a sequence of human activity whereby crops are planted (as a seed or vegetative part), protected, harvested, then deliberately sown again, usually in a prepared plot of ground, in the following growing season."

Ces quelques lignes précisent que la *culture* s'insère dans un ensemble plus large : le *système agricole*. Il s'agit d'un outil conceptuel établi pour faciliter l'appréhension des multiples cadres de l'agriculture (Norman 1980, 2002 ; Altieri 1995 ; Mazoyer et Roudart 1997 ; Cochet 2011) :

- 1) cadre technique – comment planter ? Où ? Comment protéger ?... ;
- 2) cadre social – qui plante ? Qui protège ?... ;
- 3) cadre économique – pourquoi planter ?... ;
- 4) cadre politique – qui possède la parcelle ? Qui récupère les récoltes ?...

1.1.2. Système agraire

Plusieurs termes existent pour nommer le concept qui englobe les différents aspects de l'agriculture : *système agricole*, *système agraire*, *agrosystème*, *agroécosystème*, etc. Tous sont plus ou moins synonymes dans le sens où ils considèrent l'agriculture comme un système ; c'est-à-dire, comme un ensemble constitué de composants interconnectés (voir notamment Clarke 1968 et Flannery 1968 pour la notion de système en archéologie). Néanmoins, des différences plus ou moins marquées existent (voir Cochet 2011). L'une des définitions françaises les plus abouties du *système agraire* est probablement celle proposée par Marcel Mazoyer et Florence Roudart (1997 : 46), têtes de lices des études d'agriculture comparée (Institut National Agronomique). Le *système agraire* de Mazoyer et Roudart est :

[...] « l'expression théorique d'un type d'agriculture historiquement constitué et géographiquement localisé, composé d'un *écosystème cultivé* caractéristique et d'un *système social productif* défini, celui-ci permettant d'exploiter durablement la fertilité de l'écosystème cultivé correspondant. »

Dans cette définition, l'*écosystème cultivé* correspond à l'environnement exploité. Il est constitué de plusieurs sous-systèmes : les terres labourables, les jardins, les forêts, etc., eux-mêmes subdivisés autant que nécessaire. Il est exploité par les groupes humains selon ce que les auteurs appellent des *fonctions* – modes de défrichement, modes d'entretien de la fertilité, etc. –, regroupées sous le concept de *fonctionnement*. Le *système social productif* est quant à lui constitué des *moyens humains* (main-d'œuvre, savoir-faire...), *inertes* (outils) et *vivants* (plantes, animaux...) mis en œuvre dans le cadre d'*activités* pour assurer la reproduction du système. À travers cette approche, le *système agraire* de Mazoyer et Roudart cherche à appréhender d'un seul tenant toute la complexité de l'agriculture étudiée, en prenant en

compte conjointement, et non pas indépendamment, ses aspects techniques – l'*écosystème cultivé* et son *fonctionnement* – et sociaux – le *système social productif* (Cochet 2011).

Nous utilisons cette terminologie dans notre travail. De fait, de par sa conception comme un « outil intellectuel » (Mazoyer et Roudart 1997), le *système agraire* est flexible et se veut adaptable à toutes les échelles d'analyse. Il prend par ailleurs en compte la dimension historique (ex. l'héritage technique), particulièrement importante dans un travail d'archéologie. Précisons toutefois que Gérard Chouquer et Magali Watteaux (2013 : 267) soulignent le caractère obsolète de la bibliographie de l'ouvrage de Mazoyer et Roudart qui, de fait, éclipse une grande partie des avancées archéologiques. Mais cela ne remet pas en cause sa pertinence théorique.

Ce type d'approche n'est pas propre aux études d'agriculture comparée. Comme évoqué, on retrouve des concepts similaires sous d'autres noms dans d'autres écoles d'analyse. Notons par exemple la *Farming System Research* anglo-saxonne (Norman 1980, 2002) – bien que généralement circonscrite à l'échelle de l'exploitation agricole – ou plus récemment les *Agrarian Studies* nord-américaines (Scott et Bhatt 2001), qui comme Mazoyer et Roudart prônent une vision dynamique des systèmes agraires, en constante évolution dans le temps et l'espace.

1.1.3. Agroécosystème

Un autre concept proche auquel nous rattachons notre travail est celui d'*agroécosystème* (Gliessman et Engles 2015), directement dérivé de celui d'*écosystème* (Tansley 1935). Notons d'ailleurs que le concept de *système agraire* de Mazoyer et Roudart (1997) parle d'*écosystème cultivé*. Plus que le *système agraire*, l'*agroécosystème* donne une dimension clairement écologique à l'étude de l'agriculture. Il considère que l'espace géographique étudié est régi par des *facteurs biotiques* (aussi appelés *population biologique* ou *biocénose*, ex. les plantes cultivées et sylvestres, les animaux – dont les êtres humains...) et des *facteurs abiotiques* (aussi connus comme la *structure physique* ou le *biotope*, ex. les sols, la température...) et insiste sur les interactions entre ceux-ci (De Bélizal *et al.* 2017). De fait, tous sont interconnectés. Leurs apparition (ex. naissance), disparition (ex. mort), transformation (ex. croissance végétale), *etc.* induisent des modifications permanentes qui se compensent les unes les autres et permettent la *stabilité* du système et sa *résilience*. Dans ce cas, le système est dit *viable*. On parle aussi d'équilibre, de capacité de renouvellement ou de reproduction. *A fortiori*, un système viable est un système durable (voir 1.3.6).

Nous envisageons notre fenêtre d'étude à travers ce prisme écologique. Ainsi, comme nous allons le voir en détail dans les chapitres suivants (chapitre 2 puis surtout 3 et 6), nous nous plaçons à cheval entre deux écosystèmes : des hautes terres volcaniques et des basses terres lacustres. Malgré la proximité spatiale de ces deux écosystèmes (81 km² étudiés), chacun présente des facteurs abiotiques différents (ex. humidité plus importante dans les basses terres ; sols en permanence humides dans celles-ci, s'opposant à des sols rapidement drainés dans les hautes terres...), qui induisent des facteurs biotiques eux aussi différents (ex. faune et flore lacustre contre faune et flore de prairie et de chênaie...). *A fortiori*, ces deux environnements sont susceptibles d'être exploités par des agriculteurs et de constituer, de fait, deux agroécosystèmes distincts.

1.1.4. Système agraire ou agroécosystème ?

Pourquoi alors utilisons-nous plus volontiers le concept de *système agraire* présenté plus haut, que celui d'*agrosystème* ou d'*agroécosystème* ? Tout simplement car ces appellations empruntées à l'écologie ont été largement critiquées, au prétexte qu'elles rendent difficilement compte de l'instabilité inhérente d'un écosystème cultivé (Boissinot et Brochier 1997). De fait, l'écosystème mis en culture n'est généralement – si ce n'est nécessairement – pas viable (voir par exemple Arnould et Simon 2007)⁵. La récolte enlève des nutriments au sol – certes en partie compensés par l'amendement et les engrais. Par ailleurs, l'inscription dans une économie de marché exporte d'autant plus loin certains composants du système.

Nous ne posons pas de jugement sur la pertinence d'un concept au regard de l'autre. Notre choix d'utiliser celui de *système agraire* est consensuel. L'évocation de ce débat est uniquement présentée pour avertir le lecteur de cette relative incohérence entre l'utilisation du concept de *système* et l'instabilité de l'agriculture – entendue actuelle aussi bien qu'ancienne.

1.1.5. Les acteurs du système agraire

Derrière les concepts abstrus et systémiques se trouvent les acteurs humains qui contribuent à les faire fonctionner. Ils sont les véritables sujets d'étude de notre thèse, bien que les détours méthodologiques et épistémologiques pour aborder leur quotidien nous éloignent bien souvent de cette réalité concrète du travail de l'archéologue. Nous avons conscience que chercher à comprendre la façon de penser les paysages, les sols, ou

⁵ De là l'opposition entre l'agriculture actuelle extensive, en monoculture, et les agricultures dites « durables » ou permacultures.

l'agriculture des paysans préhispaniques constituerait un tout autre travail que celui que nous réalisons (d'épluchage des textes anciens et de la mémoire culturelle des communautés indigènes actuelles...). Néanmoins, ce court paragraphe à vocation à présenter au lecteur notre compréhension générale (et personnelle) des femmes et hommes que nous étudions au travers des traces qu'ils ont laissées dans les sols du Malpaís de Zacapu.

Fort heureusement, nous n'aurons pas à chercher de formulations bancales pour définir les paysans que nous étudions. En effet, au regard des contextes démographique et technique révélés par l'archéologie (*cf.* chapitres 2, 7, 8 et 9) et du contexte socio-économique potentiel qu'évoquent l'ethnohistoire et l'ethnographie (*cf.* chapitre 4), nous nous retrouvons assez bien dans la définition proposée par Robert Netting (1993 : 2), de ce qu'il appelle des *smallholders* – qu'on peut littéralement traduire par des « petits exploitants » :

« Ce sont des cultivateurs ruraux pratiquant une agriculture intensive, permanente et diversifiée sur des fermes relativement modestes dans des zones densément peuplées. La cellule familiale [*family household*] est l'unité sociale fondamentale de prise de décisions pour mobiliser la main-d'œuvre, gérer les ressources et organiser la consommation. Elle produit une part significative de sa propre subsistance, et s'inscrit généralement dans un marché [...]. Les choix [économiques] [...] sont quotidiens et fondamentalement rationnels et utiles. »⁶

Netting (*ibid.* : 2-3) précise par ailleurs que les *smallholders* s'inscrivent au sein de groupes humains plus larges, avec leur identité propre. Ainsi, dans notre cas, nous considérons que nous n'avons pas affaire à de petits agriculteurs isolés et indépendants aux confins d'un monde dont ils sont détachés. Ils sont les membres de communautés inscrites dans des systèmes d'échanges à diverses échelles (Braudel 1949, 1979 ; Renfrew et Cherry 1986), dont l'idéologie et la politique ont un impact notable sur certains aspects de l'agriculture (Flannery *et al.* 1967 ; Flannery 1968, 1976a). Néanmoins, au quotidien, la primauté revient selon nous aux décisions pragmatiques, prises par ces *smallholders*.

⁶ "Smallholders are rural cultivators practising intensive, permanent, diversified agriculture on relatively small farms in areas of dense population. The family household is the major corporate social unit for mobilizing agricultural labor, managing productive resources, and organizing consumption. The household produces a significant part of its own subsistence, and it generally participates in the market, where it sells some agricultural goods as well as carrying on cottage industry or other of farm employment. Choices of allocating time and effort, tools, land, and capital to specific uses, in a context of changing climate, resource availability, and markets must be made daily, and these economic decisions are intelligible in rational, utilitarian terms."

1.2. IDENTIFIER ET CARACTÉRISER LES PAYSAGES AGRAIRES ANCIENS

Tous les concepts présentés précédemment offrent un cadre de réflexion pour aborder l'agriculture. Toutefois, les systèmes agraires que nous étudions ont disparu. Ainsi, certains de leurs composants à la portée des géographes, des agronomes, ou des ethnologues – tels que les rendements ou la démographie –, ne peuvent être appréhendés dans notre étude qu'au travers d'hypothèses. Celles-ci sont nécessairement formulées à partir de ce que l'archéologie peut étudier : les aspects matériels des systèmes agraires.

Comme évoqué en introduction, parmi de nombreux marqueurs connus, nous choisissons ici de nous concentrer sur les aspects spatiaux. Nous étudions l'impact de l'agriculture sur la morphologie des paysages et, réciproquement, l'attrait des milieux pour les agriculteurs. Pour ce faire, nous faisons intervenir des concepts de l'archéologie spatiale et de la géoarchéologie.

1.2.1. « Pour une archéologie agraire »

Avant de présenter les cadres conceptuels des approches à dominante spatiale que nous utilisons, il faut préciser qu'elles s'inscrivent plus généralement dans la recherche archéologique sur l'agriculture. Cette *archéologie agraire* s'est avant tout développée au Royaume-Uni, aux Pays-Bas, au Danemark et en Allemagne dès les années 1940, mais ne connaît un réel essor français qu'à partir de la décennie 1970, lorsqu'elle se distingue véritablement de l'*histoire rurale* (Boissinot et Brochier 1997). En 1991, l'ouvrage manifeste *Pour une archéologie agraire*, dirigé par Jean Guilaine, fait le premier état de l'art à l'échelle de la France sur ce que ce chercheur souhaite alors élever au rang de discipline à part. Bien qu'une véritable discipline n'ait jamais été formalisée, plusieurs travaux scientifiques, colloques, et articles attestent une continuité dans la recherche en *archéologie agraire* (voir notamment Boissinot et Brochier 1997 ; Favory 2003 ; Carpentier et Marcigny 2012).

L'*archéologie agraire* fait intervenir des méthodes issues de différentes disciplines pour identifier les vestiges matériels des agricultures anciennes. Philippe Boissinot et Jacques-Élie Brochier (1997) font une synthèse de la démarche, du concept à la méthode. La première étape est ethnoarchéologique, puisqu'il s'agit d'identifier quels vestiges sont susceptibles d'être produits par les pratiques culturelles – c'est-à-dire, toutes les activités réalisées pour

mettre en culture un champ. Ces auteurs distinguent les marqueurs spatiaux⁷ (ex. forme du champ, voies de circulation autour...) et les marqueurs que nous qualifions de « stratigraphiques », faute d'une meilleure dénomination pour nous référer à l'ensemble des éléments découverts en fouille. La concentration de charbons de bois (écobuage), les restes végétaux, la malacofaune ou la modification des sols sont autant d'exemples géoarchéologiques, paléo-ethnobotaniques, et malacologiques (Boissinot et Brochier 1997). Dans une seconde étape, le traitement de ces vestiges est réalisé selon leur nature à l'aide des méthodes propres aux disciplines convoquées (ex. dendrologie, palynologie, pédologie...).

Dans le cadre du Mexique préhispanique, l'agriculture s'est aussi élevée au rang d'objet d'étude archéologique. Néanmoins, il n'existe pas à notre connaissance de formalisation méthodologique aussi poussée que ce qui a été fait pour l'Ancien Monde, ni de tentative de définition d'une discipline à part. Pourtant, les objets étudiés sont sensiblement les mêmes (ex. macro-restes végétaux, pollens, phytolithes...). Par ailleurs, la majorité des vestiges associés à la sphère agricole découverts au Mexique proviennent d'espaces domestiques, mais les fouilles de contextes exclusivement agraires (ex. champs) sont encore très rares (voir notamment Killion 1992).

1.2.2. Archéogéographie : la dynamique des paysages agraires en plan

Notre travail est donc une étude d'*archéologie agraire* avec une composante spatiale dominante. Avant tout, nous cherchons en effet à reconnaître l'organisation spatiale des pratiques agricoles anciennes sur le terrain et au travers de l'interprétation de divers types d'imagerie numérique (photographies satellites et LiDAR, cf. 5.2.1). En optant pour cette méthodologie, nous nous inscrivons *de facto* dans une démarche d'*archéogéographie* (Chouquer 2008). Formalisée en France sous l'impulsion notable de Gérard Chouquer (1996a, 1996b, 1997, 2008) et héritière de nombreuses écoles d'analyses géohistoriques (Chouquer et Watteaux 2013), l'*archéogéographie* étudie la morphologie des paysages anciens, en prenant en compte le caractère dynamique de ceux-ci (*i.e.* leur évolution dans le temps). Elle s'intéresse ainsi aux formes imposées par les êtres humains dans les milieux physiques ; formes qui sont très souvent le résultat de la mise en culture.

En suivant cette discipline « à la croisée de l'histoire, de l'archéologie, de la géographie, et des sciences de la vie et de la terre » (Watteaux 2011), nous entendons le *paysage* dans son

⁷ Pour l'identification desquels les outils conceptuels sont essentiellement empruntés à l'écologie chez Boissinot et Borchier (1997).

sens géographique ; c'est-à-dire « une partie de l'espace terrestre appréhendée par un observateur » (Bélizal *et al.* 2017 : 87). C'est dans cette perspective que nous cherchons à reconstituer l'évolution des paysages agraires tels qu'ils étaient perçus par les habitants de notre zone d'étude, sur les quelques huit siècles de notre cadre chronologique (VII^e-XV^e s. apr. J.-C.).

Concrètement, comme nous le verrons en détail dans les chapitres 4 et 8, les paysages agraires préhispaniques de la région de Zacapu sont matérialisés archéologiquement par l'aménagement de terrasses et, dans une moindre mesure, de parcelles délimitées dans certaines zones planes. Ces notions appellent un encart terminologique :

- Par « terrasse », nous entendons un système de contention construit⁸ dans une pente pour favoriser la mise en culture ; qu'il ait pour vocation principale de niveler un espace, de limiter l'érosion, de concentrer l'humidité et/ou les apports hydriques issus de l'amont, ou d'épaissir le sol cultivable.
- Par « parcelle », nous entendons une unité cultivée d'un seul tenant et spatialement délimitée. La surface cultivée en amont d'un mur de terrasse constitue donc une parcelle.
- Par « parcellaire », nous entendons un système de plusieurs parcelles cultivées contigües et délimitées (ex. par un mur, une palissade, une terrasse...). *De facto*, plusieurs terrasses contigües peuvent être considérées comme un parcellaire. Néanmoins, nous lui préférerons dans ce cas le terme de « réseau ». En l'absence de précision, le terme « parcellaire » sera utilisé pour désigner un système de parcelles délimitées dans une zone plane.

Au vu de ces aménagements, qui en plan sont linéaires, une partie de notre méthodologie – cartographie des champs et des habitats – et de nos interprétations – notamment ce que nous appelons la « typochronologie des espaces » – se rapproche de la démarche dite de *morphologie dynamique*, utilisée en *archéogéographie* (Robert 2003a, 2003b, 2012). Celle-ci « analyse les dynamiques de transformations des paysages à travers les réseaux de voies, d'habitat, la trame parcellaire, et l'interaction homme-milieu sur la longue durée » (Robert 2003a : 27). Il s'agit toutefois d'une démarche qui envisage généralement la morphologie des aménagements linéaires dans des milieux physiques majoritairement plans, où elle s'intéresse notamment aux superpositions et aux changements d'orientation. Or, ce dernier point a une

⁸ En pierre ou en terre généralement, mais tout type de matériau est théoriquement possible.

pertinence limitée dans notre zone d'étude. Il y a peu d'exemples de continuité stricte de l'occupation dans un même espace (habité et cultivé) sur des pas de temps aussi longs qu'en Europe occidentale. La mobilité est généralement la règle. En outre, dans les milieux volcaniques très ondulés dans lesquels nous travaillons, la géomorphologie est généralement plus déterminante dans la construction et l'orientation des aménagements que dans les plaines européennes. En cela, notre zone d'étude se rapproche plus de la région méditerranéenne (Blanchemanche 1990 ; Favory et Fiches 1994 entre autres).

1.2.3. Pédologie et archéopédologie : sol et mouvements de matière

Afin d'appréhender au mieux le caractère accidenté du paysage volcanique étudié (chapitre 3 et 6), notre démarche est aussi *géochronologique*. Elle fait intervenir les paradigmes de la *géomorphologie* et de la *science du sol*. Nous verrons en effet dans les chapitres 6 et 8 que les flux et stocks de matière ont une importance considérable dans la zone géographique concernée. Chaque éruption explosive qui s'est produite dans la région a provoqué le recouvrement d'une partie du milieu par des cendres, très rapidement transformées en sols légers et particulièrement sensibles à l'érosion (Shoji *et al.* 1993, voir 3.4.2 et chapitre 6). Ils constituent la *quasi* totalité des terres arables. En conséquence, peut-être plus qu'ailleurs, les aménagements agraires anciens sont intimement associés à ces mouvements de matière (voir chapitre 8).

La pédologie utilise un langage spécialisé. Aussi nous permettons-nous ici un nouvel encart terminologique pour préciser dès à présent quelques notions⁹ :

- *Pédologie* et *science du sol*. Ces deux dénominations sont quasiment synonymes. Néanmoins, à l'heure actuelle, une distinction à tendance à être faite entre la *pédologie* – du grec *pédon* (πέδον), ce qui est sous les pieds (Girard *et al.* 2011a) –, qui étudie spécifiquement la pédogénèse (*i.e.* la dynamique de formation du sol) et la *science du sol*, à valeur plus générale (Duchaufour 2001).
- *Sol*. « un sol est un ensemble organisé (en différents horizons), évolutif, où la vie est présente et dont le matériau est la terre. Il est le lieu de transferts de flux : eau, air, énergie et vie » (Girard *et al.* 2011a : 6). Le *sol* se différencie du *sédiment*, dont il est issu (Schaetzl et Anderson 2005 : 32).
- *Couverture pédologique* ou *pédosphère*. Au même titre que la lithosphère qui représente le *continuum* de roche à la surface de la Terre, la couverture pédologique

⁹ Un lexique est disponible en annexe.

représente le *continuum* de sol, dont les caractéristiques varient dans l'espace (en fonction de facteurs climatiques, topographiques...) et permettent la définition de types de sol (Girard *et al.* 2011a : 149-53).

- *Horizon*. Un horizon est un volume, une couche du sol globalement horizontale, présentant des caractéristiques considérées comme homogènes (structure, texture, couleur, pendage...) (Girard *et al. ibid.* : 150). « Il est toujours voisin d'autres horizons [dessus ou dessous] plus ou moins différents de lui, et est lié à eux par des relations géographiques et fonctionnelles » (Girard *et al. ibid.* : 7). Il est grossièrement équivalent à une unité stratigraphique dite « naturelle » en archéologie.
- *Profil pédologique*. Il correspond à une face exposée d'un sol, de la surface au matériau parental altéré duquel découle le sol (généralement une roche ou un dépôt sédimentaire ou éolien). Par définition, le profil n'a pas de volume.
- *Pédon*. Il est l'expression théorique du volume qui existe implicitement derrière le profil (Schaetzl et Anderson 2005).
- *Solum*. Il correspond aussi à un volume. C'est une « tranche » de sol théorique qui – à la différence du profil et du pédon – ne prend pas en considération le matériau parental altéré (Schaetzl et Anderson 2005).

La pédologie est particulièrement utile en archéologie, car de nombreuses activités humaines modifient la couverture pédologique (Courty *et al.* 1989 ; Fedoroff et Courty 2002 ; Holliday 2004 ; Warkentin 2006) ; notamment dans le cadre de la mise en culture. Ces modifications sont d'ordre physique (ex. labours, déplacements de terre...), comme chimique (ex. apport d'engrais), et les sols en gardent la trace de façon plus ou moins durable selon les cas. En outre, ils enregistrent aussi l'impact des érosions et des apports de sédiment par l'eau et le vent (Girard *et al.* 2011b : 153). On parle de « mémoire des sols » (Courty *et al.* 1989 ; Fedoroff et Courty 2002). Par conséquent, il existe aujourd'hui de nombreuses approches empruntées à la pédologie pour appréhender l'impact humain sur les sols. Réunies sous l'appellation d'*archéopédologie*, ces approches examinent des marqueurs chimiques (ex. relation C/N, taux de P, Ce, Ba...) (Entwisle *et al.* 1998, 2000 ; Wilson *et al.* 2008) ou physiques (ex. modification de la structure du sol, revêtement argileux...) (Courty *et al. ibid.*), en contexte archéologique.

Notre travail touche à certains aspects de l'*archéopédologie*. Nous interprétons les caractères actuels des sols au regard des activités anciennes qui ont potentiellement contribué

à leur mise en place et réciproquement. Néanmoins, nous n'avons pas établi de protocole systématique d'étude des marqueurs pédologiques d'activité humaine. Le fondement de notre réflexion est en quelque sorte inverse.

1.2.4. Géopédologie appliquée à l'archéologie : cartographier les terres arables

Nous étudions les sols pour comprendre leur pédogénèse et leur fertilité théorique. C'est seulement dans un second temps, par leur mise en regard avec l'emplacement et la nature des sites archéologiques qui les ont exploités, que nous proposons des hypothèses sur la valeur qui leur était accordée par les sociétés anciennes. Cette démarche a déjà été éprouvée ponctuellement en archéologie agraire française (Coste *et al.* 1988 ; Maussion 2003), ainsi qu'en archéologie mésoaméricaniste (Sanders 1957 ; Kirkby 1973 ; Sanders *et al.* 1979 ; Sanders et Murdy 1982).

Dans cette perspective, pour identifier la répartition des sols, nous avons recours aux paradigmes de la *géopédologie* (Zinck 1988 ; 2012 ; cf. chapitre 5) ; conceptuellement très similaire à la *morpho-pédologie* (Kilian 1972 ; Bertrand 1972). Cette démarche combine *géomorphologie* et *pédologie* en se fondant sur le principe de coévolution entre pédogénèse et morphogénèse¹⁰ (Jenny 1941 ; Ruhe 1975 ; Zinck 1988, 2012 ; Schaetzel et Anderson 2005). Hans Jenny (*ibid.*) résume ce principe dans l'équation suivante :

$$s = f(c, o, r, p, t)$$

où le sol s est fonction du climat c , des organismes o ¹¹, du relief r , du matériau parental p et du temps t . Réciproquement :

$$r = f(c, o, s, p, t)$$

En des termes moins abstraits, l'approche *géopédologique* peut être résumée comme suit. Les évènements morphogènes (ex. éruption volcanique, orogénèse, mouvement tectonique...) induisent la mise en place de *géofformes* (ex. montagne, plateau, dépression sédimentaire...), qu'on peut subdiviser en *formes du terrain* (ex. sommet, versant, dépression...) (Tricart 1965, 1977 ; Ruhe 1975 ; Zinck 1988, 2012 ; Hugget 2003 ; Campy *et al.* 2013). Au sein des *formes du terrain*, les conditions (climat, topographie, matériau parental...) sont supposées relativement homogènes et impliquent théoriquement le développement d'un type de sol lui aussi homogène. En réalité, des variations existent toujours, même aux échelles les plus

¹⁰ La morphogénèse correspond à la mise en place des formes du terrain et la pédogénèse à celle des sols.

¹¹ Certains ajoutent un facteur humain a (pour anthropisation), distinct du facteur organisme, de par l'impact très important des activités humaines sur les milieux (voir McBratney *et al.* 2003).

réduites (notamment, car le sol est un milieu dynamique). *Géoformes et formes du terrain* sont donc avant tout des outils conceptuels pour faciliter la cartographie de la couverture pédologique. La mosaïque des types de sols dominants dans chaque forme du terrain constitue un *pédopaysage* (Girard *et al.* 2011a).

1.2.5. Pertinence de l'approche de pédologie appliquée

Au travers de ces paradigmes méthodologiques, nous abordons l'environnement de notre zone d'étude tel qu'il se présente aujourd'hui. Or, nous souhaitons formuler des hypothèses concernant l'époque préhispanique ; du VII^e au XV^e siècle apr. J.-C. pour être précis. Le lecteur averti se sera donc posé la question de savoir si les sols étudiés n'ont pas changé drastiquement entre leur état ancien et l'actuel. Ce lecteur averti aura eu raison. Ils ont évolué sous l'action de multiples facteurs. Des facteurs humains sont impliqués (ex. amendement des sols), mais aussi des facteurs (quasiment) indépendants des activités humaines (ex. variations climatiques, activité des macro- et microfaunes, régénération du couvert végétal, *etc.*). En dépit de cette évolution, nous admettons dans ce travail – comme d'autres avant nous (Sanders 1957 ; Kirkby 1973 ; Logan et Sanders 1976 ; Sanders *et al.* 1979 entre autres) – que les caractéristiques principales des sols demeurent pertinentes pour appréhender leur qualité à l'époque préhispanique. Nous justifions cette hypothèse par les arguments qui suivent.

1.2.5.1. Discontinuité de l'occupation

Comme nous l'avons évoqué en introduction, les sites que nous étudions dans ce travail se concentrent en majorité sur les coulées de lave récentes du Malpaís de Zacapu (*cf.* 2.1.1.2 et 3.1.2.2). Abandonnés au début du XV^e siècle (2.2.3.2), elles n'ont plus jamais été occupées ; ni pour l'habitat ni pour l'agriculture. Le Malpaís de Zacapu constitue de fait un milieu relativement préservé, où l'évolution des sols n'a que peu été influencée par les activités humaines après 1450. Aujourd'hui, il n'est visité que ponctuellement pour la pâture des animaux et la collecte du bois ; une fréquentation limitée qui devait déjà avoir cours dès les XV-XVI^e siècle apr. J.-C. Précisons toutefois que cette affirmation se fonde sur nos (minces) connaissances de l'occupation coloniale (Reyes 1991) et, rétrospectivement, sur les données archéologiques qui indiquent un délaissement *quasi* total de la zone après l'abandon des sites préhispaniques (7.6.4). En étant prudent, nous pouvons donc supposer qu'il y a de grandes chances pour que le Malpaís n'ait pas été réoccupé de façon notable. Cette affirmation doit néanmoins être nuancée au regard de l'absence d'étude rigoureuse de l'exploitation du milieu après 1450.

En parallèle, précisons que la régénération de la forêt (3.5.1.1) a contribué à la reprise d'une pédogénèse naturelle. Réciproquement, celle-ci a favorisé la préservation de la zone, l'inscrivant dans une perspective de « mémoire des forêts » (Dupouey *et al.* 2007).

Il n'en va pas de même pour les environs du Malpaís. Ils ont été cultivés et continuent de l'être (3.5.2). En l'absence d'étude précise de l'occupation du sol aux époques coloniales et postérieures, l'importance de cette agriculture est – une fois de plus – difficile à évaluer. Les données ethnohistoriques fournissent des indices en faveur d'une occupation relativement limitée des sols environnant le Malpaís après 1450. Elles suggèrent un peuplement assez réduit concentré dans les basses terres à l'est du Malpaís. Il représente – au moins au XVI^e siècle – seulement 1300 à 2700 habitants pour l'ensemble de la partie sud de la région de Zacapu¹² (Migeon 2016 : 23, estimé d'après Caravajal 1523 cité par Warren 1977 ; Espejel 2011). Dans notre fenêtre de 81 km² focalisée sur le nord du Malpaís de Zacapu (2.1.1.2), les traces archéologiques de l'occupation à la période du contact sont minimales (*cf.* 7.6.5 et Lefebvre et Quezada 2016). Nous n'avons malheureusement pas d'idée précise de l'époque à laquelle les parcelles actuellement cultivées autour du Malpaís ont été mises en place.

1.2.5.2. Évolution du schéma d'établissement et des pratiques culturelles

Avec l'arrivée des colons espagnols, les pratiques culturelles ont été radicalement modifiées dans toute la Mésoamérique, notamment au travers de l'introduction des techniques européennes utilisant des animaux de trait inconnus des indigènes (Rojas Rabiela 1988, 2001 ; Rojas Rabiela et Sanders 1985 ; Whitmore et Turner II 2001). De même, les villages préhispaniques installés de façon privilégiée sur les hauteurs ont été systématiquement déplacés dans les plaines, plus facilement contrôlées par les colons (politique de « réduction », voir notamment Ciesas 1988 et Reyes 1991 pour le cas de Zacapu). Ainsi, à Zacapu, les pratiques culturelles ont rapidement été concentrées dans les zones les plus planes, au détriment des pentes, pourtant privilégiées à l'époque préhispanique (West 1948 ; Donkin 1979). Si des étendues planes cultivables environnent le Malpaís de Zacapu, les pentes ont ainsi été largement épargnées par l'agriculture coloniale.

Parallèlement, plus que la création de champs, la colonisation espagnole a favorisé l'élevage (bovin et porcin à Zacapu) et le développement subséquent de prairies de pâture. C'est notamment le cas autour du Malpaís, relativement éloigné des villages créés pendant

¹² Comprenant les rives ouest et sud du bassin de Zacapu, ainsi qu'une partie du versant méridional du Lerma, soit au moins 200 à 300 km².

l'époque coloniale. L'impact potentiel sur les sols s'est donc probablement limité au piétinement – voire à la pollution azotée (acide urique) – dans de nombreux cas. En outre, dès 1900, le drainage du lac qui occupait le fond du bassin versant de Zacapu a largement étendu la surface arable facilement accessible depuis les villages (3.3.2). Ainsi l'agriculture extensive à la charrue puis mécanisée (dans les années 1940) s'est-elle surtout concentrée dans la plaine anciennement lacustre. Pour toutes ces raisons et bien que certaines plaines autour du Malpaís de Zacapu aient vraisemblablement été cultivées à la charrue depuis longtemps, de nombreuses zones sont restées relativement exemptes de labours profonds.

Précisons finalement qu'au niveau administratif le Malpaís de Zacapu et ses environs appartiennent au *municipio*¹³ éponyme (Reyes 1991). Or, Zacapu est de longue date une ville principalement composée de *mestizos* (métisses) (West 1948 ; Reyes *ibid.*). Par conséquent, nombre de pratiques culturelles indigènes, comme l'agriculture sur les pentes ou dans les *malpais* – pourtant perpétrées ailleurs (Beals 1946 ; West 1948) –, ont été assez globalement abandonnées à Zacapu. C'est là un argument supplémentaire en faveur de la préservation relative des sols autour du Malpaís.

1.2.5.3. Pas de temps de la morphogénèse et de la pédogénèse

Notre approche est aussi pertinente au regard des pas de temps de la pédologie. À cet égard, rappelons que la pédogénèse s'oppose à la morphogénèse en ce qu'elle constitue un processus qui nécessite une longue stabilité du milieu (Stevens et Walker 1970 ; Selby 1974) ; même au regard des pas de temps de l'archéologie. Si les dépôts de cendre volcanique peuvent rapidement former des sols – plusieurs centaines à un millier d'années environ (Shoji *et al.* 1993) –, la transition vers des types de sols plus évolués est généralement autrement plus longue – de l'ordre de plusieurs milliers à dizaines de milliers d'années (Schaetzl et Anderson 2005 : 300-1 ; Girard *et al.* 2011a). En outre, il a été prouvé qu'un apport limité en tephra n'arrête pas la pédogénèse – entretenue par les bioturbations –, et contribue au contraire à l'épaississement du sol (Peña Ramirez *et al.* 2015).

Ces constats nous laissent penser que, dans notre région d'étude, les caractéristiques physiques principales des sols (ex. structure, texture, drainage...) sont encore pertinentes pour être mises en regard avec l'époque préhispanique. De fait, nos contextes les plus anciens sont au maximum vieux de 1500 ans (VII^e siècle apr. J.-C.). L'intérêt agricole des sols au regard de

¹³ Il s'agit grossièrement de l'équivalent mexicain d'une communauté de communes avec, à sa tête, une ville plus importante.

ces paramètres physiques est donc sensiblement le même qu'à l'époque préhispanique – à ce détail près que nous parlons alors d'agriculture exclusivement manuelle (*cf.* chapitre 4).

1.2.5.4. La question de la fertilité théorique des sols

Malgré des caractéristiques physiques relativement préservées, la question est différente lorsqu'on s'intéresse à la chimie des sols. De fait, du point de vue agronomique, que l'on cultive avec un tracteur, une charrue ou à la main, la fertilité d'un sol dépend de sa teneur en nutriments nécessaires au bon développement des plantes (Duchaufour 2001 ; Girard *et al.* 2011a et 2011b). On considère communément comme nutriments majeurs : l'azote (N), le potassium (K), le phosphore (P), le calcium (Ca), le magnésium (Mg), et le soufre (S), ainsi que 10 autres nutriments mineurs (oligo-éléments)¹⁴ (Girard *et al.* 2011b : 286). Or, la chimie des sols évolue rapidement (Girard *et al.* 2011b : 162). Ainsi, la fertilité actuelle des sols ne reflète certainement pas celle que ces mêmes espaces présentaient à l'époque préhispanique. Le temps, l'activité faunique, le colluvionnement post-abandon des parcelles, ou la reconquête du couvert végétal sont autant de facteurs qui ont contribué à l'évolution de la chimie des sols. Sur ce point, notre étude se base donc sur une extrapolation au regard de la pédogénèse théorique.

1.3. INTERROGER LES DONNÉES : VIABILITÉ DU SYSTÈME AGRAIRE

L'application des concepts et paradigmes méthodologiques présentés conduit à l'acquisition de corpus de données archéologiques et environnementales. Nous les détaillons dans les chapitres 6 et 7. Comme évoqué, ces données obtenues par l'archéogéographie, la géopédologie appliquée, ou l'archéopédologie, permettent de caractériser assez bien l'écosystème cultivé, mais seulement certains aspects techniques du système social productif. Pour aborder la complexité de celui-ci, nous nous tournons vers les modèles ethnographiques et historiques. Ainsi, à la fin de notre étude (chapitres 8 et 9), nous interrogeons les résultats pour formuler des hypothèses sur les pratiques agricoles et sur la vie des agriculteurs. À la base de notre réflexion se trouve une question :

¹⁴ Le fer (Fe), le manganèse (Mn), le bore (B), le zinc (Zn), le cuivre (Cu), le molybdène (Mo), le chlore (Cl), le sodium (Na), le nickel (Ni), et le cobalt (Co).

– Les espaces cultivés identifiés suffisent-ils à nourrir la population ?

Nous cherchons donc à savoir si les sociétés que nous étudions étaient autosuffisantes dans les limites de notre fenêtre d'étude (81 km²), ou si cette éventualité est à écarter. Loin de rendre caduque notre approche, ce deuxième cas de figure offrirait *de facto* une ouverture sur d'autres moyens de subsistance : un système agraire supra-local, un système non essentiellement agricole, des échanges, un système de tribut, *etc.*

Pour répondre à la question de l'autosuffisance, nous établissons dans le chapitre 9 un modèle théorique du système agraire à l'échelle locale, plus ou moins solide selon les variables (*cf.* 9.2.2). Cette démarche n'est pas neuve (voir notamment Logan et Sanders 1976 ; Sanders *et al.* 1979 ; Gorenstein et Pollard 1983 ; Williams 1989). Plus généralement, il existe de nombreux travaux qui abordent les implications théoriques de l'agriculture sur la société. Sans chercher à revenir sur tous les points discutés par nos prédécesseurs, cette dernière sous-partie a vocation à préciser les antécédents théoriques concernant les grandes questions que nous abordons dans cette thèse.

1.3.1. L'expression matérielle des agricultures extensives et intensives

La première question qui se pose est de savoir quelle est la représentativité des données archéologiques par rapport à la réalité des pratiques agraires. Par définition, nous identifions des traces matérielles. Or, toutes les pratiques culturelles ne laissent pas forcément de traces évidentes (Boissinot et Brochier 1997 ; Killion 1992b). En outre, comme dans n'importe quelle étude archéologique, la collecte de données n'est pas exhaustive, dans le sens où nous procédons nécessairement à un échantillonnage des différents espaces (*cf.* chapitre 5). Par conséquent, nous pouvons nous demander si les aménagements identifiés (ex. terrasses, parcelles...) correspondent à la majorité des espaces cultivés ou au contraire, à une infime partie seulement. De fait, ne cultive-t-on pas d'abord les zones les plus riches ne nécessitant pas d'aménagement, avant de mettre en culture les milieux qui requièrent la construction de terrasses ou autres ?

Selon toute vraisemblance, les systèmes de culture qui laissent le plus de traces dans les paysages sont les systèmes dits *intensifs* (Killion 1992b ; Boissinot et Brochier 1997), qu'on oppose traditionnellement aux systèmes *extensifs* :

- L'*agriculture intensive* est définie comme telle parce qu'elle nécessite un investissement important de la part des agriculteurs (ex. apport régulier d'engrais,

sarclage fréquent, hydratation manuelle des cultures ou creusement de canaux, terrassements...). L'objectif est d'obtenir le meilleur *ratio* rendement/surface possible. L'investissement nécessaire induit des surfaces cultivées généralement plus réduites que dans un système extensif. Les jardins constituent l'exemple type.

- *L'agriculture extensive*, à l'opposé, ne nécessite qu'un investissement limité. Par conséquent, les surfaces mises en culture sont généralement bien plus importantes.

Dans un *continuum* théorique allant du mode de culture le plus extensif vers le plus intensif, l'agriculture itinérante – *swidden* ou *shifting agriculture* dans le monde anglo-saxon (Nye et Greenland 1960) – se place ainsi à une extrémité : on colonise un espace jusqu'à épuisement du sol, puis on se déplace vers un autre ; avec généralement un retour au terrain initial après plusieurs années de jachère. À l'autre bout du *continuum* se trouvent les agricultures irriguées, drainées, ou en terrasses. Archéologiquement, on identifie donc avant tout les vestiges des systèmes intensifs¹⁵ (ex. terrasses, canaux, digues...), bien que tous ne nécessitent pas forcément d'aménagements. Par ailleurs, les modes de mise en culture sont loin d'être mutuellement exclusifs (Boissinot et Brochier 1997).

La question qui se pose alors est de savoir ce que représentent spatialement ces agricultures intensives relativement facile à identifier : la plupart des zones cultivées ou une portion limitée ? Pour répondre à cette interrogation, les archéologues se tournent généralement vers les modèles ethnographiques et historiques.

1.3.2. Intensification agricole et pragmatisme

Nombre de chercheurs se sont posé la question de savoir quels étaient les facteurs stimulant l'intensification agricole, notamment dans le monde mésoaméricain (Sanders 1957 ; Boserup 1965 ; Turner *et al.* 1977 ; Turner et Doolittle 1978 ; Sanders *et al.* 1979 entre autres ; voir aussi Netting 1993 : 261-94 et Morrison 1994 pour une synthèse critique). Dans le monde anglo-saxon, l'un des ouvrages les plus importants au regard de cette thématique est celui de l'économiste Ester Boserup, *The Conditions of Agricultural Growth* (1965) (voir notamment Sanders *et al.* 1979 ; Netting 1993 ; Morrison 1994). Dans cette publication – puis dans ses travaux postérieurs (Boserup 1981, 1990) –, Boserup renverse la pensée malthusienne (Malthus 1798 [1798] ; Netting 1993 ; Seidl et Tisdell 1999 ; voir 1.3.5) en postulant que la pression démographique constitue le principal moteur de l'intensification

¹⁵ Toutefois les marqueurs pédologiques peuvent notamment permettre d'envisager des pratiques agricoles qui laissent moins de traces dans les paysages (ex. charbons associés au brûlis...).

agricole le long d'un *continuum* extensif-intensif (Rubin 1972, cité par Morrison 1994 : 116). Le modèle boserupien admet par ailleurs que le choix du mode de mise en culture le moins contraignant prévaut dans la majorité des situations (Loi du Moindre Effort), et que l'intensification n'est donc adoptée qu'en dernier recours (Morrison *ibid.* : 117). Cet aspect a été largement critiqué. De fait, un tel postulat implique que les systèmes agraires intensifs ne seraient développés que dans des conditions de pression démographique. Si l'affirmation pouvait être acceptable à l'échelle de l'histoire de l'humanité, les cadres chronologiques abordés en archéologie – dont le nôtre – sont en général autrement plus courts.

Vis-à-vis de cette question, nous nous plaçons dans une perspective matérialiste, héritière de la *Cultural Ecology* de Julian Steward (1955). Suivant ce que propose Netting (1993) sur la base de nombreux exemples ethnographiques, nous estimons que les raisons pratiques – pour reprendre la terminologie de cet auteur – ont une importance primordiale dans l'établissement des systèmes de culture intensifs. Nous ne négligeons pas pour autant les autres facteurs potentiellement impliqués et mis en avant par certains chercheurs (Flannery *et al.* 1967 ; Flannery 1968 ; Blanton 1978 ; Blanton *et al.* 1982, 2002 entre autres). De fait, vu les nombreuses croyances amérindiennes connues concernant les sols (Williams et Ortiz-Solorio 1981 ; Dunning 1992 ; Barrera-Bassols et Zinck 2003 ; Sandor *et al.* 2006), l'idéologie tient certainement une place importante dans les pratiques agricoles que nous cherchons à étudier. Toutefois, nous privilégions d'abord les raisons pratiques dans l'interprétation, car elles sont plus proches des paramètres du milieu physique (ex. forme du terrain, type de sol, dynamique du versant...) et des stratégies d'adaptations à ceux-ci (ex. terrasses, canaux, digues...). Nous pensons par exemple que la fabrication de terrasses est une réponse très pragmatique – mais pas systématique – à un milieu physique ondulé (Blanchemanche 1990), selon un processus vraisemblablement analogue aux phénomènes de convergences indépendantes théorisés par André Leroi-Gouhron (1945 : 95). Dans notre démarche, les autres facteurs explicatifs ne sont convoqués que dans un second temps.

Ainsi, nous estimons que des modes de culture intensifs peuvent se mettre en place très rapidement au sein d'un système agraire ; sans qu'il y ait forcément une pression démographique importante. Par ailleurs, si – comme certains l'avancent – l'agriculture itinérante a pu constituer le choix privilégié des premières sociétés agricultrices (Boissinot et Borchier 1997), les groupes que nous étudions au VII^e siècle de notre ère possèdent déjà un

bagage technique en termes de mise en culture¹⁶. Par conséquent, nous pensons que les zones aménagées pour l'agriculture intensive ne représentent non pas une infime partie des espaces cultivés, mais au contraire des espaces clefs, choisis d'abord pour leur productivité. Ils constituent une part non négligeable et économiquement centrale pour les sociétés étudiées. Soulignons cependant que l'intensification agricole ne s'exprime pas forcément par la construction d'aménagements agraires (ex. utilisation d'engrais, entretien régulier des champs...). Ces cultures intensives sans structures associées échappent donc assez largement aux identifications archéologiques. Parallèlement, la cohabitation avec des systèmes plus extensifs est très probable, bien que ceux-ci soient plus difficiles à mettre en évidence. En outre, nous pensons que ces systèmes extensifs n'obéissent pas à une loi du moindre effort, mais qu'ils sont plutôt définis dans notre cas sur des critères de productivité et de distance avec les habitats. Ce dernier postulat nous amène à une autre grande question qu'est la proximité des champs avec les sites archéologiques.

1.3.3. L'*infield/outfield* en Mésoamérique

Méthodologiquement, du point de vue archéologique, notre étude part de l'intraste et rayonne vers les espaces hors sites pour identifier les aménagements agraires périphériques (5.2). Du point de vue géopédologique, la démarche est en quelque sorte inverse : nous caractérisons la couverture pédologique le plus objectivement possible, avant d'essayer de rattacher les différents sols aux sites qui les ont potentiellement exploités (5.3). Ainsi, dans les deux cas, la proximité entre l'habitat et les espaces cultivés constitue un facteur déterminant. Parmi les concepts qui ont été proposés pour appréhender cette question, nous en soulignons deux ici : l'*infield/outfield* et la *settlement agriculture*.

D'abord théorisé pour l'Europe occidentale (McCourt 1955 ; Dodgshon 1973), le système *infield/outfield* considère que les meilleures terres se situent à proximité directe des sites (*infield*). Puis, dans un rayon plus large, d'autres terrains sont cultivés plus ponctuellement (*outfield*). Dans cette perspective, la majorité des efforts se concentrent sur les terres de l'*infield*, où sont mises en place des pratiques agricoles intensives. Sur les terres de l'*outfield*, l'investissement est moindre. La culture est extensive. Une telle conception s'accorde globalement avec le monde mésoaméricain dans la mesure où l'agriculture est très souvent

¹⁶ Dans notre zone d'étude les plus anciennes traces de défrichement remontent à 2000 av. J.-C. (Pétrequin 1994).

pratiquée à proximité directe ou à l'intérieur des villages (Killion 1992b ; Plunket et Uruñuela 1998 ; cf. 4.1.2.2).

Néanmoins, plus encore qu'en Europe occidentale, la Mésoamérique préhispanique a vu le développement de systèmes agraires quasiment horticoles (Whitmore et Turner 2001 ; 4.1.2.1). Pour rendre compte de cette réalité documentée par l'ethnohistoire et aujourd'hui par l'archéologie (Plunket et Uruñuela 1998 ; Sheets 2002), les chercheurs mésoaméricanistes ont élaboré le concept de *settlement agriculture* (Killion 1992a) – qu'on pourrait traduire par « agriculture intrasite ». À l'instar de l'*infield/outfield*, la *settlement agriculture* met en exergue trois niveaux d'investissement des cultivateurs, dégressifs en fonction de la distance (Killion 1992b : 8). Il s'agit d'abord des jardins cultivés intrasite (*house-lot* ou *residential lot*), puis des champs proches du village cultivés de façon plus ou moins intensive, et enfin, des champs localisés à plus grande distance où l'investissement est moindre. Le concept de *settlement agriculture* est en réalité assez proche de celui de l'*ager-hortus-saltus* romain et médiéval, notamment convoqué en histoire rurale française (Bertrand 1975).

Dans les deux cas, il s'agit de modèles théoriques à valeur très générale. Les théoriciens eux-mêmes ont largement conscience de la variabilité des situations réelles. Ainsi, nous reprendrons ces concepts dans nos réflexions, tout en gardant à l'esprit que des modes de mise en culture intensifs peuvent tout à fait être pratiqués dans des zones éloignées des villages. Les exemples ethnohistoriques les plus proches de notre fenêtre d'étude sont les champs de *joyas* et les *ecuaros* cultivés dans le Centre-Nord du Michoacán (voir 4.2.2).

1.3.4. Territoires d'exploitation

L'*infield/outfield* et la *settlement agriculture* sont des concepts « statiques », dans le sens où ils permettent de nommer les espaces sans mettre l'accent sur le caractère dynamique de la communication entre ceux-ci. C'est là l'ambition de l'analyse de *territoire d'exploitation* définie par Claudio Vita-Finzi et Eric Higgs (1970, 1972). Cette approche dérive de la théorie des *places centrales* (*Central Place Theory*), développée en géographie pour appréhender le monde rural (Bailey 2005). Le *territoire d'exploitation* correspond à l'environnement d'un site au sein duquel ses habitants trouvent les ressources pour leur subsistance (Vita-Finzi et Higgs 1970 ; Higgs et Vita-Finzi 1972). Les auteurs distinguent l'analyse de *zone de chalandise d'un site* (*site catchment analysis*) et l'analyse de *territoire d'exploitation d'un site* (*site territorial analysis*). Comme l'expose clairement Geoff Bailey (2005 : 173), « les deux techniques sont complémentaires dans le sens où l'analyse de territoire est centripète, depuis

le paysage environnant vers le site archéologique, alors que l'analyse de *catchment* est centrifuge, depuis le matériel d'un dépôt archéologique vers son plus proche point d'origine. »¹⁷

Entre autres commentateurs de l'analyse de territoire d'exploitation, Kent Flannery et collègues (Flannery 1976a et b ; Rossman 1976 ; Zarky 1976) ont largement discuté de sa pertinence dans un contexte mésoaméricain. En sont ressorties plusieurs nuances, à commencer par la nécessité de bien caractériser le site archéologique considéré. Il doit nécessairement constituer une place centrale, une base, vers laquelle les habitants reviennent quotidiennement. Ainsi, le schéma s'adapte mal aux économies non exclusivement agricoles (voir Bahuchet 2000). En outre, Flannery (1976b) souligne la possibilité d'avoir des sites-relais, évitant un retour à la base quotidien, même en contexte agricole. Enfin, se posent aussi les questions de la pérennité du milieu (évolution des espaces dans le temps) et celle de la pertinence de l'extrapolation des ressources actuelles aux époques anciennes (Bailey 2005).

Dans notre cas, nous avons vu que la ressource sol et les paysages n'ont vraisemblablement pas changé de manière drastique au cours du dernier millénaire (1.2.5). Aussi leurs caractéristiques restent-elles suffisamment pertinentes pour être extrapolées aux époques qui nous intéressent. En outre, la plupart des sites que nous étudions ont une vocation principalement agraire et présentent des zones résidentielles clairement identifiables (*cf.* chapitre 7). Ainsi, dans notre perspective d'étude de l'agriculture¹⁸, les sites peuvent pour la plupart être assimilés à des bases vers lesquelles les habitants retournent quotidiennement suite à l'acquisition des ressources. Par conséquent, en dépit des nuances et critiques mises en lumière par les chercheurs (Flannery 1976a ; Bailey 2005), notre cas d'étude se prête assez bien à une analyse de territoire d'exploitation. Parallèlement, soulignons que notre accès aux systèmes d'information géographique et à des données LIDAR (5.2.3) offre une précision de l'information bien supérieure aux approximations réalisées à partir des technologies disponibles dans les années 1970. Néanmoins, nous ne perdons pas de vue que l'information demeure partielle ; tant à cause de raisons taphonomiques que méthodologiques. Aussi admettons-nous d'emblée une certaine marge d'erreur dans notre travail. Nous recherchons de nouveaux questionnements et non des réponses absolues.

¹⁷ "The two techniques are complementary in that Site Territorial Analysis works inwards from the surrounding landscape to the archaeological site, whereas Site Catchment Analysis works outwards from the materials in an archaeological deposit to their nearest point of origin."

¹⁸ La question serait différente si nous traitions de l'approvisionnement en d'autres ressources.

1.3.5. Capacité de charge

Un autre concept auquel nous touchons implicitement dans notre étude est celui de *capacité de charge* (*carrying capacity*) (Zubrow 1974, 2005 ; Baillyss-Smith 1978 ; Seidl et Tisdell 1999 ; Sayre 2008). Elle correspond à la capacité théorique d'un environnement donné à supporter une population au regard d'une ou plusieurs de ses ressources vivrières. Au-delà du seuil de la capacité de charge, des solutions doivent nécessairement être trouvées pour permettre à la population de survivre. Dans le cas d'une population humaine, le concept de capacité de charge est étroitement lié à la question de l'agriculture. De fait, face à la nécessité, il est généralement admis que les êtres humains adoptent des stratégies pour augmenter le stock de ressources (ex. intensification agricole) ou pour réduire les besoins (ex. émigration, guerre). Thomas Malthus (1986 [1798]) est vraisemblablement l'un des premiers à exposer clairement le concept de capacité de charge ; sans pour autant le nommer ainsi (Sayre 2008). Selon lui, la croissance de la population serait vouée à outrepasser le seuil de la capacité de charge, à moins d'établir des contrôles négatifs – réduire le nombre de naissances – ou positifs – augmenter le nombre de morts (*i.e.*, famine ou guerre) ou favoriser l'émigration. Comme évoqué, Boserup (1965) renverse cette tendance en admettant que la croissance démographique constitue une variable indépendante. En d'autres termes, selon Boserup, l'espèce humaine, approchant de la capacité de charge, répondra d'abord par l'intensification de la production agricole bien avant l'établissement de contrôles négatifs ou positifs.

Ces grandes théories économiques ont largement influencé les archéologues, notamment dans le monde anglo-saxon (Morrison 1994). Par exemple, une pensée similaire apparaît déjà chez Gordon Childe (1936), au travers de sa théorie dite « de l'oasis » ; laquelle postule que les oasis du Proche-Orient ont été le cadre de l'invention de l'agriculture. Plus tard, Lewis Binford (1981) révisé cette approche en posant le concept de zones de « tension adaptative ». Du côté de la Mésoamérique, William Sanders et ses collègues ont proposé un modèle de capacité de charge pour le bassin de Mexico (Logan et Sanders 1976 ; Sanders *et al.* 1979), revu plus tard par Williams (1989). Un modèle similaire a été établi pour le bassin de Pátzcuaro, directement adjacent à notre zone d'étude (Pollard 1982 ; Gorenstein et Pollard 1983). Nous revenons avec plus de détails sur ces travaux plus avant (2.3.2.4).

Le concept de capacité de charge a été largement critiqué et sa viabilité est aujourd'hui très globalement remise en question (Sayres 2008 : 121). De fait, la simplicité du modèle ne tient

pas le choc face à la complexité des cas de figure qui occurred dans la nature. Néanmoins, c'est aussi dans sa simplicité que réside l'intérêt de la capacité de charge. Nous la considérons de fait comme un outil conceptuel intéressant pour mettre en exergue des situations de déséquilibre.

1.3.6. Viabilité et durabilité

Le dernier point évoqué nous amène aux derniers concepts auxquels notre étude se rattache, ceux de *viabilité* et de *durabilité (sustainability)*. Depuis les années 1970, ces deux concepts sont extrêmement répandus dans la littérature, quasiment toutes disciplines confondues (Caradonna 2014). Notre objectif n'est pas ici de commenter ces concepts. Nous nous y référons dans une perspective écologique. De fait, en nous interrogeant sur l'autosuffisance, nous questionnons la viabilité des systèmes agraires que nous définissons. En d'autres termes, nous considérons que le modèle de système agricole que nous avons échafaudé est viable s'il permet de soutenir la population estimée sur le long terme. Par conséquent, la société est alors potentiellement autosuffisante¹⁹. Si le système agricole ne permet pas de subvenir aux besoins de la population, il n'est pas viable et l'autosuffisance n'est pas un scénario possible.

Précisons d'ores et déjà que cette démarche n'a pas vocation à proposer un ou plusieurs modèles immuables de systèmes agraires anciens. Comme nous le voyons dans le chapitre 9, les incertitudes concernant les variables du modèle sont beaucoup trop nombreuses pour que nous puissions être catégorique dans notre propos. Notre objectif est d'établir les paramètres de nos systèmes agraires aux différentes époques avec le plus d'objectivité possible dans la perspective de proposer des scénarios voués à être discutés.

1.4. SYNTHÈSE DU CHAPITRE 1

Ce travail de thèse utilise les cadres théoriques de l'agriculture comparée, de la géographie et de l'écologie pour conceptualiser l'espace étudié : l'écosystème cultivé des systèmes agraires préhispaniques (Mazoyer et Roudart 1997). L'anthropologie écologique (*ecological anthropology*) constitue le prisme par lequel nous abordons les êtres humains qui ont construit

¹⁹ « Potentiellement », car nous ne pouvons écarter la possibilité pour que l'importance de l'agriculture dans l'économie soit surévaluée dans notre étude puisque nous nous sommes focalisé sur la question de l'agriculture.

et entretenu ces écosystèmes. Ces *smallholders* (Netting 1993) sont les acteurs des systèmes agraires.

Du point de vue méthodologique, nous conduisons une étude d'archéologie agraire (Guilaine 1991 ; Boissinot et Brochier 1997), présentant une composante spatiale dominante. Elle combine les outils de l'archéogéographie pour mesurer la dynamique spatiale des paysages agraires (Chouquer 2008), et ceux de la géoarchéologie – en convoquant les méthodes et techniques de l'archéopédologie (Courty *et al.* 1989 ; Fedoroff et Courty 2002) et de la géopédologie appliquée (Zinck 1988 ; 2012) – pour comprendre les pratiques culturelles anciennes et cartographier les sols cultivables.

Finalement, les données à la fois archéologiques et environnementales sont interprétées à la lumière de concepts économiques. Nous mettons l'accent sur les raisons pratiques de l'agriculture (Netting 1993), pour tenter de nous placer au plus proche du quotidien des populations disparues que nous ambitionnons d'étudier. Les concepts de *settlement agriculture* (Killion 1992b) et de territoires d'exploitation (Higgs et Vita-Finza 1972) nous permettent d'aborder les relations entre les agriculteurs et leurs champs. Enfin, les concepts plus généraux de capacité de charge et de durabilité sont convoqués pour établir des modèles d'exploitation agricole des sols (Logan et Sanders 1976 ; Sanders *et al.* 1979 ; Pollard 1982 ; Gorenstein et Pollard 1983). Ces modèles ne constituent pas une finalité, mais une ouverture sur la discussion autour des économies anciennes. Ils invitent à la corrélation de nos résultats avec ceux obtenus par d'autres approches.



2. ANTÉCÉDENTS ET PROBLÉMATIQUES DE L'ÉTUDE

Après plus de trente années de recherches, les connaissances sur la région de Zacapu sont solides. Comme dans toute enquête archéologique, il reste cependant des incertitudes. Un manque notable concerne l'insertion et l'impact des centres urbains du Postclassique moyen – précurseurs du phénomène tarasque – aux échelles locale et supérieures. Si l'organisation interne, la culture matérielle et la sphère funéraire ont été scrupuleusement explorées (voir notamment Puaux 1989 ; Migeon 1991 ; Forest 2014 ; Manin 2015 ; Jadot 2016a ; Pereira et Padilla 2018), les connaissances sont moindres hors des limites des établissements.

L'objectif premier de ce travail est d'apporter un comblement partiel à cette lacune. Nous nous interrogeons d'abord sur le plan synchronique en nous demandant comment les centres urbains du Malpaís de Zacapu s'insèrent dans les schémas d'établissements locaux et microrégionaux du Postclassique moyen. Cette question ouvre sur une seconde, diachronique cette fois, qui est de savoir si la situation des XIII^e, XIV^e, et XV^e siècles constitue une rupture ou, au contraire, une continuité avec les époques précédentes. Comme évoqué, c'est au travers de l'étude de l'agriculture que nous cherchons des réponses.

Le choix de cet axe de recherche n'est pas anodin. De fait, les XIV^e et XV^e siècles constituent pour la Mésoamérique une période charnière, pendant laquelle émergent les états aztèques et tarasques. Pour plusieurs auteurs (Sanders et Price 1968 ; Sanders *et al.* 1979 ; Pollard et Gorenstein 1980 ; Pollard 1980 ; Gorenstein et Pollard 1983 ; 2008), ce phénomène culturel résulte de la croissance démographique et d'une exacerbation subséquente des tensions pour la gestion des ressources agricoles. La réorganisation spatiale et économique qui s'opère est par ailleurs mise en regard des mouvements migratoires d'origine septentrionale et à destination des hautes terres centrales du Mexique, initiées dès le VIII^e siècle (Braniff 1989, 2000 ; Hers 1988, 1989, 2005 ; Michelet *et al.* 2005). Par notre travail, nous cherchons donc à comprendre la place du phénomène urbain zacapense des XIII^e, XIV^e, et XV^e siècles dans ces dynamiques.

Ce chapitre expose d'abord le cadre culturel et scientifique de notre étude (2.1), avant de dresser un résumé de ce que nous savions de l'évolution culturelle de la région de Zacapu avant le début de nos travaux (2.2). Cet état des connaissances nous permettra finalement de souligner plus en détail les problématiques de la présente thèse (2.3).

2.1. LES CADRES DE L'ÉTUDE : LOCALISATION ET ANTÉCÉDENTS DES RECHERCHES DANS LE CENTRE-NORD DU MICHOACÁN

Zacapu s'inscrit dans une région de l'Occident du Mexique. Longtemps considérée comme en marge, cette aire culturelle, qui s'étend vers l'ouest à partir de la frontière entre les États mexicains de Mexico et Michoacán (Figure 1), a retrouvé la place qui lui est due au cœur des dynamiques culturelles mésoaméricaines à la faveur des cinquante dernières années de recherche (Beekman 2010). Dans l'actuelle prolifération des travaux, la recherche sur la région de Zacapu se place en pionnière, bien que l'archéologie moderne n'y soit réellement développée qu'à partir des années 80 (Michelet 1992).

Après avoir localisé notre étude dans l'aire culturelle Occident (2.1.1), nous revenons sur les antécédents de la recherche archéologique à Zacapu (2.1.2 et 2.1.3), ainsi que sur son actualité (2.1.4). Certains projets menés dans des régions adjacentes sont aussi évoqués, au regard de l'importance de leurs résultats pour la compréhension des dynamiques culturelles à plus large échelle.

2.1.1. Cadre géographique

La présentation géographique qui suit est succincte par choix. L'environnement de la région de Zacapu sera décrit en détail dans le chapitre 3. Nous nous contentons ici de localiser la région et de préciser les découpages opérés par les archéologues pour y situer leurs travaux depuis les années 1980 (Michelet 1992).

2.1.1.1. La notion de Centre-Nord et son découpage

Les sites archéologiques que nous étudions font partie d'un corpus de plus de 400 sites, découverts en grande majorité au cours des différents projets français amorcés au début des années 1980 (2.1.3.2). Ils se situent aux confins des états actuels de Michoacán et de Guanajuato, entre 19°45' et 20°15' de latitude nord et 101°40' et 102°05' de longitude ouest, au sein d'une fenêtre d'environ 1000 km².

D'un point de vue géologique, la région de Zacapu se trouve au cœur de la Ceinture Volcanique Transmexicaine (CVT) (Demant 1981 ; Hasenaka et Carmichael 1985a ; Ferrari *et al.* 2012, voir 3.1.1.1) (Figure 1). Cette ceinture, qui traverse le Mexique d'est en ouest, du Veracruz au Nayarit, est composée de hauts plateaux (autour de 2000 m), fruits de l'activité volcanique quaternaire qui caractérise cette partie du pays. En découlent des paysages

façonnés par le volcanisme, ponctués de coulées, de dômes et de cônes scoriacés, au milieu desquels se sont mis en place de grands bassins lacustres favorables à l'installation humaine, tels que ceux de Mexico, Toluca, Cuitzeo, Yuriria, Pátzcuaro, Zirahúen, ou encore Zacapu (drainé en 1900). Ce dernier se situe dans la moitié nord d'une sous-province de la CVT, le Champ Volcanique Michoacán-Guanajuato (CVMG) (Hasenaka et Carmichael 1985 ; 3.1.1.2). Celui-ci est limité au sud par les vallées des fleuves Balsas et Tepalcatepec, au nord par la dépression du Bajío, à l'est par le bassin de Cuitzeo, et à l'ouest par celui du lac Chapala.

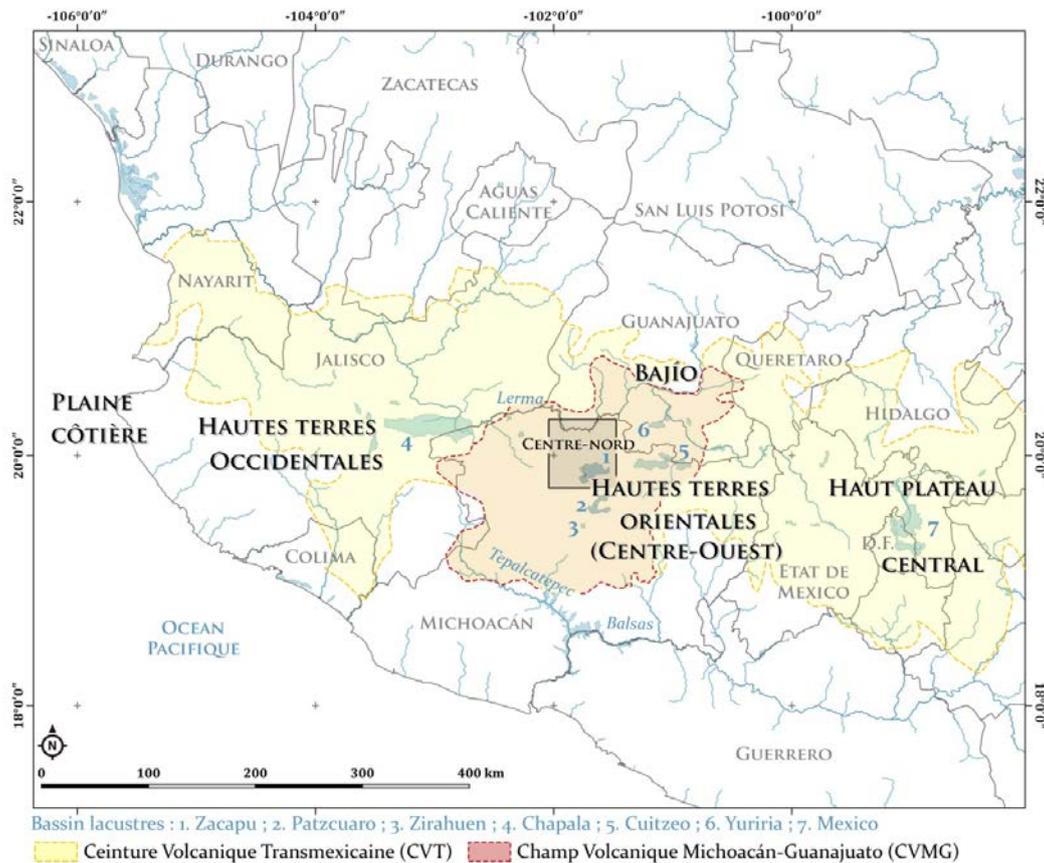


Figure 1 - Découpage général de l'Occident du Mexique (retravaillé d'après Beekman 2010, fig. 1 : 42 ; Ferrari et al. 2012 et Chevrel et al. 2015).

Christopher Beekman désigne cette moitié nord du CVMG comme les « Hautes Terres Orientales » (*Eastern Highlands*) de l'Occident (Beekman 2010 : 42-43, Figure 1). La dénomination est toutefois relativement rare, et les auteurs lui préfèrent généralement celle de « Centre-Ouest ». Au sein de ce dernier a été définie une sous-région s'étendant du bassin de Zacapu à la plaine alluviale du Lerma, usuellement dénommée « Centre-Nord du Michoacán » (Michelet *et al.* 1989 ; Michelet 1992) et réduite à « Centre-Nord » dans la suite de notre exposé. La limite septentrionale du Centre-Nord est matérialisée par la vallée du fleuve Lerma, ouvrant sur le Bajío, interface entre L'Occident et la Mésoamérique septentrionale (Braniff 2000). Sa limite méridionale se compose de la Sierra ou Meseta

tarasca – la « chaîne » ou « plateau tarasque » – et du bassin de Pátzcuaro. Là se trouvent les vestiges des capitales tarasques du Postclassique récent (1450-1522), au bord du lac Pátzcuaro. Ce dernier et plus encore la Meseta, constituent le principal foyer de peuplement de la communauté *purépecha* actuelle (West 1948), descendante des Tarasques préhispaniques.

Par ailleurs, sur des critères non plus topographiques mais climatiques, les chercheurs opposent *Tierra Caliente* (Terre Chaude), tropicale, pluvieuse, s'étendant au sud depuis la dépression du Balsas-Tepalcatepec, et *Tierra Fría* (Terre Froide), tempérée, subhumide, constituée par le CVMG, où se trouve Zacapu (Palerm 1967 : 28). Zacapu est de fait une région tempérée subhumide à saisonnalité marquée (humide et sèche) (Garcia 2004 ; cf. 3.2).

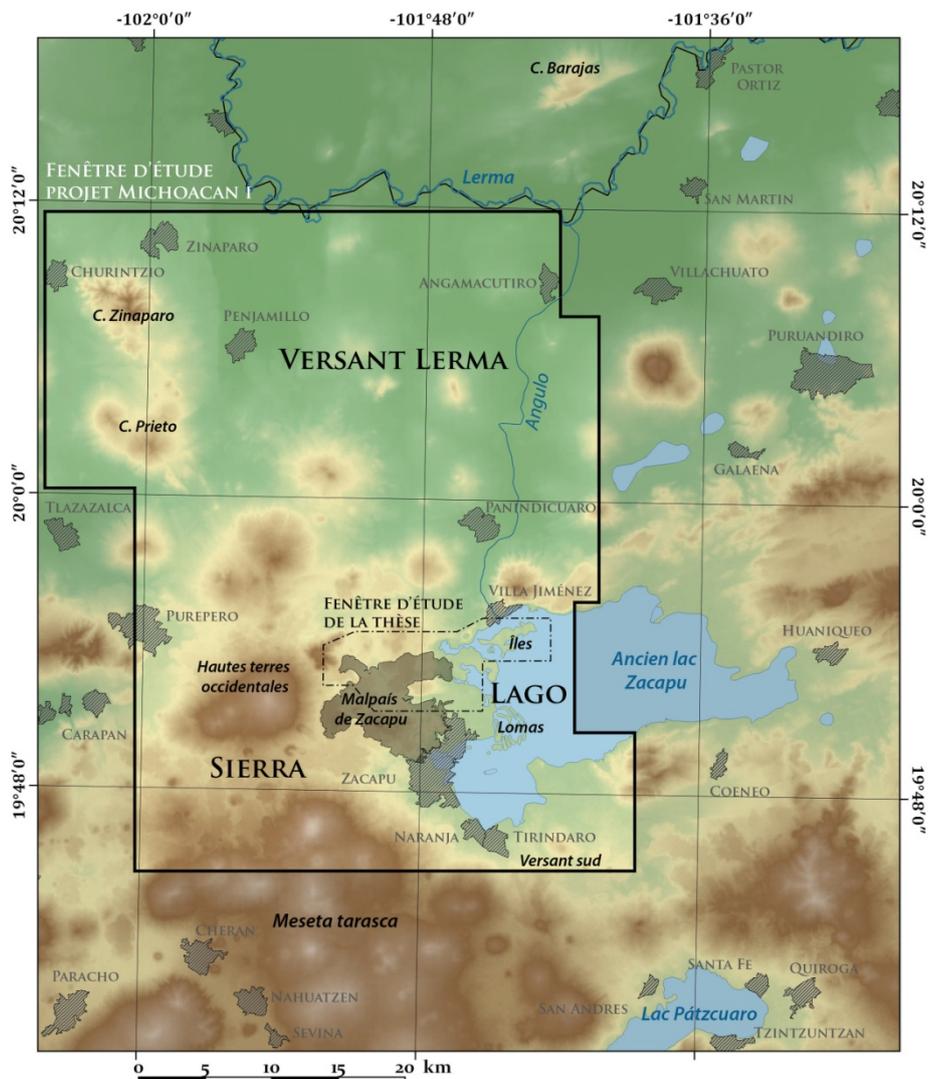


Figure 2 - Découpage de la région de Zacapu par les archéologues du projet Michoacán I (d'après Michelet 1992, fig. 2 : 19)

Dans les années 1980, les archéologues français du projet Michoacán (Michelet *et al.* 1989 ; Michelet 1992) ont découpé les quelques 1000 km² du Centre-Nord en trois zones, sur des critères tantôt topographiques, tantôt hydrographiques (*cf.* Figure 2) :

- 1) Au sud, à environ 1980 m d'altitude, le bassin lacustre de Zacapu correspond à une zone plane d'environ 260 km². Pseudo-endoréique à l'origine, il était occupé par un lac d'eau douce, peu profond et aux marges marécageuses, dont l'emprise variait au gré des fluctuations du niveau d'eau (Arnauld *et al.* 1993 ; Pétrequin 1994). L'excès était évacué vers le rio Angulo *via* un unique exutoire situé au nord-ouest du bassin, rendu pérenne au début du XX^e siècle (Noriega et Noriega 1923, cités par Arnauld *et al.* 1993). Le bassin est aujourd'hui extensivement cultivé grâce à des ouvrages de drainage (Arnauld *et al. idid.*). En son sein, on distingue les lomas – une zone palustre-lacustre localisée à l'ouest, constituée de petits reliefs peu marqués qui forment une avancée vers l'intérieur du bassin –, les îles et presque-îles – des coulées volcaniques anciennement submergées, concentrées pour la plupart au nord-ouest du bassin –, et les rives. Notons que seule la moitié occidentale du bassin a été étudiée par les projets français sous l'appellation de zone Lago, au détriment de la moitié orientale.
- 2) Les hautes terres volcaniques, contreforts de la Meseta tarasca, encadrent le bassin. Principalement constituées de cônes et de coulées de laves, mais aussi de dômes et de boucliers, elles se situent au-dessus de 2000 m, avec des massifs dépassant les 3000 m. Les projets français les regroupent traditionnellement sous le vocable de zone Sierra. On distingue le versant sud du bassin – qui sépare le bassin de Zacapu de celui de Pátzcuaro – des hautes terres occidentales. C'est au sein de ces dernières que se trouve le complexe de coulées volcaniques pléistocènes et holocènes du Malpaís de Zacapu, au nord-ouest de l'agglomération actuelle éponyme (3.1.2.2).
- 3) La ligne de partage des eaux du bassin versant de Zacapu se trouve directement au nord du Malpaís. Au-delà de cette limite, l'altitude est dégressive jusqu'à la plaine alluviale du Lerma, qui se situe autour de 1700 m. La zone draine de fait les eaux vers le système hydrographique du Lerma, et notamment ceux du paléolac *via* son exutoire puis la vallée de l'Angulo (3.3). Elle a été dénommée versant méridional du Lerma ou zone Vertiente Lerma par les archéologues (Michelet *et al.* 1989 ; Michelet 1992).

Nous invitons une fois de plus le lecteur à se référer au chapitre suivant pour une description précise de ces zones en termes de géologie, climat, hydrographie, géomorphologie, pédologie, et végétation.

2.1.1.2. Choix de la fenêtre d'étude et du corpus

Le corpus de 31 sites que nous étudions dans ce travail (voir chapitre 7) se concentre à l'interface du bassin lacustre et des hautes terres occidentales (Figure 3). Nous nous focalisons sur le peuplement de la frange nord du Malpaís de Zacapu et les environs directs de celle-ci. Les coulées de laves pléistocènes et holocènes qui constituent cette entité géologique présentent, en fonction de leur âge, une pédogénèse plus ou moins avancée, qui a induit une colonisation végétale différentielle. La superficialité des sols et l'omniprésence des affleurements rocheux en font des espaces particulièrement contraignants pour la culture à la charrue ou mécanisée et sont ainsi à l'origine de l'appellation de *malpaís*, que l'on retrouve dès l'époque coloniale²⁰. Comme on l'a évoqué en introduction, c'est pourtant au cœur du Malpaís de Zacapu que décide de s'installer une population allochtone au XIII^e siècle, concentrant des milliers d'habitants dans des centres urbains de plusieurs dizaines d'hectares.

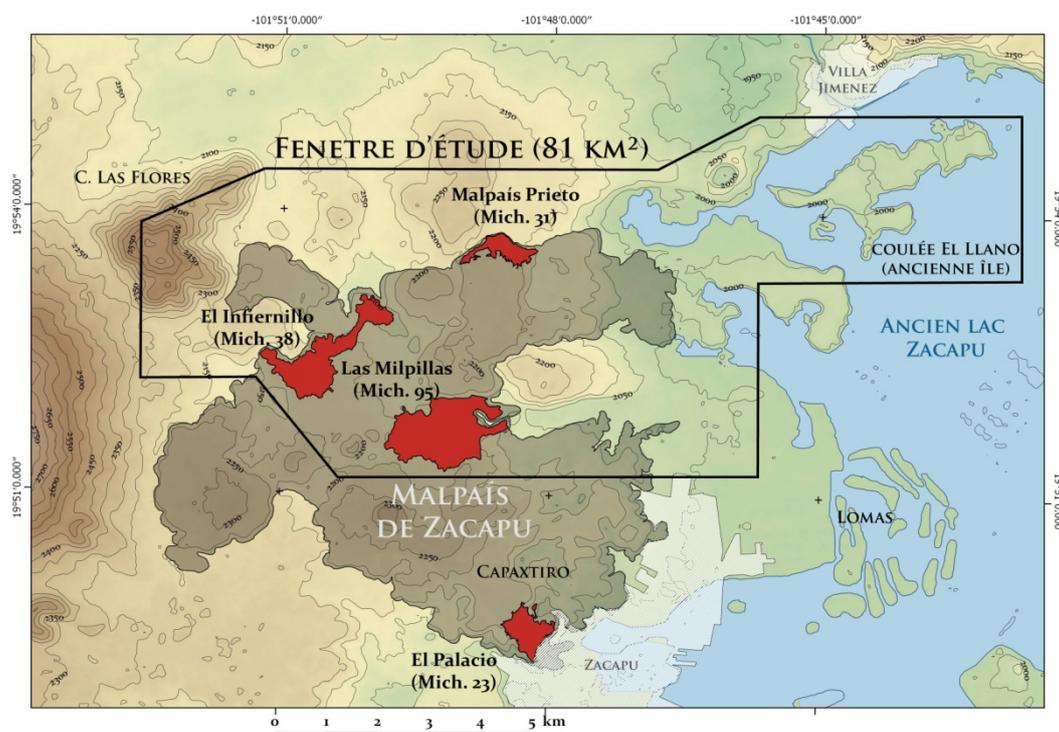


Figure 3 - Emprise de la fenêtre étudiée.

En rouge, les centres urbains préhispaniques. En blanc, les principales agglomérations actuelles.

Nous avons choisi une fenêtre d'étude de 81 km², qui recouvre le nord du Malpaís, une partie des hautes terres au nord et à l'ouest de ce dernier (zone Sierra), ainsi que le nord-ouest du bassin lacustre (zone Lago). Nous la bornons au nord par la ligne de partage des eaux du bassin ; à l'ouest par le complexe de dômes de Las Flores ; au sud par la frange nord de la

²⁰ L'usage de cette terminologie est attesté au minimum à partir des années 1570 dans les *relaciones geográficas del siglo XVI* (Acuña 1987 : 104).

coulée du volcan Capaxtiro ; et à l'est par la coulée d'El Llano. Les raisons de ce choix sont en partie pratiques. De fait, la mise en place de la méthodologie choisie ne pouvait raisonnablement pas couvrir une surface trop importante dans le temps imparti par la thèse (voir chapitre 5 pour le détail de la méthodologie et la question des échelles d'investigation). Ceci étant, notre choix a aussi et surtout été motivé par des aspects culturels d'une part – la fenêtre permet d'englober un ensemble archéologique relativement homogène entre le VII^e et le XV^e siècle (cf. 2.3.3.3) – et environnementaux d'autre part – elle permet aussi d'appréhender toute la diversité écologique, et particulièrement pédologique (voir chapitre 6), du nord du Malpaís.

2.1.2. Ethnohistoire d'un mythe, la Zacapu de la Relation de Michoacán

Avant les années 1970-80, Zacapu est surtout connue par l'ethnohistoire, laquelle est relativement limitée pour le cas de l'Occident, dépourvu d'écriture. Le plus ancien texte à mentionner le village d'alors date de 1523 (Caravajal 1523, dans Warren 1977 : 391), deux ans après le premier contact entre Tarasques et Espagnols (Warren 1985 : 29). Les textes coloniaux²¹ nous renvoient une image tronquée de la région, figée dans son ultime configuration sociopolitique avant les importantes restructurations coloniales.

Au XVI^e siècle, Zacapu fait ainsi partie de l'État – ou royaume – tarasque, qui contrôle une partie de l'Occident et tient tête à la Triple Alliance aztèque depuis déjà un siècle (Figure 4). L'ethnohistoire et l'archéologie permettent une reconstitution de ce qu'était l'État tarasque dans ses derniers temps, à l'aube de la Conquête (Gorenstein et Pollard 1983 ; Warren 1985 ; Pollard 1993, 2000). Le monde tarasque s'étendait sur la majorité de la superficie de l'État mexicain du Michoacán et englobait certaines portions du Jalisco et du Guanajuato. Sa population pluriethnique (Nahuas, Otomies...) était majoritairement purépecha et dominée par le lignage noble des Uacúsechas, (« aigles » en langue purépecha). Il était centralisé autour du bassin de Pátzcuaro, où se trouvait sa capitale, Tzintzuntzan, dans laquelle siégeait le Cazonci, un roi comparable au Tlatoani (empereur) des Aztèques. Depuis son cœur, le royaume était structuré par le système du tribut caractéristique du Postclassique récent en Mésoamérique. Dans ce royaume, à l'arrivée des Espagnols, Zacapu n'était qu'un village, subordonné à Espopuyuta [Comanja] et plus largement à la capitale (Caravajal 1523, dans Warren 1977 : 390). Les écrits des colons laissent cependant entendre que le site était d'une

²¹ On notera particulièrement la *Visita de Caravajal* (Warren 1985) [1523-1524], le *Lienzo de Jucutacato* (Roskamp 2013) [1565], les *Relaciones Geograficas del siglo XVI* (Acuña 1987) [1577], mais surtout la *Relación de Michoacán* (Alaca 2000) [1540] présentée ci-après.

importance certaine, puisque notablement doté d'une résidence royale secondaire (Rea 1882 [1639]).

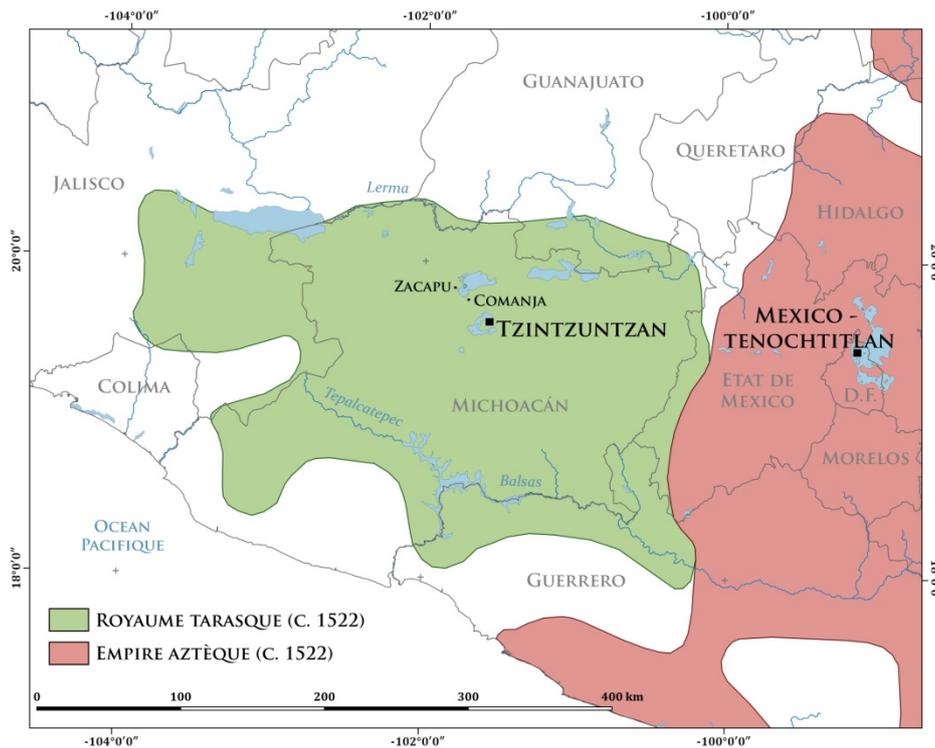


Figure 4 - Zacapu au sein du royaume tarasque au début du XVI^e siècle

Au-delà de cette vision tardive, un texte colonial aux accents indigènes, la *Relation de Michoacán* (Alcalá 2000 [c. 1540]), nous offre une vision diachronique de l'émergence du royaume, à prendre cependant avec d'infinies précautions. La *Relation* est le fruit d'entretiens tenus à la fin des années 1530 entre un frère franciscain, Jerónimo de Alcalá, mandaté par le vice-roi de Nouvelle Espagne, et les derniers dignitaires de la noblesse tarasque dans l'ancienne capitale de Tzintzuntzan. Bien que la première partie de l'ouvrage ait été perdue, le texte relate à la fois les rites et mœurs des anciens tarasques et l'histoire légendaire de la fondation du royaume à Pátzcuaro par les Uacúsecha, groupe guerrier chichimèque (nomade) venu du nord. Cette histoire, chargée d'un message politique fort, avait pour vocation d'éduquer les personnages importants du royaume à l'occasion d'une fête annuelle pendant laquelle elle était déclamée par le Grand prêtre, le *petámuti* (Michelet 2010 : 29). L'étude de Claudia Espejel (2008) montre la complexité du texte, qui traduit à la fois des réalités indiennes et les remaniements opérés par le compilateur franciscain. Aussi la *Relation* constitue-t-elle à la fois un document ethnohistorique à part entière d'une valeur inestimable, mais aussi un écrit mythique, avec toutes les ambiguïtés que cela implique.

Dans la *Relation*, « Çacapo tacánendan », « Çacapu », ou encore « Zacapu », selon les orthographes, est une localité enveloppée d'une aura mystique. Elle est proche de la montagne où le dieu tutélaire des Tarasques, Curicaueri, a commencé son règne (Álcala 2000 [c. 1540] : 340). C'est aussi et surtout à proximité de Zacapu que se trouve le premier établissement du groupe chichimèque des Uacúsechas, alors dirigé par Hireti Ticatame (au début du Postclassique [1000-1250 apr. J.-C.] selon Pollard 2000 : 66) et dont les dignitaires de Tzintzuntzan se veulent descendants. Si le caractère nomade et chasseur des Uacúsechas est affirmé à plusieurs reprises dans la *Relation* (Michelet 2010), l'archéologie raconte, comme nous allons le voir, une histoire tout autre.

2.1.3. Antécédents de la recherche archéologique à Zacapu (1887-1996)

2.1.3.1. Études pionnières

Il est difficile de retracer avec précision le premier intérêt véritablement archéologique porté sur les ruines de la région de Zacapu. À la fin du XIX^e siècle les vestiges locaux, notamment sur le *malpaís* à l'ouest de la ville actuelle de Zacapu, sont connus des scientifiques tels que Nicolás León (León 1888, cité par Espejel 2014 : 17). Les premières « fouilles » sont quant à elles vraisemblablement pratiquées dès les années 1880 (Plancarte 1887 : 276, cité par Espejel *ibid.* : 19). Quelques années plus tard, au détour de son expédition mexicaine, l'explorateur-ethnologue Carl Lumholtz décrit lui aussi ses excavations à El Palacio (aujourd'hui connu comme Mich. 23), sur le *malpaís* qui borde Zacapu (Lumholtz 1987 [1902] : 425-432 ; Lumholtz et Hrdlička 1898).

En 1930, l'archéologue – professionnel cette fois – Alfonso Caso, réalise des sondages sur trois sites aux alentours de Zacapu (Caso 1930). Toutefois à l'époque, et en ce qui concerne les décennies suivantes, le gros des travaux archéologiques au Michoacán est localisé plus au sud, à Tzintzuntzan. Alfonso Caso, Eduardo Noguera, Daniel Rubín de la Borbolla, Román Piña Chan ou Ruben Cabrera Castro sont autant d'archéologues qui se sont succédé sur la fouille de l'ancienne capitale tarasque entre les années 1930 et 1970 (Pollard 2000 : 65-66 ; Espejel 2014 : 40). La fin de la décennie 1970 est notablement marquée par le premier projet de prospection à l'échelle régionale à Pátzcuaro, dirigé par Helen Pollard et Shirley Gorenstein (1976-80) (Pollard 2000 : 66). Il permet aux auteurs de proposer la première étude du schéma d'établissement du bassin (Gorenstein et Pollard 1983).

À Zacapu l'archéologie est alors en reste. Outre une fouille de Wilfrido du Solier à la suite de Caso (Du Solier 1936, cité par Espejel 2014 : 27), il faudra attendre le début des années 1970 pour que Marie K. Freddolino entreprenne une étude pionnière des sites zacapenses, dont elle qualifie alors pour la première fois les bâtisseurs de « cultures pré-tarasques » (Freddolino 1973). Le véritable tournant s'opère cependant au tout début des années 1980.

2.1.3.2. Michoacán I, II et Zacapu III

En 1982, une équipe française met en place un projet d'envergure sous l'égide du Centre d'Étude Mexicaines et Centraméricaines (CEMCA) et la direction de Dominique Michelet. De 1983 à 1987, le projet Michoacán étape I s'attèle à caractériser dans la diachronie l'occupation humaine depuis la rive ouest de l'ancien lac de Zacapu jusqu'au fleuve Lerma (Michelet *et al.* 1989 ; Michelet 1992 : 17-18). La prospection couvre alors environ 1000 km² et permet l'identification de près de 400 sites. Le projet initial donne lieu à deux autres séries de campagnes : Michoacán II (1988-89) – focalisé sur l'étude du milieu lacustre-palustre des lomas – et Zacapu III (1993-97) – orienté sur l'étude des grands établissements du Postclassique moyen – et pour lesquels la direction passe à Marie Charlotte Arnauld. Au cours de ces 13 années d'investigations de nombreux sondages chronologiques sont entrepris, ainsi que la fouille plus systématique et la cartographie de différents sites des trois zones écologiques définies, Lago, Sierra et Vertiente Lerma (2.1.1.1). Les recherches thématiques conduites au cours des trois projets successifs ont ainsi fait l'objet de plusieurs thèses de doctorat et monographies publiées dans les années 1990. Sont étudiés et détaillés dans cette bibliographie :

- 1) l'environnement actuel, *via* des investigations menées par Jean Tricart (géomorphologie), Alain Demant (géologie) et Jean-Noël Labat (végétation). Les résultats sont compilés dans un ouvrage coordonné par Dominique Michelet (1992) ;
- 2) les établissements palustres-lacustres de la zone des lomas sur la rive ouest du lac, et notamment l'important site du Classique de Loma Alta (Arnauld *et al.* 1993 ; Carot 1993 [thèse], 2001) ;
- 3) les sites du versant méridional du Lerma (Faugère 1990 [thèse], 1996, 1997) ainsi que les abris-sous-roche de l'Archaique au nord de cette même zone (Faugère 2006) ;

- 4) la structure de l'habitat dans le sud et l'ouest de la zone Sierra (Migeon 1991 [thèse], 2015, 2016) ;
- 5) les pratiques funéraires du Postclassique sur le site de Las Milpillas dans ces mêmes hautes terres (Piaux 1989 [thèse]) et celles du site du Classique de Potrero de Guadalupe dans les *lomas* (Pereira 1996 [thèse], 1999) ;
- 6) la technologie de l'obsidienne des massifs du nord de la zone (Darras 1991 [thèse], 1999) ;
- 7) la paléolimnologie pour la reconstruction de l'environnement ancien (Pétrequin 1994).

Ces investigations ont aussi donné lieu à un grand nombre d'articles et un ouvrage de synthèse, réalisé après la conclusion de cette première vague de travaux (Darras 1998).

Au sein du Malpaís même, une attention particulière a été portée sur les centres urbains du Postclassique moyen (pour une synthèse détaillée de ces opérations voir Michelet 1998 ; Migeon 1998 et Forest 2014 : 49-66). Au cours du projet Michoacán étape I, le site de Las Milpillas (Mich. 95) a été choisi en premier lieu pour une investigation poussée. La majeure partie a été cartographiée à l'altitude (Michelet 1998 : 48-49) et abondamment sondée et fouillée (Migeon 1991 ; Piaux 1989). Par la suite, deux des autres centres, El Infiernillo (Mich. 38) et Malpaís Prieto (Mich. 31), ont fait l'objet d'une cartographie de densité des structures au cours du projet Zacapu III (Michelet 1998 : 50-53). Dans le reste du Malpaís, le temps a contraint les opérations à se limiter à des prospections de sites – souvent rapides – pour estimer leur superficie et donner un ordre de grandeur du nombre de vestiges. Certains ont fait l'objet de ramassages de matériel pour la datation, et quelques sondages ont été ouverts dans cette même optique dans des espaces sélectionnés (Migeon 1991 ; Michelet 1995 ; Michelet *et al.* 1996).

2.1.3.3. De Michoacán à Uacúsecha

Outre une investigation indépendante des projets français sur le centre de Palacio (Fernández Villanueva 1992), les décennies 1980, 1990 et 2000 sont marquées par une recrudescence des investigations dans la Meseta tarasca et le Bajío. En effet, avec la mise en place du projet Uricho en 1990 par Helen Pollard, les rives sud-ouest du bassin de Pátzcuaro sont abondamment étudiées (projets Uricho [1990-96], Urichu, Xaracuaro and Pareo Politics

[1995-98] et Erongaricuaro [2001-06])²². Parallèlement, suite à l'arrêt temporaire des recherches à Zacapu, deux projets français sont entrepris dans le Bajío. L'année 1998 est ainsi marquée par l'initiation des projets Barajas par Grégory Pereira et Gérald Migeon (1998-2009) et Chupícuaro par Véronique Darras et Brigitte Faugère (1998-2013). Barajas est consacré à l'étude des sites classiques du cerro éponyme au sud-ouest du Guanajuato, à une quarantaine de kilomètres au nord du Malpaís de Zacapu (Pereira *et al.* 2005 ; 2007). Il vise ainsi à une meilleure compréhension de la région dans la diachronie, notamment pour aborder les mouvements de population au Classique. Chupícuaro pour sa part, cherche à porter un regard nouveau sur cette culture Préclassique, encore mal connue à la fin des années 1990, mais dont on retrouve les traits profondément ancrés dans les cultures postérieures, bien au-delà de son épiceutre au sud-est du Guanajuato (Darras et Faugère 2005, 2007, 2008).

2.1.4. Actualité de la recherche, Uacúsecha (2010-) et Mésomobile (2015-2018)

2.1.4.1. Le projet Uacúsecha, aux origines du monde Tarasque

Les investigations reprennent en 2009 avec le projet Uacúsecha dans lequel s'intègre notre étude. Sont impliqués bon nombre des acteurs originels des projets conclus dans les années 1990, dont son directeur, Grégory Pereira. Uacúsecha est motivé par deux objectifs. À son initiation, il s'agissait avant tout de 1) caractériser les prémices du monde tarasque à travers l'étude des centres urbains du Malpaís de Zacapu. Par la suite, la nécessité s'est fait sentir de 2) replacer ces sites dans un contexte plus large, tant diachronique, pour mieux juger de la rupture supposément occasionnée par leur création, que spatial, pour appréhender leur impact sur l'organisation locale et régionale de l'occupation humaine (Pereira 2013 : 6-7). En pratique, le premier objectif a constitué le principal moteur d'un premier programme quadriennal (2010-2013) et le second a globalement animé le deuxième programme (2014-2017). C'est dans cette seconde mouvance, encore au cœur des problématiques actuelles et à venir (voir *infra*), que se place la présente investigation.

Pour mener à bien l'objectif de caractérisation des prémices du monde tarasque, Uacúsecha s'est avant tout concentré sur le centre urbain de Malpaís Prieto (Mich. 31), au travers de fouilles extensives (habitat commun et d'élite, zone funéraire, structures de stockages et de combustion) et d'études thématiques (organisation spatiale, céramique, faune...). Dans cette même perspective, des travaux plus ponctuels ont été réalisés dans les centres urbains d'El Palacio, El Infiernillo et Las Milpillars. Le second objectif de remise en contexte diachronique

²² Voir Pollard 2008 pour un aperçu des principales avancées qui découlent de ces projets.

et spatiale a, quant à lui, motivé des opérations de prospections et sondages sur les sites environnants les centres urbains (notamment celles entreprises pour la présente thèse), des prospections géophysiques dans la zone des *lomas*, et des études thématiques (sites d'extraction lithique, pétroglyphes).

Ainsi, à l'instar de ses prédécesseurs, le projet Uacúsecha a conduit à la réalisation de plusieurs thèses de doctorat et de travaux, dont certains ont d'ores et déjà été publiés²³. Soulignons les travaux²⁴ sur :

- 1) l'urbanisme des grands établissements postclassiques du Malpaís de Zacapu (Forest 2014 [thèse]) ;
- 2) la faune en contextes domestiques et rituels (Manin 2015 [thèse]) ;
- 3) la technologie céramique du Postclassique (Jadot 2016a [thèse]) ;
- 4) les systèmes de stockage sur le Malpaís (Michelet et Forest 2012) ;
- 5) l'étude des structures de combustion (Stevanato 2014, 2015, [thèse en préparation]) ;
- 6) les pratiques funéraires (Pereira et Michelet 2018 [synthèse des rapports]) et les marqueurs bioanthropologiques (Pereira, Barrientos et Natahi 2018 [synthèse des rapports]) ;
- 7) l'exploitation des ressources lithiques (Darras et al. 2017).

À l'occasion d'une exposition sur le centre urbain de Malpaís Prieto au musée d'anthropologie de Mexico, un premier ouvrage de synthèse a récemment vu le jour (Pereira et Padilla 2018).

2.1.4.2. Autres projets archéologiques en cours dans le Centre-Ouest

Outre le projet Uacúsecha, d'autres investigations archéologiques importantes conduites dans le Centre-Ouest se doivent d'être mentionnées ici. Parmi celles-ci, soulignons la continuation des travaux dans le bassin de Pátzcuaro. Des prospections incluant un volet environnemental ont été réalisées de 2007 à 2010 sous la direction de Christopher Fisher et Helen Pollard. En 2009, la découverte de l'important site sur *malpaís* de Sacapu Angamuco a

²³ Les publications aujourd'hui disponibles sont principalement issues des travaux réalisés entre 2009 et 2012. D'autres ouvrages et articles sont en cours d'élaboration pour présenter les résultats des travaux ultérieurs.

²⁴ Ne sont cités ici que les travaux qui présentent une synthèse des opérations, à l'exception de l'étude des foyers encore non publiée. Le détail des opérations sera précisé dans la suite de la thèse (*cf.* notamment chapitre 7).

réorienté les travaux vers la fouille, notamment après l'acquisition d'une couverture LiDAR dans le cadre du projet Legacy of Resilience - Lake Pátzcuaro Basin (LORE-LPB), dirigé par Fisher (Chase *et al.* 2012 ; Fisher et Leitz 2013 ; Cohen 2016 ; Fisher *et al.* 2017).

Dans le bajío, le projet Chupícuaro arrive à son terme en 2013 mais ne tarde pas à être renouvelé sous l'impulsion de nouvelles problématiques en 2015. Le projet Tigre-Lerma (2015-), porté par Brigitte Faugère, s'attèle ainsi à la caractérisation des relations entre la vallée moyenne du Lerma et le Haut Plateau Central (HPC). Il s'intéresse à la transition entre Préclassique et Classique, marquée par l'émergence de Teotihuacan. Plus proche de Zacapu, le début des années 2010 voit la mise en place par Véronique Darras du projet Tres Mezquites (2012-) dans la vallée alluviale du Lerma, au pied du cerro Barajas. La recherche est ici axée sur l'identification et la caractérisation des sites préclassiques dans une région longtemps considérée comme dépourvue d'occupation pendant ces époques anciennes.

2.1.4.3. Le programme Mésomobile

En 2015 enfin, deux des projets français, Uacúsecha et Tres Mezquites, sont réunis au sein du programme ANR Mésomobile (2015-2018), pour l'étude des mobilités humaines préhispaniques entre le Centre-Nord et la vallée alluviale du Lerma. La fenêtre d'étude de Mésomobile constitue un transect N-S entre le nord du Michoacán et le sud du Guanajuato, afin d'englober l'ensemble des zones étudiées par les projets CEMCA depuis les années 1980 (Michoacán/Uacúsecha, Barajas et Tres Mezquites). Le projet est structuré autour de quatre thématiques (Darras *et al.* 2015)²⁵ :

- 1) Les dynamiques territoriales. L'objectif est de comprendre le développement et les modalités de la formation des territoires préhispaniques de la zone tant à l'échelle locale et microrégionale, autour de sites spécifiques, qu'aux échelles régionale et macro-régionales, au travers de l'étude des relations entre les espaces ;
- 2) La mobilité des individus. L'objectif ici est de retracer les mouvements de personnes entre le bassin de Zacapu et la vallée du Lerma, qui s'inscrivent dans la dynamique de fluctuation de la frontière nord de Mésoamérique (voir infra 2.3.1) ;

²⁵ <<https://mesomobile.hypotheses.org/>>

- 3) Les flux de matières premières. La présence d'importants gisements d'obsidienne (Darras 1999), de dacite et d'andésite (Darras et al. 2017), au sein de la fenêtre en font un laboratoire privilégié pour l'étude de la circulation de ces matières premières, fondamentales dans les économies préhispaniques ;
- 4) La diffusion des systèmes techniques. L'objectif est ici d'étudier le transfert/partage de connaissances techniques au sein de la fenêtre concernée. En effet, le déplacement des individus, notamment pour l'acquisition des matières premières, permet de véhiculer des savoir-faire autant que des idées. Cette diffusion s'exprime au travers de la culture matérielle (ex. céramique, lithique...).

Le programme Mésomobile a permis le développement de nombreuses études nouvelles à l'intérieur du transect Zacapu-Lerma. Notons à titre d'exemple la mise en place à l'intérieur des deux projets en cours (Uacúsecha et Tres Mezquites) 1) d'une investigation interdisciplinaire (CNRS, UNAM) sur les mines de dacites de la zone de Caurio (Michoacán) (Darras *et al.* 2017), d'une approche croisée entre les traditions céramiques de Zacapu (Cerro de Las Flores [Mich. 416]) et la vallée du Lerma (Tres Mezquites) (Castañeda, thèse en préparation), ou encore le financement d'une couverture LiDAR de plus de 90 km² sur le Malpaís de Zacapu (*cf.* chapitre 5).

Outre la tenue d'un workshop à mi-parcours (septembre 2016, Nanterre, France) et d'un colloque en fin de quadriennale (avril 2018, MNA, Mexico), la clôture de Mésomobile en 2018 a occasionné la réalisation d'une exposition temporaire sur le site de Malpaís Prieto (Mich. 31) au musée d'anthropologie de Mexico (*La Ciudad Perdida*, d'avril à juillet 2018). Cette dernière a aussi donné lieu à la publication d'un catalogue synthétisant brièvement les dernières découvertes sur ce site majeur et son importance dans l'histoire tarasque (Pereira et Padilla 2018).

**

L'ensemble des travaux menés dans le Centre-Nord de 1980 à 2013 – date d'initiation de notre thèse et plus largement de l'ouverture à l'échelle régionale des perspectives du projet Uacúsecha – ont permis de reconstruire l'évolution culturelle de la région. Nous la présentons ci-après. Les recherches récentes, dont la présente étude, offrent cependant une nouvelle lecture d'une partie de cette histoire, que nous présenterons tout au long de cette thèse.

2.2. ÉVOLUTION CULTURELLE PRÉHISPANIQUE DANS LA RÉGION DE ZACAPU : UN ÉTAT DES CONNAISSANCES AVANT 2013

Une de nos ambitions est la reconstruction de l'évolution des stratégies agraires entre l'Épiclassique et le Postclassique moyen (VII^e-XV^e), afin de juger des répercussions de l'urbanisation du Malpaís sur l'occupation des espaces. Dans cette perspective, une vision précise du peuplement dans la diachronie est fondamentale. Aussi dressons-nous ici un état des connaissances avant l'initiation de notre travail en 2013.

Les projets Michoacán et Zacapu ont apporté les premiers jalons pour resituer cette évolution culturelle – bien au-delà de l'histoire officielle de la *RM*. Uacúsecha et Mésomobile permettent aujourd'hui de porter un regard nouveau sur cette histoire et de l'affiner, parfois considérablement. Il en va ainsi pour le nord du Malpaís, dont les modalités d'occupation commencent seulement à être précisées par les travaux récents, dont notre étude.

L'évolution culturelle zacapense a été construite à partir de la typochronologie céramique, constituée dès les années 1980 (Michelet *et al.* 1989 ; Arnauld *et al.* 1993 ; Michelet 2013) et précisée et complétée par Elsa Jadot au cours du projet Uacúsecha (Jadot 2016a et b). Son ancrage temporel est originellement fondé sur un échantillon de 20 dates ¹⁴C (Michelet 1992), récemment augmenté d'un nouvel échantillon pour les sites du Malpaís (Pereira *et al.* sous presse). La chronologie est ainsi découpée en 4 phases, auxquelles s'ajoutent 2 interphases (voir Figure 5). Notre étude couvre l'Épiclassique (phases Lupe et La Joya), le Postclassique ancien (phase Palacio) et le Postclassique moyen (phase Milpillás). Le Postclassique récent (phase Tariácuri), apogée du royaume tarasque, sera peu discuté ici faute de plus d'investigation et de données sur cette période à Zacapu. Outre ce manque, la typochronologie présente d'autres limites qui ont récemment été discutées (Jadot 2016a et b), dont une incertitude contraignante au regard de la définition des types diagnostiques du Postclassique ancien (5.2.5.2).

Des synthèses, générales ou ciblées, de l'évolution de l'occupation humaine de la région avant notre étude, sont disponibles ailleurs (voir notamment Arnauld et Faugère 1998 pour l'ensemble de la région ; Migeon 1998 et 2016 pour les hautes terres occidentales et le Malpaís ; Forest 2014 sur la même zone et incluant les données récentes). Nous nous contentons ici d'en rappeler les grandes lignes, en insistant sur l'état des connaissances pour ce qui est de la transition entre Épiclassique et Postclassique à l'initiation de notre travail.

| | OCCIDENT | CENTRE-NORD <i>Michelet et al. 1989</i> | BARAJAS <i>Pereira et Migeon 2007</i> | PATZCUARO <i>Pollard 2008</i> |
|-------|------------------------------|---|---|---|
| 1600 | COLONIAL | | | |
| 1500 | POSTCLASSIQUE RECENT | Tariacuri | Postclassique récent (Tarasque) | Tariacuri |
| 1400 | | Milpillas | | Urichu récent |
| 1300 | POSTCLASSIQUE MOYEN | | | Urichu récent |
| 1200 | | | | |
| 1100 | POSTCLASSIQUE ANCIEN | Palacio | Postclassique ancien | Urichu acien |
| 1000 | | | | |
| 900 | EPICLASSIQUE | La Joya | Barajas tardio | Lupe-La Joya |
| 800 | | Lupe | Barajas temprano | |
| 700 | | | | |
| 600 | | Jaracuaro | Nogales | Jaracuaro |
| 500 | CLASSIQUE ANCIEN | Loma Alta 3 | | Loma Alta 3 |
| 400 | | | | |
| 300 | | | | |
| 200 | | Loma Alta 2 | | |
| 100 | | | | Loma Alta 1 & 2 |
| 0 | PRECLASSIQUE TERMINAL | Loma Alta 1 | | |
| - 100 | | | | |
| - 200 | | | | sphère Chupicuaro ? |
| - 300 | | | | |

Figure 5 - Chronologies de la région de Zacapu et des principales régions voisines mentionnées dans le présent travail.

2.2.1. Du peuplement archaïque au Classique ancien (5200 av. J.-C. - 600 apr. J.-C.)

Le peuplement archaïque, mal connu, reste l'un des mieux documentés de cette région du Mexique grâce à la fouille encore inédite de l'abri-sous-roche de la Cueva de los Portales, au nord de la zone (Faugère 2006). L'occupation saisonnière par des chasseurs-collecteurs y est attestée dès la fin du VI^e millénaire av. J.-C. et perdure, de façon discontinue, jusqu'à la Conquête. Par ailleurs, des indices de défrichements sont reconnus dès 2000 av. J.-C. (Arnauld *et al.* 1994). L'occupation sédentaire ne semble toutefois apparaître qu'à la fin du Préclassique.

2.2.1.1. La fin du Préclassique (100 av. J.-C.-200 apr. J.-C.)

De manière générale, la transition entre le Préclassique récent et le Classique ancien constitue une période elle aussi relativement mal connue dans le Centre-Ouest, alors communément inclus dans l'aire d'influence de la culture Chupícuaro (Darras et Faugère 2005 ; Beekman 2010 : 60). Les témoins d'occupation sont rares avant le tournant de notre ère. Le récent projet Tres Mezquites s'avère prometteur pour documenter la période dans la vallée du Lerma. Toutefois, c'est à Zacapu qu'ont été posés les premiers jalons pour caractériser le Préclassique récent, à travers l'étude des sites de la rive ouest du lac, et plus particulièrement celle du site de Loma Alta (Arnauld *et al.* 1993 ; Carot 2001).

À Zacapu, l'implantation sédentaire s'initie de fait peu après 100 av. J.-C. dans les lomas occidentales. Le Préclassique récent est représenté par l'étape I et le début de l'étape II de la phase Loma Alta (100 av. J.-C.-200 apr. J.-C.). Au sein du site éponyme, les décors céramiques à motifs peints rouges permettent de proposer une parenté avec les cultures Chupícuaro d'une part, et Tarasque d'autre part (Carot 2001 ; 2005). Plus généralement, la présence de places surbaissées, l'architecture circulaire (Arnauld *et al.* 1993) et les pratiques funéraires (Pereira 1999 ; Carot 2001) évoquent une certaine filiation avec la zone du Bajío (Cárdenas García 1999 ; Beekman 2010 : 61). Par ailleurs, le traitement des défunts, accompagnés pour certains de mobilier prestigieux et inhumés dans les espaces cérémoniels, indique qu'une forme de différenciation sociale est dès lors en place (Pereira 1997 ; 1999). La crémation, documentée sur le site de Loma Alta (Carot 1987 ; Carot et Susini 1989), demeure une pratique unique en son genre.

2.2.1.2. Classique ancien (200-600 apr. J.-C.)

Au Classique ancien, le peuplement du Centre-Ouest prend véritablement forme. À cette époque débute l'occupation d'importants centres régionaux, tels que Tingambato, autour de 200 apr. J.-C. (Cruz Hernández et Landa Alarcón 2013 : 45) ou Los Nogales et les sites du Cerro Barajas, au nord du Lerma, vers 450 apr. J.-C. (Pereira *et al.* 2005 : 125). À Zacapu, les phases Loma Alta III (350-550 apr. J.-C.) et Jarácuaro (550-600 apr. J.-C.) ne constituent pas une rupture avec le Préclassique, mais au contraire une continuité dans les dynamiques culturelles, qui perdurent quasiment inchangées dans le bassin. L'occupation continue dans les lomas, qui représentent vraisemblablement un centre religieux important de l'époque (Carot 1993, 2001). S'ébauche alors timidement le peuplement des rives du lac et des îles au nord-ouest de ce dernier, ainsi que des versants méridionaux du bassin, où apparaît un site important du Classique, Yácata La Virgen (Mich. 56) (Arnauld et Faugère 1998 : 18).

Dans l'état des connaissances avant 2013, seul le petit site de Coijo Norte (Mich. 33), situé sur une des îles, entrainait dans notre fenêtre d'étude pour le Classique ancien. Son exploration se limitait à la mention de deux monticules et de terrasses (Michelet 1992 : 20). De fait, l'occupation humaine semblait jusqu'alors absente des zones écologiques extérieures au bassin lacustre pendant les six premiers siècles de notre ère. Les hautes terres occidentales – dont le Malpaís – et les vallées septentrionales étaient considérées comme dépourvues d'occupation antérieure au Classique Récent (à partir de 600 apr. J.-C.) (Arnauld et Faugère 1998 : 18). Nous verrons qu'à la lumière des récents travaux menés dans le Malpaís et ses alentours, cette affirmation est aujourd'hui à nuancer. Néanmoins, il reste assez clair que la véritable colonisation des espaces hors du bassin a lieu à partir du VII^e siècle.

2.2.2. Du Classique Récent à l'Épiclassique (600-900 apr. J.-C.)

Suivant l'acception proposée par Christopher Beekman dans sa synthèse sur l'évolution culturelle de l'Occident (Beekman 2010), nous préférons ici le terme d'*Épiclassique* à celui de *Classique Récent* dans une volonté d'intégration de l'Occident au reste des Hautes Terres Centrales du Mexique (Jiménez Moreno 1959), au sein desquelles cette période est avant tout caractérisée par la « balkanisation » qui fait suite à l'effondrement de Teotihuacan (Sugiura 2001). De fait, dans l'ensemble du Centre-Ouest, comme sur le Haut Plateau Central, l'Épiclassique est marqué par la création et/ou l'affirmation de nombreux sites. On notera particulièrement les sites proches de Zacapu, des rives du bassin de Pátzcuaro (Pollard 2008 : 221), du Cerro Barajas (Pereira *et al.* 2005, 2007) et plus généralement du Bajío

(Cárdenas García 1999). La période voit aussi l'affirmation des élites locales, intégrées dans des réseaux d'échanges à longue distance (Pollard 2008 : 223 ; Beekman 2010 : 65). Le bassin de Zacapu, le versant méridional du Lerma et le Cerro Barajas sont alors le cadre d'intenses remodelages. À Zacapu, cette période a été découpée en deux phases, Lupe ancien (600-750 apr. J.-C.) et Lupe récent (750-850), suivis de l'interphase La Joya (850-900).

2.2.2.1. Les VII^e et VIII^e siècles, la phase Lupe ancien

Aux VII^e et VIII^e siècles, la zone des lomas atteint son apogée démographique (Arnauld et Faugère 1998 : 18). Quelques sites sont édifiés sur les pourtours du bassin²⁶, alors que Yácata La Virgen s'affirme en tant que centre local au sud de celui-ci. On notera l'apparition sur une île au nord-ouest du bassin du site de Las Marias (Mich. 72) qui s'inscrit dans notre fenêtre d'étude, mais dont les vestiges n'ont pas pu être revus au cours de notre travail. À cette même époque, un peuplement massif est à l'œuvre sur le versant méridional du Lerma, qui se constitue alors comme un noyau d'occupation de l'Épiclassique (Faugère 1996 ; Darras 1999). Il semble cependant que cette croissance démographique dans le nord de la région soit progressive, dans la mesure où la majorité des sites est vraisemblablement édifée après 750 apr. J.-C. (Michelet 1990). En outre ce rythme, dans l'évolution du peuplement, semble synchrone avec la séquence du Cerro Barajas, qui atteint son apogée lors de la phase éponyme, entre 750 et 950 apr. J.-C. (Pereira *et al.* 2005 : 126-127) ; laquelle correspond grossièrement aux phases Lupe récent et La Joya.

De même il était communément admis avant les investigations de 2013 que le VII^e siècle constituait aussi la période pendant laquelle commençait le peuplement des hautes terres occidentales et du Malpaís de Zacapu avec, semblait-il, une majorité de créations de sites après 750 apr. J.-C. (Michelet 1990 ; Arnauld et Faugère 1998 : 19 ; Migeon 1998 : 37). S'il est vrai que l'occupation connaît un véritable essor dans les hautes terres aux VII^e et VIII^e siècles, les études entamées en 2013 modifient considérablement notre compréhension de cette zone (*cf.* chapitre 7). Dans notre fenêtre d'étude, centrée sur le nord du Malpaís, seul avait été associé à la phase Lupe, le site d' El Malpaísillo (Mich. 317, anciennement Las Minas²⁷). Ainsi, à cette période, la zone nord du Malpaís était caractérisée par une

²⁶ Marie-Charlotte Arnauld et Brigitte Faugère soulignent cependant la forte probabilité pour que les occupations épiclassiques du versant méridional soient occultées par la sédimentation postérieure (Arnauld et Faugère 1998 : 19-20).

²⁷ Jusqu'à 2015, Mich. 317 était connu sous le nom de Las Minas. Cette dénomination, attribuée au cours du projet Michoacán I, était basée sur la toponymie telle qu'elle avait été renseignée par les informateurs locaux aux membres du projets. La réévaluation des sites de la zone à la lumière des données LiDAR a permis

colonisation tardive et timide, en comparaison avec les zones adjacentes, notamment le versant méridional du Lerma.

2.2.2.2. Les VIII^e et IX^e siècles, de Lupe récent à La Joya

La très courte interphase La Joya (850-900 apr. J.-C.), qui clôt l'Épiclassique, constitue une période problématique. Dans leur synthèse, Arnauld et Faugère soulignent le fait qu'elle est trop brève pour « refléter fidèlement la dynamique d'occupation »²⁸, tout en concédant qu'elle permet de rendre compte d'un véritable remodelage dans le peuplement, qui s'opère entre le VIII^e et le IX^e siècle apr. J.-C. (Arnauld et Faugère 1998 : 20), de fait, entre la phase Lupe récent et l'interphase La Joya. En outre, la distinction entre les deux époques n'est pas généralisable, comme en témoigne l'étude du site de Guadalupe (Mich. 215), où Pereira considère Lupe récent et La Joya comme une seule et même phase (Pereira 1999).

À cette époque, les lomas sont littéralement désertées (Arnauld et Faugère *ibid.*). Elles ne seront plus occupées que ponctuellement et de façon marginale jusqu'à l'arrivée des Espagnols. Parallèlement, si l'occupation se maintient dans les vallées septentrionales, c'est à la suite d'un remaniement profond de l'organisation spatiale des sites. Le corpus est en effet en grande partie renouvelé au profit d'établissements en général plus grands, et qui commencent à présenter plus de monumentalité ainsi qu'un caractère défensif notable (Faugère 1996 ; 2007).

Dans le Malpaís, les dernières investigations ont permis de montrer que c'est au cours de la phase La Joya que le site d'El Palacio (Mich. 23), qui deviendra un des centres urbains du Postclassique, commence à être occupé (Jadot 2016a : 174-176). Au nord du Malpaís et dans ses alentours, le constat formulé plus haut pour la phase Lupe, reste valable pour La Joya : jusqu'à l'initiation de la présente étude, au regard des données des projets Michoacán et Zacapu, la zone ne semblait être occupée que de façon marginale.

2.2.3. Le Postclassique (900-1522 apr. J.-C.)

À l'instar de ce que l'on observe dans l'ensemble des hautes terres du Mexique central, le Postclassique constitue une longue période de profonds remodelages dans le Centre-Ouest.

l'identification d'un site d'extraction minière préhispanique, à moins de 2 km au sud de Mich. 317, sur une coulée plus ancienne (Mich. 428) (7.2.7) et donc plus adaptée à la dénomination de « Las Minas » (les mines). Par ailleurs, le toponyme réel de la coulée de lave sur laquelle se situe Mich. 317, « El Malpaísillo », nous a été renseignée par des informateurs du village voisin de Caurio en 2015.

²⁸ « un periodo tan corto [la interfase La Joya] no puede reflejar fielmente la dinámica ocupacional »,

Elle est d'une part marquée par les mouvements de population nord-sud issus de Mésoamérique septentrionale qui semblent s'amorcer dès le VIII^e siècle apr. J.-C. (Braniff 2000 ; Hers 2005 entre autres). D'autre part, le Postclassique moyen-récent voit aussi l'émergence et l'affirmation de l'État tarasque dans le bassin de Pátzcuaro au cours du XIV^e siècle (Gorenstein et Pollard 1983 ; Pollard 1993, 2000, 2008). Comme nous le verrons plus avant (2.3.2), la région de Zacapu se place à la charnière entre ces dynamiques culturelles, qui modifient en profondeur les paradigmes construits au cours du Classique.

2.2.3.1. Le Postclassique ancien, la phase Palacio (900-1250 apr. J.-C.)

À Zacapu, le Postclassique débute avec la phase Palacio, qui s'étend du début du X^e siècle au milieu du XIII^e ; trois siècles pendant lesquels les dynamiques de peuplement sont à l'évidence complexes dans la région. Les lomas sont largement abandonnées alors que de nombreux sites apparaissent sur les versants sud du bassin, au sud du Malpaís et dans les hautes terres au sud et à l'ouest de celui-ci (Arnauld et Faugère 1998 : 20-21 ; Migeon 1998 : 38). Il se peut que le site d'El Palacio prenne à cette époque le pas sur Yácata La Virgen en tant que centre administratif, politique et religieux de la partie sud du bassin. Les vallées septentrionales atteignent leur maximum démographique. De manière inédite pour cette zone, l'édification d'un hall à colonnes – entre autres formes architecturales – sur le site de San Antonio Carupo (Mich. 103) est peut-être à rapprocher des mouvements migratoires depuis la Mésoamérique septentrionale (Faugère 1991, voir 2.3.1.1). La datation de l'édifice demeure cependant soumise à interrogations. De la même manière, l'essor démographique est peut-être lié à l'abandon des sites du Cerro Barajas à la même époque (Pereira *et al.* 2005 : 133).

Dans le nord du Malpaís, on pensait jusqu'alors que l'occupation se maintenait et même qu'un nouveau site était édifié, Mesa del Bolsón (Mich. 318) (Migeon 1998 : 39), tout en restant cependant une zone étrangement peu peuplée au regard de son importance pendant la phase Milpillas suivante. Les récents travaux tant archéologiques (Dorison et Michelet 2015 ; Pereira *et al.* 2016 ; Dorison 2017 et présente étude) que géologiques (Maghoub *et al.* 2017), prouvent que la situation est en fait tout autre (voir chapitre 7). Par ailleurs, les dernières études céramiques redéfinissent peu à peu la phase Palacio et il est possible que certains types, jusqu'alors diagnostiques de la période, voient en réalité le jour plus tôt, en phase La Joya (Jadot 2016a : 174-176 ; 2016b : 7).

2.2.3.2. Le Postclassique moyen, la phase Milpillas (1250-1450 apr. J.-C.)

La phase Milpillas (1250-1450 apr. J.-C.) est sans aucun doute la mieux documentée de la séquence, spécialement en ce qui concerne le Malpaís de Zacapu. On constate peu d'évolution dans les dynamiques d'occupation au sein même du bassin, nonobstant une augmentation sensible du nombre d'établissements sur les îles et les versants sud (Arnauld et Faugère 1998 : 21-22). Dans le Versant Lerma, le schéma d'établissement est modifié. Les sites ne présentent pour la plupart plus qu'une occupation limitée et la majorité se concentre alors au sud de la zone, près du Malpaís.

L'augmentation sans précédent de la densité du peuplement au sein du Malpaís représente sans conteste l'évènement majeur de la période (Arnauld et Faugère 1998 : 22 ; Migeon 1998 : 40 ; Michelet *et al.* 2005). Cette croissance, qui se répercute sur l'ensemble des hautes terres occidentales (Migeon 1998 : 40), est avant tout marquée par l'apparition des grands centres du Malpaís. Leur taille, la densité de l'habitat (25 maison/ha sur Malpaís Prieto [Forest 2014 : 544]) et sa standardisation, leur planification et leur profil de consommateurs – au regard de l'acquisition des ressources (Darras 1999 ; Dorison 2013 ; Manin 2015 ; Jadot 2016a) –, laissent aujourd'hui peu de doute quant au caractère urbain de ces établissements (Forest 2014 : 472-473). Deux d'entre eux, El Infiernillo (Mich. 38) et Malpaís Prieto (Mich. 31), sont créés *ex nihilo* (Forest 2014). El Palacio (Mich. 23), pour sa part, connaît une première occupation, apparemment réduite, au Postclassique ancien (Migeon 1991) et possiblement, déjà à la fin de l'Épiclassique (Jadot 2016a : 174). L'occupation de Las Milpillas (Mich. 95) enfin, est sans conteste associée essentiellement au Postclassique moyen ; bien que l'éventualité d'une occupation plus ancienne, évoquée dès les fouilles des années 1980 (Puaux 1989 ; Migeon 1991), tende à se confirmer à l'aune des nouvelles découvertes (7.3.3).

Comme nous l'avons évoqué et comme nous le discutons avec plus de détail ci-dessous (2.3.2), au regard des nombreux changements culturels observés dans les centres urbains du Malpaís et de la croissance démographique soudaine associée à leur apparition, il est communément proposé que leur édification soit le résultat de l'arrivée d'un ou plusieurs groupes exogènes (Arnauld et Faugère 1998 : 22 ; Michelet *et al.* 2005). Pourtant au début du xv^e siècle les trois établissements du nord sont abandonnés aussi rapidement qu'ils avaient été construits.

2.2.3.3. Le Postclassique récent, la phase Tariácuri (1450-1522 apr. J.-C.)

La phase Tariácuri, phase d'apogée du royaume tarasque dans le bassin de Pátzcuaro (Pollard 1993 ; 2000 ; 2008), est mal documentée pour la région de Zacapu (Michelet *et al.* 2005 : 142). Les marqueurs céramiques qui la définissent, essentiellement connus à Pátzcuaro (Pollard 1993 : 200-227), sont rares à Zacapu. Ainsi de manière générale, la région semble dépeuplée ; peut-être au profit du bassin adjacent de Pátzcuaro (Migeon 1998 : 41). La phase Tariácuri n'a été identifiée que sur quelques sites méridionaux. Seul survivant de l'abandon généralisé des centres urbains du Malpaís au milieu du xv^e siècle, le site d'El Palacio (probablement la Zacapu de la *Relation de Michoacán* et la Tescalco de la *Visitación de Caravajal*) continue de présenter une occupation, toutefois grandement réduite au regard de la phase précédente (Migeon *ibid.*). L'ethnohistoire témoigne cependant d'une certaine occupation des rives à l'arrivée des Espagnols (Espejel 2011 ; Migeon 2016 : 23). Notons à cet égard l'existence d'un village dans notre fenêtre d'étude sur les rives d'un appendice du paléolac à l'orée orientale du Malpaís, notamment représenté sur les cartes anciennes sous l'appellation de *Cuarún*²⁹ (Pereira *et al.* 2015, 2016).

Une meilleure définition des marqueurs chronologiques permettrait probablement d'expliquer ce *hiatus*. De fait, l'abandon généralisé des centres urbains mis en lumière par l'archéologie, s'il n'est pas à remettre en question, tend aujourd'hui à être nuancé par les récentes découvertes (voir chapitre 7). Certaines subtilités dans le traitement des céramiques laissent penser que des éléments jusqu'alors diagnostiques de la phase Milpillas précédente correspondraient en réalité à une évolution discrète qui s'opèrerait en phase Tariácuri (Jadot 2016b : 47). Les exemples restent cependant extrêmement rares et il est clair que la région de Zacapu connaît un déclin démographique profond et brutal entre le xv^e siècle et le début du xvi^e siècle apr. J.-C.

**

Les recherches archéologiques menées à Zacapu offrent une vision de l'évolution culturelle régionale sur plus de quinze siècles. Cette longue histoire est ponctuée d'importants remodelages territoriaux dont les modalités sont encore mal cernées. Pour ce qui est de notre fenêtre – le nord du Malpaís, les hautes terres qui l'environnent, et les îles du nord-ouest du

²⁹ Ce village a potentiellement été identifié archéologiquement en lieu et place du site de Mich. 415 (Pereira *et al.* 2015 ; voir 7.4.2).

bassin –, la séquence des évènements peut être simplifiée comme suit sur la base des connaissances avant 2013 :

600 - 800 apr. J.-C. – Colonisation timide des hautes terres qui environnent le Malpaís (c. 750 apr. J.-C.). Édification de Mich. 317. Occupation du petit site d'habitat de Mich. 72 sur les îles du paléolac.

800 - 900 apr. J.-C. – Occupation marginale de la fenêtre. Mich. 317 est toujours habité. Continuation possible de l'activité sur Mich. 72 et édification à proximité de Mich. 32 et 69.

900 - 1200 apr. J.-C. – Occupation marginale. Dans le Malpaís, édification de Mich. 318, première occupation possible de Mich. 95 (futur centre urbain), et pérennité de Mich. 317. Sur les îles, construction de Mich. 70, continuation possible de l'activité sur Mich. 69 et abandon du reste des sites de cette zone.

1200 - 1400 apr. J.-C. – Explosion de la démographie (migration). Construction des trois centres urbains du Malpaís de Mich. 31, 38 et 95 (c. 1250 apr. J.-C.) et du site périphérique de Mich. 319. Abandon de Mich. 318 mais continuation de l'occupation sur Mich. 317. Sur les îles, Mich. 70 se maintient peut-être et est augmenté de Mich. 34.

1400 - 1523 apr. J.-C. – Abandon généralisé des centres urbains et de l'ensemble de la fenêtre dans la première moitié du xv^e siècle.

En des termes plus synthétiques encore, deux points peuvent être soulignés. Sur le plan synchronique d'abord, jusqu'au début du XIII^e siècle il existe un contraste très marqué entre la faible occupation du nord du Malpaís et ses environs, en comparaison avec celle des zones adjacentes du Versant Lerma, du bassin, ou même du reste de la zone Sierra. Sur le plan diachronique ensuite, un contraste plus important encore se manifeste entre l'occupation timide de la zone avant 1250 apr. J.-C. et l'explosion démographique provoquée par le phénomène urbain pendant la période suivante.

2.3. PROBLÉMATIQUES DE L'ÉTUDE : DES STRATÉGIES AGRAIRES À LA STRUCTURATION DES ESPACES

Comme nous l'avons évoqué au début de ce chapitre, notre thèse s'articule autour d'une double problématique, à la fois synchronique et diachronique. Nous cherchons à comprendre comment les centres urbains édifiés au XIII^e siècle dans la partie nord du Malpaís de Zacapu s'insèrent dans les schémas d'établissement microrégionaux, et si cette organisation s'inscrit dans la continuité ou marque au contraire une rupture avec les époques précédentes. Pour apporter des réponses, nous avons choisi d'étudier les modalités de gestion des ressources agricoles. Nous pensons en effet qu'une telle approche fournit à la fois 1) des données d'ordre technique (ex. types d'aménagements agraires, pratiques culturelles...), qui peuvent être comparées d'une époque à l'autre, et 2) des indices de l'appropriation des espaces, qui nous renseignent sur la territorialité à chaque période (voir chapitre 1). En d'autres termes, nous cherchons à répondre à la question suivante :

— Que peut-on déduire des dynamiques territoriales du VII^e au XV^e siècle en étudiant l'appropriation des espaces pour la mise en culture ?

Cette recherche s'inscrit donc plus largement dans des problématiques s'intéressant à l'occupation même de la frange nord du Malpaís. Sur ce point, à l'échelle de notre fenêtre, notre travail est orienté par deux questionnements qui découlent des connaissances acquises jusqu'à 2013 :

- Pourquoi le Malpaís de Zacapu est-il quasiment inoccupé jusqu'au XIII^e siècle ?
- Et pourquoi – de façon remarquablement contradictoire – se trouve-t-il être un fugace foyer de concentration de population urbaine entre 1250 et 1450 apr. J.-C. ?

Une réponse à la seconde question a déjà été proposée : le peuplement massif du XIII^e résulterait de l'arrivée d'une population allochtone venue du nord (Michelet *et al.* 2005), faisant ainsi écho à la légende fondatrice relatée par la *Relation de Michoacán*, et préfigurant l'émergence de l'État tarasque. Ainsi, à plus large échelle, notre travail s'insère à la fois dans la recherche sur les mouvements de population depuis la Mésoamérique Septentrionale vers la CVT (Braniff 1989, 2001 ; Hers 1988, 1989, 2005), et dans celle qui s'intéresse à la mise en place de l'entité politique tarasque (Pollard et Gorenstein 1980 ; Gorenstein et Pollard 1983 ; Pollard 1980, 2008).

Néanmoins, si l'hypothèse de la migration explique en partie pourquoi le Malpaís est intensément peuplé au Postclassique moyen, elle n'éclaire en rien la question de l'occupation marginale de sa frange nord avant le tournant du XIII^e siècle. Jusqu'à aujourd'hui aucune réponse à cette question n'a été clairement exposée. Seule l'apparente hostilité du Malpaís a été plus ou moins explicitement mise en avant (Michelet 1998 : 47). Par conséquent, notre thèse touche aussi à des questionnements d'ordre écologique :

- Pourquoi le nord du Malpaís de Zacapu et ses environs sont-ils dépréciés avant le XIII^e siècle ?
- Et pourquoi alors la zone est-elle si attractive pour les populations allochtones qui la colonisent à cette date ?

Au regard des connaissances limitées dont nous disposons sur l'occupation humaine dans les environs des centres urbains, avant comme après leur construction, nous sommes en droit de nous demander si la dépréciation du Malpaís avant le XIII^e correspond à une réalité. De la même façon, le Malpaís est souvent présenté comme une entité unique. Or, on sait qu'il se compose de différentes coulées volcaniques (Demant 1992 ; Reyes Guzmán *et al.* 2018) sur lesquelles les sols sont plus ou moins développés en fonction de l'âge de celles-ci (DETENAL 1979a) (*cf.* chapitre 3). En somme, les caractéristiques écologiques du Malpaís n'ont été que trop rapidement évaluées dans une perspective d'occupation et de mise en culture. Aussi peut-on se poser la question suivante :

- Les raisons de l'installation de groupes préhispaniques dans le Malpaís, ou au contraire de son évitement, sont-elles écologiques ? Culturelles ? Ou les deux ?

Avec cette sixième grande problématique, nous touchons de près à l'une des questions les plus brûlantes de l'archéologie mésoaméricaniste : l'opposition entre deux grandes écoles d'analyse anthropologique que sont l'écologie culturelle (*cultural ecology*) (Sanders *et al.* 1979 entre autres) et l'approche systémique (Flannery 1968, 1972 entre autres)³⁰.

Dans cette dernière sous-partie au chapitre 2, nous commençons par replacer la région de Zacapu au sein des dynamiques culturelles macro-régionales (2.3.1). Nous présentons ensuite les réponses qui ont été données jusqu'ici pour expliquer le peuplement tardif du Malpaís et développons finalement notre hypothèse de travail et les objectifs que nous nous sommes fixés dans notre étude (2.3.3).

³⁰ Sur ce point, voir notamment Sanders et Nichols 1988 et les réponses à l'article.

2.3.1. Dynamiques culturelles macro-régionales au Postclassique

Comme nous l'avons évoqué (2.1.2) la *Relation de Michoacán* (Alcalá 2000 [c. 1540]) – principale source ethnohistorique sur la culture tarasque – identifie la région de Zacapu comme le premier établissement des Uacúsecha, lignage noble qui unifie par la suite les groupes du bassin de Pátzcuaro et crée *de facto* l'État tarasque. Ce premier établissement est par ailleurs présenté comme une étape dans la pérégrination du groupe chichimèque, prenant sa source quelque part dans une mystérieuse contrée septentrionale.

Ainsi dès l'origine, la place particulière de Zacapu dans l'histoire officielle tarasque a constitué l'un des moteurs des investigations françaises dans la région, comme l'expose Michelet dans la première publication de synthèse du projet Michoacán I (Michelet 1992 : 16). L'auteur admet que l'entreprise de travaux à Zacapu a été en partie motivée par la potentielle réalité archéologique cachée derrière le mythe. Cette réalité avait déjà été entrevue par Freddolino dans son étude des centres urbains du Malpaís (1973, *cf.* 2.1.3.1).

En conséquence, des années 1980 à aujourd'hui, les quatre établissements urbains ont toujours tenu une place importante dans les investigations. Celles-ci ont permis de replacer le fugace phénomène urbain zacapense, initié au XIII^e siècle et terminé au XV^e, dans les dynamiques culturelles macro-régionales ; lui offrant de fait un contexte chronoculturel précisé à chaque campagne de terrain. À la lumière de ces recherches, nous pouvons situer le phénomène à la fois au sein des mouvements de populations du Postclassique (2.3.1.1) et au sein du processus d'émergence du système étatique tarasque (2.3.1.2).

2.3.1.1. La fluctuation de la frontière nord-occidentale de Mésoamérique

La région de Zacapu s'inscrit au sein d'un vaste phénomène culturel communément désigné comme la fluctuation de la frontière nord de Mésoamérique. À l'arrivée des Espagnols, l'ethnohistoire place cette frontière le long d'un axe matérialisé par quatre fleuves mexicains : Moctezuma-Lerma-Santiago-Sinaloa (Kirchhoff 1956 ; Braniff 1989), juste au nord de la CVT (frontière XVI^e sur Figure 6). Au-delà de cette limite s'étendent les territoires où évoluent des populations nomades, rassemblées sous le vocable de « Chichimèques » par les Aztèques (Sahagún 1577, livre X).

La position de la frontière nord n'a pas été immuable. Les données archéologiques appuient en effet l'existence de vagues de migrations d'agriculteurs durant le I^{er} millénaire apr. J.-C. (Armillas 1964 ; Braniff 1989, 2001 ; Braniff et Hers 1998 entre autres). Dès le début de notre ère, des groupes humains migrent depuis la CVT. S'opère alors une expansion de la Mésoamérique vers le nord, qui atteint son apogée au VIII^e siècle (Figure 6). Autour de cette date s'initient des migrations inverses. La frontière nord connaît alors une contraction vers le sud, puis se cristallise le long de l'axe Moctezuma-Lerma-Santiago-Sinaloa au cours du XV^e siècle. La zone-tampon ainsi dessinée est communément désignée comme la « Mésoamérique septentrionale » ou « Mésoamérique chichimèque »³¹ (Braniff 2005).

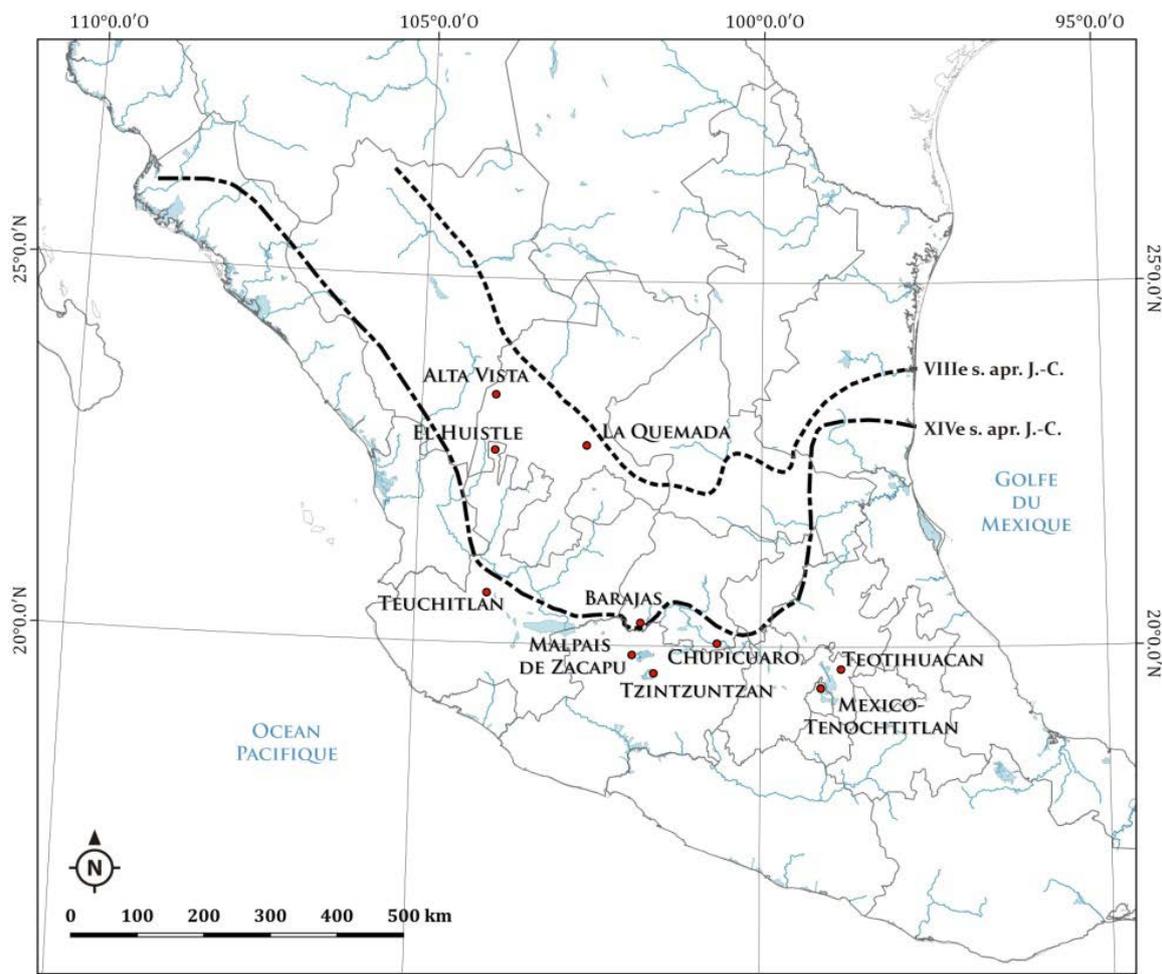


Figure 6 - Deux états de la frontière nord de Mésoamérique : expansion maximale du VIII^e siècle, et cristallisation au XVI^e siècle. (repris d'après Pereira 2008)

³¹ Entendue ici par Braniff comme une partie de la *Chichimeclalli* ou *Gran Chichimeca*, qui s'étend « de la frontière de Mésoamérique du XVI^e siècle au 38^e parallèle nord » (Braniff 2005 : 45).

La région de Zacapu s'inscrit donc dans cette dynamique de mouvements de populations entre la CVT et la partie ouest de la Mésoamérique septentrionale, notamment vers et depuis l'aire culturelle Chalchihuites³² (Hers 2005 : 12). Dans cette zone, au Classique ancien, l'apparition brusque – autrement dit, sans développement local préliminaire – d'un ensemble de traits typiquement mésoaméricains, atteste la migration de populations agricultrices issues du Haut Plateau Central et de l'Occident. Pour certains auteurs (Braniff 2005 ; Carot 2005), elles trouvent leur origine dans la culture Chupícuaro. Au cours du Classique, ces populations septentrionales développent des caractéristiques propres, telles que 1) les halls à colonnes, 2) le *tzompantli*, 3) la figure du *chac mool*, 4) l'articulation des sites au niveau local autour de citadelles nucléées ou plus généralement, ce qui a été interprété comme 5) la prépondérance de valeurs guerrières au sein de la société (Hers 1989). Autant de caractéristiques que l'on retrouve matériellement au Postclassique dans les sites toltèques, puis chez les Aztèques (Hers *ibid.*), et les Tarasques (Pollard 1993 ; 2000).

Ce phénomène de transfert de paradigmes guerriers depuis la Mésoamérique septentrionale vers la CVT est donc interprété comme la conséquence des nouvelles migrations, du nord vers le sud, qui sont initiées un peu avant l'an mil. Celles-ci font par ailleurs écho aux pérégrinations mythiques qui ont précédé l'établissement des peuples du Postclassique dans différentes régions de Mésoamérique (ex. Toltèques, Aztèques, Tarasques...) ; lesquelles migrations sont relatées dans certains codices aztèques (ex. *Codex Azcatitlan* XVI^e s. apr. J.-C.) ou sous la plume de chroniqueurs (ex. Sahagún 1577, livre X : 231-301 ; Alcalá 2000 [1540]). Toutefois, affirmer l'exacte concomitance de ces mouvements de population avec la diffusion en Mésoamérique nucléaire de traits septentrionaux reste un exercice hasardeux, au regard notamment, de l'intensité des échanges à très longues distances, attestés entre les groupes préhispaniques dès le Préclassique (Rathje 1971 ; Drennan 1984 entre autres). En outre, le phénomène de récupération d'un passé prestigieux par de nouveaux pouvoirs dans un but de légitimation³³ n'implique pas forcément de filiation réelle (Obregón Rodríguez 2001).

Pour le cas du Centre-Ouest, certains chercheurs (Carot 2001, 2005 ; Hers 2005 ; Michelet 2010), sur la base de l'iconographie (décors céramiques, sculpture, et art rupestre) et, plus récemment des techniques de façonnage céramique (Jadot 2016a), avancent l'idée d'un retour

³² Le long des vallées E-O de la Sierra Madre Occidental, dans les états de Jalisco, Zacatecas et Durango. Matérialisé sur la Figure 5 par trois sites d'importance : La Quemada, Alta Vista, et le Cerro El Huistle.

³³ Comme dans le cas des Aztèques qui se revendiquaient descendants des Toltèques (Sahagún 1577) et qui ont, en conséquence, contribué à véhiculer des idées préconçues et erronées sur les anciens habitants du site de Tula (Noguez 2001).

des migrants du début de notre ère à leurs terres d'origine, sur les pourtours des bassins lacustres de la CVT. Cette proposition, aussi difficile à démontrer soit-elle, trouve un écho dans un passage de la *RM*. Il est en effet mentionné dans le texte que les Uacúsechas, arrivés du nord dans la région de Zacapu, parlent la même langue que les autochtones (Alcalá 2000 : 367 ; Michelet *et al.* 2005 : 138).

Quelle que soit la nature réelle des relations entre migrants du début de notre ère et migrants du Postclassique, ethnohistoire et archéologie prouvent que les mouvements de populations tardifs coïncident avec la croissance démographique progressive qui s'opère alors sur le Haut Plateau Central (Bassin de Mexico) et dans le Centre-Ouest (Bassin de Pátzcuaro) (Cook 1949 ; Sanders *et al.* 1979 ; Pollard et Gorenstein 1980). Elle culmine par le climax du peuplement dans ces deux zones à l'arrivée des Espagnols³⁴. Ainsi, le phénomène urbain zacapense du XIII^e siècle peut être envisagé comme inscrit dans ce processus d'essor démographique généralisé, induit pour partie par les migrations postclassiques.

2.3.1.2. Émergence de l'État et production agraire

Certains auteurs ont mis en regard cette croissance démographique postclassique avec la gestion des ressources agricoles pour expliquer l'émergence des systèmes étatiques aztèque (Sanders et Price 1968 ; Sanders *et al.* 1979), comme tarasque (Pollard et Gorenstein 1980). Ces modèles ont influencé la direction de notre travail, dans la mesure où les centres urbains du Malpaís de Zacapu sont interprétés comme les prémices de la culture tarasque (Michelet *et al.* 2005). Par ailleurs, si le modèle proposé pour le bassin Pátzcuaro nous intéresse plus intimement de par sa proximité chronologique, géographique et culturelle avec Zacapu, nous devons de présenter rapidement les études pionnières conduites dans le bassin de Mexico (Sanders *et al.* 1979) et la vallée de Oaxaca (Flannery et Marcus 1976).

- *Complexification sociale et intensification agricole : du Basin of Mexico à la Valley of Oaxaca*

En figure de proue de la *cultural ecology* (Steward 1955) dans les années 1960-70, William Sanders s'appuie sur les théories d'Esther Boserup (1965) et Robert Carneiro (1970) – entre autres – pour proposer un modèle de la complexification sociale pour le bassin

³⁴ Peu avant en réalité, lorsqu'on prend en compte la mortalité préhispanique croissante provoquée par les maladies d'origine européenne, qui tuaient bien avant l'arrivée des guerriers en armure (Lovell 1992).

de Mexico (Logan et Sanders 1976 ; Sanders *et al.* 1979). Il s'agit, grossièrement, d'une dérivée de la théorie de la capacité de charge originellement proposée par Malthus (1986 [1798]). Dans cette conception, on considère une aire géographique bornée – pour Sanders, le bassin de Mexico –, qui offre naturellement un stock fini de ressources vivrières, non extensible. Par conséquent, une population croissante exploitant ces ressources finit irrémédiablement par atteindre un seuil, au-delà duquel l'environnement n'est plus suffisant pour nourrir tout le monde. Il y a alors nécessité d'adaptation. Pour Boserup (1965), une telle situation conduit au développement d'une agriculture plus intensive. L'idée est reprise par Sanders *et al.* (1979 : 369-84), qui proposent de voir dans l'intensification agricole un moteur de la complexification sociale – à l'instar de Carneiro (1970). Dans cette perspective, l'exacerbation du stress pour l'acquisition des ressources vivrières conduit à l'intensification de la production agricole et à la mise en place de stratégies pour la gestion de ces ressources à l'échelle des communautés humaines. Pour Sanders *et al.* (*ibid.*) ces stratégies – de partage, de répartition, de coercition, *etc.* – sont à la base de la complexification sociale. Au paroxysme de ce processus se place donc l'émergence des systèmes étatiques. Il s'agit pour le bassin de Mexico de la montée en puissance de Teotihuacan au Classique ancien, et de celle de Mexico-Tenochtitlan au Postclassique récent (Sanders *et al.* 1979 : 392-95).

Dès l'origine, cette conception matérialiste ne fait pas l'unanimité. Elle est notamment largement décriée par les défenseurs d'une approche systémique, parmi lesquels Kent Flannery constitue une figure de premier plan (Flannery 1968, 1972, 1983). Dans cette perspective, l'aire géographique étudiée est perçue comme un système, au sein duquel les sociétés humaines sont des composants. Ainsi, pour Flannery et collègues – se basant notamment sur le système « vallée de Oaxaca » et s'intéressant à l'émergence du site de Monte Albán (Flannery et Marcus 1976, 1983) –, le « forçage » environnemental prôné par les *cultural ecologists* comme Sanders, n'est plus perçu comme central dans les processus de complexification sociale. La pression environnementale est relayée au rang de facteurs parmi d'autres au sein du système étudié. Sont notablement mis en avant d'autres facteurs, politiques et idéologiques (*i.e.* culturels), moteurs de rétroactions positives déséquilibrant le système vers une complexification des relations sociales.

Notons toutefois que sur le plan méthodologique les modèles du bassin de Mexico et de la vallée de Oaxaca ont été construits sur des corpus comparables. Dans un projet comme dans l'autre, les données archéologiques provenaient de prospections extensives à petite échelle (~5000 km² pour le bassin de Mexico ; ~2500 km² pour la vallée de Oaxaca), complétées par

des collectes de matériel en surface et des fouilles ciblées (Sanders *et al.* 1979 ; Flannery et Marcus 1983). Les données environnementales provenaient pour la majorité de cartographies du milieu actuel – sols, végétation, *etc.* – et d'enquêtes auprès des populations locales (Sanders *et al. ibid.* ; Kirkby 1973). Le référentiel ainsi constitué était considéré comme pertinent pour l'extrapolation à l'époque préhispanique. À la lumière de ces données, chaque projet découpa sa région en classes de terres agricoles ; *grosso modo*, « mauvaises », « moyennes » et « bonnes terres ». La classification permit d'établir des approximations de rendements et le calcul d'une capacité de charge pour chacune des deux régions. Cette dernière fut confrontée aux estimations démographiques, formulées pour chaque période sur la base des vestiges archéologiques. Dans un cas comme dans l'autre, la gestion des ressources tenait, de fait, une place centrale dans l'interprétation.

Les limites de ces modèles sont largement discutées. En effet, que l'on se place dans une perspective matérialiste – *cultural ecology* – ou culturelle – systémique –, l'incertitude des données archéologiques et la variabilité des données écologiques ne sont pas satisfaisantes pour envisager des écosystèmes aussi complexes que les deux régions étudiées par Sanders, Flannery et collègues (Morrison 1994). Le concept même de capacité de charge est remis en question, dans la mesure où cette dernière est rarement, si ce n'est jamais, atteinte (Brookfield 1984). Les modèles échafaudés au cours de ces projets n'en demeurent pas moins des outils de réflexion fondamentalement ancrés dans la recherche mésoaméricaniste. En témoigne, plus proche de Zacapu, le modèle d'émergence de l'État tarasque proposé par Helen Pollard et Shirley Gorenstein (1980).

- *Modèle d'émergence de l'État tarasque*

Comme nous l'avons évoqué plus haut (2.1.3.1), dans les années 1970 Pollard et Gorenstein conduisent une étude archéologique régionale du bassin de Pátzcuaro (Gorenstein et Pollard 1980, 1983 ; Pollard 1982). Sur la base des résultats de terrain et des données ethnohistoriques, les auteurs proposent un modèle d'émergence de l'État tarasque dans lequel la gestion des ressources agricoles est centrale.

Pollard et Gorenstein fournissent d'abord une estimation de la population du bassin au XV^e siècle et une diète hypothétique (Gorenstein et Pollard 1980, 1983 : 77-95). Elles définissent ensuite trois classes de sols agricoles en se basant sur les conditions actuelles et les pratiques culturelles traditionnelles, qu'on peut résumer comme suit : I. « sols de rives très fertiles et cultivés », II. « autres sols cultivés » et III. « sols probablement non cultivés »

(Gorenstein et Pollard 1983 : 146-7 ; Figure 7). Selon ces auteurs, les meilleurs sols sont donc globalement concentrés aux abords du lac. Elles relayent de fait la plupart des terres des pentes de la Meseta dans la troisième classe. Elles confrontent finalement les rendements potentiels du bassin – estimés au regard de l’agriculture traditionnelle – avec la diète préhispanique hypothétique. Elles concluent que la capacité de charge du bassin est insuffisante pour nourrir la population tarasque à l’apogée du royaume et implique donc le développement d’échanges à l’échelle macro-régionale.

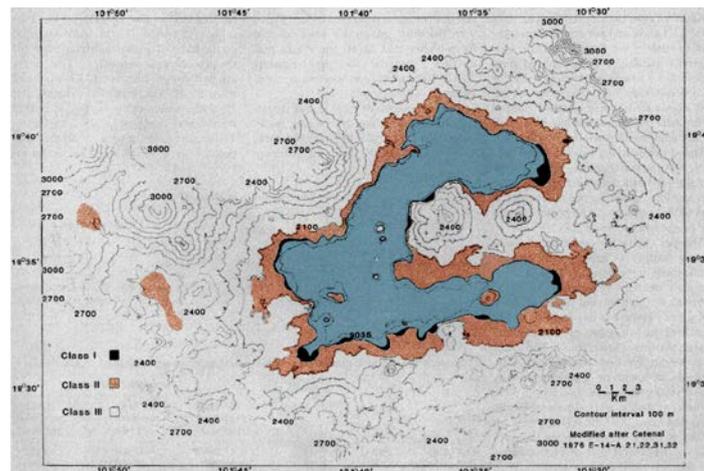


Figure 7 - Estimation de la répartition des classes de terres arables dans le bassin de Pátzcuaro au Postclassique récent (carte reprise de Pollard et Gorenstein 1980, fig. 1 : 276)
 La ligne fine à l’intérieur de l’emprise du lac en bleu symbolise le niveau actuel.

Par ailleurs, le déséquilibre population-ressources est renforcé, selon Pollard et Gorenstein toujours, par un épisode de régression lacustre se produisant au tournant entre Épiclassique et Postclassique, rapidement suivi par une phase de transgression au cours du Postclassique récent (Hutchinson *et al.* 1956, cité par Pollard et Gorenstein 1980 : 274). La baisse du niveau d’eau aurait concouru à la mise en place d’une compétition entre des élites émergentes pour l’acquisition de nouvelles terres fertiles de classe I. Par la suite, la transgression subséquente aurait entraîné l’exacerbation des tensions entre les différents groupes pour la répartition des sols agricoles.

Les travaux archéologiques et écologiques postérieurs ont permis d’affiner et de revoir certaines parties de ce modèle – dont Pollard a proposé deux versions successivement mises à jour (Pollard 1993 ; Pollard 2008). Au niveau écologique, de nouvelles études limnologiques ont permis de préciser la séquence des fluctuations du lac, notamment en estimant une augmentation du niveau de 10 à 13 m lors de la transgression postclassique (O’Hara *et al.* 1993). Au niveau humain, l’archéologie a confirmé que la phase de régression lacustre avait

bien conduit à la colonisation des zones alors émergées, dans un processus plus large d'accroissement de la population initié dès la fin du premier millénaire apr. J.-C. (Fisher 2000 ; Fisher *et al.* 2003). Cette croissance semble avoir continué au cours du Postclassique récent malgré la transgression subséquente (Pollard 2008).

En outre, à côté des explications d'ordre écologique qui prévalaient à l'origine, le modèle revu de Pollard réaffirme la place des facteurs culturels dans l'émergence de l'État. Il met notamment en avant l'importance des relations avec le Haut Plateau Central – avec Teotihuacan au Classique, puis Tula au début du Postclassique (Blanton *et al.* 1996 ; Helms 1993, cités par Pollard 2008 : 226) –, entretenues par des élites locales, qui s'affirment au cours de l'Épiclassique. Pollard y voit l'émergence de groupes alors plus nettement différenciés. Elle relève par ailleurs le caractère guerrier de ces nouveaux dirigeants – en opposition avec les meneurs religieux du Classique ancien –, reprenant ainsi les conclusions formulées par Pereira à partir de l'étude de la sphère funéraire dans la région de Zacapu (Pereira 1996, 1999, 2007). Dans cette même perspective, Pollard souligne l'apparition au Postclassique ancien de sites sur *malpaís*. Elle interprète ceux-ci comme défensifs et, par extension, comme témoignant d'une insécurité grandissante précédant l'émergence du système étatique tarasque au cours de la période suivante.

2.3.2. Zacapu au sein des dynamiques culturelles macro-régionales

« *Il [le dieu Curicaueri] commença son règne là où il arriva à la montagne appelée Virúguarapexo, proche du village de Çacapo tacánendan [Zacapu]* »³⁵
(Alcalá 2000 : 340)

S'il apparaîtrait comme une évidence à la lecture de la *Relation de Michoacán*, le positionnement du phénomène urbain zacapense du XIII^e siècle à la charnière entre les deux grands processus culturels que sont la fluctuation de la frontière nord et l'émergence de l'État tarasque, a du être démontré. Les investigations archéologiques françaises dans la région de Zacapu ont grandement contribué à cette démonstration. Elles ont mis en lumière des nouveautés faisant leur apparition avec l'urbanisation du Malpaís. Mises en regard des données concernant le reste du Centre-Nord et les régions voisines, les caractéristiques reconnues dans les centres urbains zacapenses ont ensuite pu être replacées dans les

³⁵ «El empenzó su señorío donde llegó al monte llamado Virúguarapexo, monte cerca del pueblo de Çacapo tacánendan.,,

dynamiques culturelles macro-régionales. Par extension, comme nous le verrons plus avant, c'est à la lumière de celles-ci qu'a d'abord été expliquée la colonisation tardive du Malpaís, procédant, de fait, de l'arrivée de « Uacúsechas historiques » dans la région.

2.3.2.1. *Lire la Relation de Michoacán*

Les lignes citées en ouverture de la sous-partie inaugurent les quelques huit pages de la *Relation de Michoacán* (sur plus de 300) qui relatent l'arrivée à proximité du village de Zacapu des chichimèques uacúsechas – plus tard lignage dirigeant tarasque. Si on en croit le texte (Alcalá 2000 : 340-48), le séjour de ces derniers dans le bassin de Zacapu est bref ; ne durant vraisemblablement guère plus d'une vingtaine d'années³⁶. Malgré le mariage du meneur des Uacúsechas, Hireti Ticatame, avec la sœur d'un chef local et la naissance de leur fils métis, Sicuirancha, un conflit éclate rapidement entre les nouveaux arrivants et les autochtones du village de Naranja. Rappelons que les deux parties parlent la même langue (Alcalá 2000 : 367). Lorsque Sicuirancha est jeune adulte, le meurtre de son père le décide à conduire son peuple vers le sud, dans le bassin de Pátzcuaro. Son descendant, Tariácuri, unira par la suite les groupes de ce bassin, conduisant à la construction de l'État tarasque.

Outre la *Relation*, quelques chroniques plus tardives évoquent les liens entre les bassins de Zacapu et Pátzcuaro et les ruines qui leur sont associées (Espejel 2014 et 2.1.2). Dès les premières fouilles à la fin du XIX^e siècle, l'archéologie a pour sa part permis d'établir les similitudes stylistiques qui existaient entre les cultures matérielles (ex. céramique, architecture, métallurgie) des deux bassins (Lumholtz 1987 [1902] ; Espejel 2014). Par conséquent, le rapprochement entre les centres urbains zacapenses et le premier établissement des Uacúsechas de la *Relation de Michoacán* a très – voire trop – vite été fait (Kirchhoff 1956).

De la même façon – quelque peu hâtive –, l'origine septentrionale du groupe de guerriers nomade a été assumée plus qu'attestée au regard du nom de « chichimèque », que se donnent à plusieurs reprises les protagonistes de la *Relation* eux-mêmes. Selon les ethnologues (Reyes et Odena 2001) le mot, issu du nahuatl, implique une origine du nord. Cette même provenance est aussi suggérée dans d'autres sources ethnohistoriques. Une version de l'histoire des pérégrinations des peuples mésoaméricains présente en effet *Michoaques* (Tarasques) et *Mexicas* (Azèques) comme deux ethnies parentes, originaires du même lieu mythique, localisé dans le nord du Mexique (Sahagún 1577, livre x). Par ailleurs, la *Relation* souligne

³⁶ Le fils d'Hireti Ticatame, né dans la région, est un jeune adulte quand il la quitte.

l'opposition entre les Uacúsechas, chasseurs et nomades, et les groupes qu'ils rencontrent, sédentarisés et agriculteurs (Michelet 2010). Or, il est commun dans les sources écrites du XVI^e siècle de voir les peuples évoluant au nord de la frontière de Mésoméridique associés à un mode de vie nomade (Sahagún *ibid.*).

Les recherches menées au cours des projets CEMCA ont permis d'aborder cette question avec plus de rigueur et de différencier aspects mythiques et factuels (Michelet *et al.* 1989 ; Michelet 1989, 2010 ; Michelet *et al.* 2005). Elles ont démontré par l'archéologie que le phénomène urbain zacapense constitue bel et bien les prémices de la culture tarasque et qu'il procède de l'arrivée d'une population allochtone dans la région au début du XIII^e siècle. Des doutes demeurent cependant quant à l'origine exacte des migrants.

2.3.2.2. Les nouveautés des centres urbains zacapenses

La construction des centres urbains du Malpaís de Zacapu est couplée de l'apparition de nouveautés qui tranchent avec les époques précédentes. À l'occasion de la XXVI^{ème} Table Ronde de la Société Mexicaine d'Anthropologie tenue en 2001 à Zacatecas, Michelet, Pereira, et Migeon procèdent à une première synthèse de ces nouveautés (Michelet *et al.* 2005) :

- 1) l'organisation urbaine contre des établissements à habitat dispersé aux époques précédentes ;
- 2) l'absence de structuration spatiale des maisons autour de *patios*, patron qui constituait la norme auparavant ;
- 3) l'apparition de grandes structures quadrangulaires ou « grandes maisons » non résidentielles, tout à fait inédites, se plaçant au cœur des zones civiques ;
- 4) le plan rectangulaire des soubassements pyramidaux, s'opposant au plan carré des temples plus anciens ;
- 5) l'absence de terrain de jeu de balle, plusieurs fois documenté dans les sites classiques ;
- 6) l'apparition d'un type de parement décoratif pour les monuments de prestige constitué de petites dalles (*lajas*) ;
- 7) l'usage de structures de stockage ;
- 8) une nécessité de protection plus forte qu'auparavant, reflétée par la position des sites sur *malpaís* et la construction de murs interprétés comme défensifs ;

- 9) la résurgence de décors céramiques à la peinture blanche au négatif et, dans une moindre mesure, de représentations zoomorphes, qui présentent des similitudes avec des exemples du Classique ancien (phase Loma Alta et *a fortiori* culture Chupícuaro), mais ayant été abandonnés pendant tout l'Épiclassique ;
- 10) la fabrication de pipes en céramique ;
- 11) la généralisation de l'usage de lames prismatiques en obsidienne de fabrication régionale, alors qu'elles n'étaient auparavant qu'importées et qu'on leur préférait des outils sur éclats ;
- 12) la pratique d'enterrements plus simples que les tombes collectives et cistes de l'Épiclassique ;
- 13) l'usage répandu d'inhumer certains défunts au pied des pyramides ;
- 14) la réhabilitation de l'incinération, pratiquée au Classique ancien mais abandonnée à l'Épiclassique – bien que les exemples restent exceptionnels au Postclassique ;
- 15) l'absence probable de marquage des tombes ;
- 16) et la nette récession de la pratique répandue au Classique des déformations crâniennes.

Dans la discussion, les auteurs mettent en regard ces éléments et l'apparente poussée démographique associée à la création des sites urbains au Postclassique moyen (Michelet *et al.* 2005 : 150). Ils en concluent que l'apparition de ces sites correspond bien à l'arrivée d'une population allochtone ; non pas d'un petit groupe de nomades, mais d'une population conséquente d'agriculteurs sédentaires aguerris. Ils notent cependant une certaine continuité avec les phases antérieures – notamment au travers de la permanence de certains types céramiques (Michelet *et al. ibid.* : 144) – et soulignent l'absence de différenciation sociale importante ou d'une hiérarchisation/centralisation du pouvoir. Autant d'éléments qui les amènent à proposer l'hypothèse d'un regroupement entre les nouveaux arrivants et les locaux au sein des centres urbains.

Ces interprétations demeurent globalement valides à l'heure actuelle, bien que certains points aient été revus à la lumière des résultats du projet Uacúsecha. Ainsi, au niveau spatial, l'étude des centres par Forest (2014) y dévoile une hiérarchie sociale plus complexe qu'elle n'avait été originellement perçue, matérialisée par une concentration des habitats d'élite autour d'espaces civiques polarisants. Au niveau matériel, le travail de Jadot (2016a)

démontre la faible probabilité d'une évolution *in situ* des décors céramiques entre Postclassique ancien et moyen, tout en soulignant l'ancrage technique sur la durée du façonnage au colombin. Selon cette auteur, leur parenté éloignée pourrait expliquer la proximité qu'elle constate dans le bagage technique des potiers locaux (i.e. producteurs des types céramiques apparaissant au Postclassique ancien ou avant) et de ceux nouvellement arrivés (i.e. producteurs des types du Postclassique moyen) (Jadot *ibid.* 533-535).

2.3.2.3. Zacapu et la fluctuation de la frontière nord

En ce qui concerne la place de la région de Zacapu dans les mouvements de population vers et depuis la Mésoamérique nord-occidentale, l'archéologie ne fournit en définitive que de maigres indices.

Le premier réside dans l'existence d'un hall à colonnes, édifié au Postclassique ancien sur le site de San Antonio Carupo, à une vingtaine de kilomètres au nord-ouest du Malpaís sur le versant méridional du Lerma (Faugère 1991, 1996) (Figure 8). Dans la mesure où ce type d'architecture est caractéristique de l'aire culturelle Chalchihuites, il a été proposé que celui-ci puisse refléter l'arrivée d'une population d'origine septentrionale dans la région à cette époque (Faugère 1991). Néanmoins, il s'agit d'un exemple unique pour la zone, dont la datation au Postclassique ancien n'est pas assurée et dont l'existence pourrait, plus prosaïquement, être le fruit de simples contacts. De la même manière, notons que des exemples similaires, mais plus anciens – épiclassiques –, ont été identifiés sur les sites proches du Cerro Barajas (Pereira *et al.* 2005 : 132) (Figure 8).

La céramique – ou plus largement l'iconographie – constitue un second indice plus probant. En effet, on note tout d'abord l'existence de décors au négatif sur les sites du Cerro Barajas³⁷ (Migeon et Pereira 2007 ; Pereira 2013) et plus tard à San Antonio Carupo³⁸ (Faugère 1991), qui reflètent une fois de plus les liens potentiels entre ces régions situées au nord du Malpaís et la Mésoamérique nord-occidentale. Par ailleurs, certains décors du Cerro Barajas se rapprochent aussi de ceux usités au Classique ancien à Zacapu, dans les sites de la phase Loma Alta³⁹ (Pereira 2013 : 61). Pereira voit donc dans les sites de Barajas un « pont » entre les traditions du Centre-Nord et celles de Mésoamérique nord-occidentale (Pereira

³⁷ Types *Huizache* et *Lechugilla rojo/naranja negativo*.

³⁸ Type *Carupo rojo con negativo*.

³⁹ Notamment la relation entre le type *Huizache rojo/bayo negativo* de Barajas (Pereira 2013) et le type *Tres Palosrojo sobre crema y negativo* de la phase Loma Alta (Arnauld *et al.* 1993 ; Carot 2001).

ibid.). Les recherches en cours⁴⁰ indiquent, en outre, qu'il existait un lien entre cette zone de Barajas et l'ouest de notre fenêtre d'étude dès l'Épiclassique, au travers des productions retrouvées sur le site nouvellement découvert du Cerro de Las Flores (Mich. 416) (Castañeda 2018 ; voir 7.2.5).

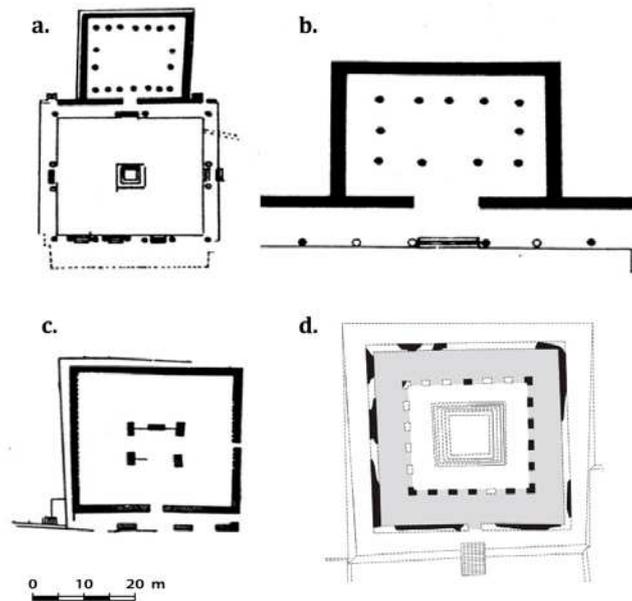


Figure 8 - Comparaison de différents halls à colonnes identifiés dans l'aire Chalchihuites (a. et b.), sur le versant méridional du Lerma (c.) et sur le Cerro Barajas (d.) (modifié d'après Faugère 1991, fig. 6 : 57).

- a. Alta Vista, Zacatecas (Kelley 1976 : 25, *in* Hers 1989)
- b. La Quemada, Zacatecas (Guillemain Tarayre 1867, Fig. 10, *in* Hers 1989)
- c. San Antonio Carupo, Michoacán (issu de Faugère 1991)
- d. Cerro Barajas, Guanajuato (issu de Pereira 2008, fig. 4 : 104).

Comme nous l'avons évoqué, dans les centres urbains mêmes au Postclassique moyen, la céramique retrouvée semble renouer avec ces traditions décoratives héritées du Classique ancien (Michelet *et al.* 2005 ; Carot 2005 ; Jadot 2016a). Il s'agit des décors à la peinture blanche et négatif et les thèmes zoomorphes qui ornent les vases du groupe MALPAÍS et qui s'inscrivent dans des traditions développées près d'un millénaire plus tôt au sein du groupe TRES PALOS de Loma Alta (Arnauld *et al.* 1993 ; Carot 2001, 2005). Autant d'éléments largement abandonnés durant l'Épiclassique et le Postclassique ancien au profit de décors incisés (Michelet 2013). Ainsi, plusieurs auteurs (Carot 2001, 2005 ; Michelet *et al.* 2005 ; Carot et Hers 2011 ; Jadot 2016a) voient dans la résurgence de décors céramiques du Classique ancien dans le Malpaís de Zacapu au Postclassique moyen, une possible expression du retour de populations à leur terre d'origine, après une migration originelle vers la Mésoamérique nord-occidentale plusieurs siècles auparavant. Une telle hypothèse s'inscrit de

⁴⁰ Notamment la thèse de doctorat d'Alejandra Castañeda, en préparation.

fait dans le phénomène de fluctuation de la frontière nord-occidentale de Mésoamérique (cf. 2.3.1.1).

Au regard des éléments présentés ci-dessus, il est proposé qu'une partie des populations qui peuplent le Malpaís de Zacapu au XIII^e siècle puissent trouver leur origine dans les zones du versant méridional du Lerma et du Cerro Barajas (Michelet *et al.* 2005). Celles-ci sont en effet en grande partie dépeuplées quelque temps avant l'urbanisation du Malpaís – entre 950 et 1000 apr. J.-C. pour le Cerro Barajas (Pereira *et al.* 2005) et autour de 1200 apr. J.-C. pour le Versant Lerma (Faugère 1996 ; Arnauld et Faugère 1998). Toutefois, en l'absence d'expression claire dans ces deux régions de l'ensemble des nouveautés observées dans les centres urbains, Michelet *et al.* (2005) estiment qu'une partie des migrants vient nécessairement de régions plus éloignées. Ils proposent la Mésoamérique septentrionale.

2.3.2.4. Zacapu et l'émergence de l'État tarasque

L'archéologie et l'histoire officielle rapportée par la *Relation de Michoacán* divergent sur certains points, mais se retrouvent sur d'autres. Parmi les nouveautés mises au jour dans les centres urbains zacapenses (voir *supra*), certaines constituent des traits typiquement tarasques et attestent donc du caractère pré-tarasque des migrants qui colonisent le Malpaís au XIII^e siècle. Il s'agit notamment des pipes (Porter Noé 1948 ; Pollard 1993 : 217-220), des décors céramiques (Pollard 1993 : 200-227 ; Jadot 2016a), des parements décoratifs en *lajas* (constatés sur les pyramides de Tzintzuntzan par exemple [Pollard 1993]), des inhumations au pied des pyramides (attestés par les sources ethnohistoriques [Puaux 1989 : 203]), ou encore des « grandes maisons » (qui font écho aux maisons de réunion mentionnées dans la *Relation*). Ceci étant, ces « Uacúsecha historiques » – si l'on peut qualifier ainsi les bâtisseurs des centres urbains du Malpaís de Zacapu – sont en réalité bien plus nombreux et bien mieux rodés à la vie sédentaire que le petit groupe de nomades décrit dans la *Relation* (Michelet *et al.* 2005). Ainsi, comme sa vocation d'éducation des élites et de légitimation du pouvoir en place le laissait supposer, le texte a pris des libertés avec la réalité (Espejel 2008).



Figure 9 - Détail du parement décoratif en *lajas* à Ihuatzio (bassin de Pátzcuaro) à gauche (crédit photo : G. Migeon) et à Zacapu (Mich. 319).

Outre la démonstration de la filiation entre Tarasques du bassin de Pátzcuaro et habitants du Malpaís de Zacapu au Postclassique moyen, il reste difficile d’aller plus loin en ce qui concerne la nature des rapports entre les deux zones. La raison principale est le sévère manque de connaissances dont nous disposons sur la période d’apogée tarasque (ou phase Tariácuri, 1450-1532 apr. J.-C.) dans la région de Zacapu (Michelet *et al.* 2005 : 142 et voir 2.2.3.3). Réciproquement, le même constat peut être formulé au regard des connaissances disponibles pour le Postclassique moyen dans le bassin de Pátzcuaro⁴¹ (Pollard 2008). Ainsi, s’il est séduisant de penser que l’abandon des centres urbains zacapenses au début du XV^e siècle est la conséquence du départ des populations arrivées à peine 200 ans auparavant vers le bassin voisin de Pátzcuaro pour y fonder l’État tarasque, nous ne possédons à ce jour aucun indice solide nous permettant de le prouver.

Ce que nous savons *a contrario* c’est que le bassin de Zacapu présente au premier abord des caractéristiques écologiques assez similaires à celles du bassin de Pátzcuaro. Il s’agit d’un bassin lacustre ceint par des édifices volcaniques récents. Ainsi, au regard de l’importance qui est donnée à la compétition autour des ressources dans l’émergence de l’État tarasque (Pollard et Gorenstein 1980 ; Pollard 2008 ; voir 2.3.1.2), il est légitime de se demander si l’écologie n’a pas pu tenir une place similaire à Zacapu et contribuer *de facto* à l’abandon des centres urbains.

⁴¹ Bien que les travaux en cours sur le site d’Angamuco (Cohen 2016 ; Fisher *et al.* 2017) dans le bassin de Pátzcuaro présage de nombreuses découvertes.

2.3.3. La colonisation tardive du Malpaís : nécessité de protection ou désespoir de cause ?

L'urbanisation du Malpaís de Zacapu procède de l'arrivée d'une ou plusieurs population(s) exogène(s), probablement issue(s) de régions localisées au nord de celui-ci, et plus largement de Mésoamérique nord-occidentale. Elles apportent un grand nombre de nouveautés ; à commencer par une transformation fondamentale de la structure de l'habitat, en adoptant un mode de vie urbain. Pourtant, à peine 200 ans après leur construction, les quatre centres du Malpaís sont massivement abandonnés, possiblement au profit du bassin de Pátzcuaro voisin.

Avant ce phénomène, et mise à part la colonisation timide de sa frange sud au Postclassique ancien, le Malpaís de Zacapu était virtuellement désert. C'est du moins ce que laissait supposer l'état des connaissances avant 2013. Rappelons les deux points que cet état des lieux nous a permis de souligner à l'initiation de notre travail. D'une part, il y avait une nette opposition entre la faible occupation du nord du Malpaís avant la construction des centres et l'explosion démographique de la zone associée à l'urbanisation. D'autre part, il existait un contraste entre les centres urbains mêmes et leurs environs directs, qui demeuraient quasiment déserts dans l'état de nos connaissances avant 2013.

Comment expliquer de tels contrastes ? Les archéologues avant nous ont tenté de répondre à cette question ; avant tout en considérant la place de Zacapu dans les dynamiques culturelles macro-régionales exposées ci-dessus (2.3.2). Deux hypothèses ont été proposées plus ou moins explicitement. La première mettait en avant l'aspect défensif du Malpaís (2.3.3.1) ; la seconde, son intérêt agronomique limité (2.3.3.2). Grossièrement, on aurait colonisé le Malpaís pour se protéger et/ou en désespoir de cause, car il constituait alors le dernier espace disponible du bassin.

2.3.3.1. L'hypothèse défensive

L'insécurité croissante et le besoin de protection constituent des *leitmotive* dans les travaux sur le Postclassique. Ils font échos aux sources ethnohistoriques qui regorgent d'épisodes violents précédant l'émergence des systèmes étatiques aztèque (Obregón Rodriguez 2001) et tarasque (Alcalá 2000 ; Pollard 1993). Comme nous l'avons entrevu, l'archéologie tend à confirmer ce sentiment d'insécurité généralisé. Il se matérialise par l'apparition en Mésoamérique nucléaire d'éléments qui reflètent la diffusion d'un paradigme guerrier, hérité d'idéologies formalisées en Mésoamérique septentrionale (Hers 1989 ; cf. 2.3.1.1).

Dans cette veine, la première explication donnée au peuplement tardif du Malpaís de Zacapu est la défense. Bien qu'évoquée rapidement, l'hypothèse est clairement formulée par Michelet *et al.* (2005 : 144) dans leur synthèse des nouveautés qui apparaissent au Postclassique moyen avec les centres urbains (2.3.2). Dans ce travail, les auteurs considèrent que ces sites tardifs « manifestent, peut-être plus que par le passé, une préoccupation pour la protection d'éventuelles attaques d'ennemis »⁴² (Michelet *et al. ibid.* : 144, traduction de l'auteur). La thèse est ensuite peu étoffée. Michelet *et al.* assument ainsi le caractère naturellement défensif des *malpais* et mentionnent à titre d'exemples les renforcements que constituent les terrasses du site de Mich. 31 (Malpaís Prieto) et l'existence d'un refuge fortifié sur le site annexe de Mich. 68.

L'hypothèse est par ailleurs suggérée dans d'autres publications, notamment dans les travaux de Migeon (1991) sur les schémas d'établissement de la zone Sierra. Cet auteur note le déplacement progressif des populations entre l'Épiclassique et le Postclassique moyen, depuis les rives de l'ancien lac vers les « versants bas » et les « lieux plus élevés (en position défensive) » (Migeon 1998 : 38 ; Migeon 2016 : 109). Le même caractère défensif est souligné pour la partie sud du centre urbain de Las Milpillas (Mich. 96) (Migeon 2016 : 110). Plus généralement, cet auteur pointe la recherche de « position dominante » comme facteur déterminant dans la sélection de sites d'installation par les groupes préhispaniques (Migeon 1991 : 530-31). Il précise néanmoins qu'outre le caractère défensif, la valeur ostentatoire de telles positions rentre aussi dans l'équation. L'idée de protection associée à l'établissement sur *malpaís* est aussi mise en avant par Pollard pour le Postclassique du bassin de Pátzcuaro (Pollard 2008 : 226).

⁴² [...]“los sitios tardíos manifiestan, tal vez más que en el pasado, una preocupación por protegerse de eventuales ataques de enemigos.,,

L'idée sous-jacente est que la nécessité de protection ne se faisant réellement sentir qu'à partir du Postclassique, le Malpaís de Zacapu n'aurait constitué un espace stratégique qu'à partir de cette période ; expliquant ainsi son occupation limitée pendant les phases antérieures. Comme nous l'avons vu, Michelet *et al.* (2005) parlent pour la période d'ennemis potentiels desquels les habitants des centres urbains chercheraient à se protéger. Ces ennemis sont-ils des autochtones – comme la lecture de la *Relation de Michoacán* le laisse supposer (Alcalá 2000 : 344) ? Sont-ils des nomades – venus faire des raids depuis le nord, comme il a été documenté ailleurs (Beaumont 1932) et brièvement suggéré pour expliquer la relative fortification des sites du Versant Lerma⁴³ (Faugère 1996 : 134-40) ? Existe-t-il des conflits entre les centres mêmes ?

Ces interrogations ont motivé notre entreprise de révision de l'évolution des schémas d'établissement postclassiques autour des centres urbains. La question que nous nous posons plus généralement est de savoir si la nécessité de protection correspond à une réalité et si elle n'est en effet exprimée clairement qu'au Postclassique. En outre, notre travail de thèse a été entrepris peu après la révision du site de Mich. 34-70, localisé sur une île du paléolac par Darras et Déodat (voir Pereira 2012) et dont l'occupation avait été estimée entre les phases Palacio et Milpillas. L'ampleur jusqu'alors sous-estimée de cet établissement méritait selon les auteurs une vérification approfondie, pour évaluer son potentiel en tant que concurrent autochtone des centres urbains (Darras n.d., comm. pers.).

2.3.3.2. L'hypothèse écologique

La seconde explication à la colonisation tardive du Malpaís est son apparente inhospitalité. Toutefois, cette hypothèse n'a été énoncée qu'implicitement. Les seuls jugements de valeur que nous avons relevés apparaissent chez Michelet (1998 : 47), qui qualifie le Malpaís de « surface inhospitalière »⁴⁴, et dans les mêmes termes chez Pereira (2007 : 379). Cependant, ces auteurs s'expriment alors avec un regard contemporain pour décrire la localisation des centres urbains et n'insinuent pas que ce constat reflète la perception préhispanique. Ce regard porté est pourtant révélateur d'une tendance actuelle à la dépréciation du Malpaís – ou plus largement des *malpaises* –, vraisemblablement héritée de la vision occidentale qui a été portée sur ces espaces dès l'époque coloniale (*cf.* 2.1.1.2).

⁴³ Faugère ne fait qu'évoquer l'insécurité sans l'identifier clairement. Son hypothèse, pour le Postclassique ancien, est plutôt la cohabitation pacifique entre nomades et sédentaires. La possibilité d'une exacerbation des tensions est suggérée pour le Postclassique moyen-récent, mais plutôt au regard d'un phénomène plus généralisé touchant l'Occident comme le Haut Plateau Central et surtout corroboré par l'ethnohistoire.

⁴⁴ « superficie inhóspita »,

Cette dépréciation se ressent dans les travaux archéologiques, bien qu'elle ne serve jamais d'argument dans l'interprétation. À cet égard, soulignons les efforts de Migeon qui, dans la même veine que Pollard et Gorenstein (1980, 1983), propose une brève reconstruction de la démographie de la zone Sierra de Zacapu au Postclassique moyen à partir d'une estimation du potentiel agricole (Migeon 1991, 1998, 2016). Dans ce travail, Migeon considère les rives du paléolac et les versants bas comme les zones présentant le potentiel agronomique le plus élevé (Migeon 2016 : 116)⁴⁵. Les terres du Malpaís sont présentées comme intéressantes, car susceptibles d'accueillir des jardins cultivés de façon intensive, mais sont somme toute marginales, car réduites et confinées entre des affleurements nombreux.

Notons que l'idée n'est pas seulement que le Malpaís est perçu comme moyennement intéressant au niveau agronomique, mais plus largement qu'il est assumé que les meilleures terres sont celles des abords du paléolac. Une conception similaire transparaît dans le travail susmentionné de Gorenstein et Pollard (1980, 1983). Comme nous l'avons évoqué (2.3.1.2), ces auteurs considèrent que les terres les plus fertiles sont celles qui jouxtent le lac de Pátzcuaro, notamment car elles sont irrigables (Gorenstein et Pollard 1983 : 146-47). Rappelons à ce titre que ces mêmes terres sont à l'origine de la compétition agricole qui, selon ces auteurs, touche le bassin à l'Épiclassique puis au Postclassique.

Ainsi, pour revenir à Zacapu, l'idée sous-jacente est la suivante : l'un des facteurs de la colonisation tardive du Malpaís est que les terres qui s'y trouvent sont moins intéressantes pour les groupes préhispaniques, car moins faciles à mettre en culture. À plus forte raison – et même si cette proposition n'est jamais énoncée –, ce constat suggère que la nouvelle population qui colonise le Malpaís au XIII^e siècle, s'y installe presque en désespoir de cause ; toutes les meilleures terres autour du lac et sur les versants bas étant déjà exploitées par les autochtones.

Ainsi, au-delà de la révision du peuplement de la zone, l'autre question que nous nous posons est de savoir si cette dépréciation du Malpaís constitue une réalité préhispanique ou, au contraire, un *a priori* plus tardif. *A fortiori* nous voulons savoir s'il y a réellement une pression pour la gestion des ressources agraires. Ces questions sont légitimes, notamment au regard de l'engouement qui tourne généralement autour du topique de l'irrigation agricole dans la littérature anthropologique. En effet, la possibilité d'irrigation a été mise en avant à

⁴⁵ “ las orillas y las vertientes bajas, muchas niveladas, entre 1980 y 2050 metros de altura, constituyen la zona con el potencial agrícola más fuerte. En los malpaíses, las numerosas “joyas” y los “jardines o huertas” sobre pequeña terrazas, permitían una horticultura poco extensa, pero intensiva. „

Páztcuaro (Gorenstein et Pollard 1980, 1983 ; Fisher *et al.* 1999), mais aussi dans le bassin de Mexico (Sanders *et al.* 1979). À plus forte raison, elle a plusieurs fois été considérée en anthropologie comme la résultante d'une stratégie de gestion des ressources de type *top-down*, où l'élite gèrerait le développement des ouvrages hydrauliques (Wittfogel 1957). Cette thèse a toutefois été largement remise en question, notamment dans le cas de la vallée de Oaxaca (Blanton 1978 ; Blanton *et al.* 1982 ; Flannery et Marcus 1983).

2.3.3.3. Objectifs de la présente étude

Que le Malpaís de Zacapu puisse par endroit être considéré comme naturellement défensif, cela ne fait aucun doute. Quiconque y a mis les pieds le sait ! Que ce soit là la principale raison de sa colonisation tardive, cela nous semble moins évident. Si l'hypothèse peut être défendue en ce qui concerne les coulées de lave les plus « protectrices », elle n'aide en rien à comprendre pourquoi les environs du Malpaís sont eux aussi quasiment déserts avant le XIII^e siècle. *A fortiori*, nous pensons que l'hypothèse qui se surimpose d'une dépréciation de cet espace « hostile » avant son urbanisation, n'est pas très solide. Sans même aller sur le terrain, il suffit de jeter un œil à la carte pédologique de la région (DETENAL 1979a) pour constater l'omniprésence des sols volcaniques autour de celui-ci, connus de tout un chacun pour leur grande fertilité (Bardintzeff 2002).

En résumé, aucune des deux hypothèses implicitement proposées jusqu'ici pour expliquer le peuplement tardif n'était réellement satisfaisante. Plus prosaïquement, les connaissances manquaient sur la question de l'occupation dans la partie nord du Malpaís et ses environs. Enfin, nous avons constaté d'apparentes lacunes dans la mise en regard de l'environnement du Malpaís avec l'occupation humaine. À plus forte raison, nous avons noté une tendance à mettre en exergue les avantages agricoles des rives du paléolac, au détriment du potentiel du Malpaís. C'est donc pour toutes ces raisons que nous avons échafaudé la problématique déjà mentionnée pour guider notre étude :

— Que peut-on déduire des dynamiques territoriales entre le VII^e et le XV^e siècle en étudiant l'appropriation des espaces pour la mise en culture ?

Il nous a semblé logique d'aborder la question au travers d'une double approche ; à la fois archéologique et environnementale. Par l'archéologie, et plus précisément par une approche d'archéologie spatiale, nous serions en mesure de mieux comprendre l'occupation humaine de la frange nord du Malpaís et de ses environs, tant avant qu'après son urbanisation. En

parallèle, nous avons estimé qu'en étudiant l'environnement du Malpaís, nous pourrions proposer une réévaluation de son potentiel agronomique et, en conséquence, juger du bien-fondé – ou non – de sa dépréciation. C'est donc tout naturellement que nous nous sommes orientés vers l'étude des sols.

Comme nous l'avons déjà mentionné (2.1.1.2), nous ne pouvions raisonnablement pas embrasser l'intégralité du Malpaís. C'est pourquoi nous avons limité notre fenêtre d'étude à sa frange nord. Sur le plan archéologique, c'est dans cette zone que la nécessité d'une révision de l'occupation humaine était la plus pressante. Par ailleurs, les études antérieures avaient souligné la dichotomie, tant géographique que culturelle, entre les trois centres du nord (El Infiernillo [Mich. 38], Las Milpilllas [Mich. 95-96] et Malpaís Prieto [Mich. 31]), formant une entité, et celui du sud (El Palacio [Mich. 23]), en constituant une seconde (Migeon 1998). Sur le plan environnemental, la fenêtre offrait en outre une vision de la diversité écologique allant du bassin lacustre aux hautes terres. Elle nous permettait de fait de comparer les avantages et inconvénients des deux milieux dans une perspective d'agriculture préhispanique.

Nous nous sommes donc fixé deux objectifs principaux :

- 1) réviser la carte archéologique aux alentours des centres urbains postclassiques – toutes époques confondues –, en mettant l'accent sur les vestiges ténus, à caractère agraire probable ;
- 2) étudier la pédologie aux échelles locale et microrégionale pour mettre en regard les qualités des sols avec les pratiques agricoles préhispaniques.

De ces deux grands objectifs, fondamentalement pragmatiques, ont découlés des questionnements secondaires que nous développerons dans le corps de ce travail. Toutefois, nous souhaitons souligner ici l'importance que revêtait pour nous, dès l'origine, la question de l'appropriation des espaces cultivables et ses répercussions sur la territorialité. Cette question intéressait plus spécifiquement les centres urbains qui, en qualité de consommateurs, nécessitaient un *hinterland* pour subvenir aux besoins de leur population citadine (Trigger 1972). En conséquence, nous avons aussi mûri l'idée d'estimer la densité de population avant et pendant le phénomène urbain, afin de juger de la pression potentielle autour des ressources agraires.

Par extension, nous nous sommes retrouvé ici à toucher à des problématiques chères à l'archéologie mésoaméricaniste. Néanmoins, nous n'avons pas ambitionné de proposer une reconstruction de l'envergure de celles réalisées dans les bassins de Pátzcuaro, Mexico ou dans la vallée de Oaxaca. Les données disponibles n'étaient pas suffisantes, ni pour être extrapolées de manière pertinente à l'ensemble du bassin de Zacapu, ni par extension pour proposer des modèles culturels aussi ambitieux que ceux présentés ci-devant (2.3.1.2). D'évidentes lacunes ne pouvaient être outrepassées, notamment en ce qui concernait – et concerne toujours – nos connaissances de l'occupation préhispanique au sud et à l'est du bassin. Toutefois, au regard de ces investigations pionnières, nous avons eu l'avantage de la finesse des données. Si elles étaient très loin de couvrir des échelles semblables (81 km² pour notre fenêtre contre plusieurs centaines à milliers), elles étaient disponibles avec une précision très supérieure – et que nous avons augmenté – sur les plans :

- 1) archéologique, de par la quantité des prospections, des collectes de matériel et la densité des espaces fouillés dans la zone ;
- 2) environnemental, de par le riche bagage de données disponibles (voir chapitre 3) et nos investigations ;
- 3) mais aussi technologique, de par la possibilité que nous avons aujourd'hui de mettre à profit les outils que sont les systèmes d'informations géographiques (SIG) et l'imagerie numérique (MNT, LiDAR et modélisations informatiques).

Ainsi, nous avons pris exemple sur les méthodologies, les réflexions et les débats issus des projets pionniers de Mexico, Oaxaca et Pátzcuaro pour structurer notre propre méthodologie (*cf.* chapitre 5) et orienter notre étude de la gestion des ressources en sols et en eau à Zacapu.

En résumé, nous tentons de mettre en exergue les avantages et les limites agricoles du Nord du Malpaís de Zacapu pour apporter une nouvelle lecture de l'histoire des sociétés préhispaniques qui ont choisi de l'habiter il y a plusieurs siècles. Avant d'entrer dans le vif du sujet et de présenter la méthodologie et les résultats de nos opérations de terrain (chapitres 5, 6 et 7), puis de les discuter (chapitres 8 et 9), nous revenons sur les données environnementales dont nous disposons (chapitre 3), ainsi que sur l'état de nos connaissances en ce qui concerne l'archéologie de la subsistance dans les Hautes Terres centrales du Mexique et à Zacapu (Chapitre 4).

3. ENVIRONNEMENT DE LA RÉGION DE ZACAPU

« De temps à autres, une vue s'ouvrait sur le pays autour de Zacapu, loin en contrebas, comme un grand marais rempli de lagunes. Zacapu elle-même ("Lieu des pierres", en référence à la grande et antique coulée de lave voisine) est une charmante ville ensoleillée qui jouit d'une excellente source, de laquelle une courte rivière, claire comme le cristal, s'écoule doucement dans un bassin sur lequel se laissent porter une grande variété d'oiseaux aquatiques, aussi intrépides que dans un parc.»⁴⁶

Lumholtz 1987 [1902] : 425-426

Notre travail se concentre sur l'étude des sols et sur la gestion de l'eau dans une perspective agricole. Ce choix s'explique par l'importance des sols pour la culture des plantes, mais également par la place importante qui leur est accordée actuellement dans les sociétés indigènes du Mexique (Barrera-Bassols et al. 2006a et 2006b), et qui découle très probablement de paradigmes préhispaniques (Williams 2006). Toutefois, les sols ne constituent qu'une partie d'une dynamique complexe qui s'opère continuellement au sein d'un écosystème donné, et dans laquelle l'eau tient un rôle essentiel.

Bien au-delà de la description bucolique faite par Carl Lumholtz en chemin pour fouiller le site d'El Palacio, les caractéristiques environnementales de la région de Zacapu sont relativement bien connues, avec une plus grande précision notable pour le bassin. Les informations sont pour une bonne part le fruit d'un intérêt assez précoce que l'État mexicain a porté sur son patrimoine écologique. Cet intérêt s'est notamment concrétisé dès les années 1960-1970 par l'élaboration de cartographies au 1:1 000 000^e, 1:250 000^e et 1:50 000^e. Ainsi l'*Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática* (INEGI) – anciennement *Dirección de Estadística del Territorio Nacional* (DETENAL) – centralise et met en libre accès

⁴⁶ "Once in a while a view opened out over the country around Zacapu far below like a large swamp full of lagoons. Zacapu itself ("Place of stones", alluding to the great, ancient lava flow near by) is a charming, sunny town, blessed with a fine spring, the source of a short but crystal clear river that passes slowly into a pond on which many varieties of water-fowl disport themselves as fearlessly as in a park".

depuis 1983 de nombreuses données⁴⁷. Dans cette perspective cartographique, le territoire mexicain a fait l'objet d'un découpage calé sur la grille UTM. Chaque tuile UTM a été divisée en 12 zones de 35x28 km, qui correspondent à l'emprise des cartes produites au 1 : 50 000^e (INEGI 1992). À cette échelle cependant, les cartes n'ont été réalisées ni pour toutes les thématiques, ni pour toutes les zones (le Michoacán à lui seul en compte déjà une centaine). Au 1 : 50 000^e, la partie ouest du bassin de Zacapu – codée E14A11 – bénéficie de deux cartes topographiques (DETENAL 1977 et INEGI 1998), d'une carte pédologique (DETENAL 1979a) et d'une carte géologique (DETENAL 1978). Parallèlement, d'autres organismes gouvernementaux et privés fournissent des données spatiales ou environnementales, comme la *Comisión Nacional del Agua* (CONAGUA)⁴⁸ ou le *Servicio Geológico Mexicano* (SGM).

Par ailleurs, des investigations spécifiques ont été entreprises dans le Centre-Nord du Michoacán et le bassin de Zacapu. Nous pouvons d'ores et déjà noter les études réalisées en parallèle des investigations archéologiques au cours des projets français du CNRS–MAEE–CEMCA, Michoacán I (1983-1987) et II (1988-1989) (Michelet 1992 ; Arnauld *et al.* 1993 ; Pétrequin 1994 entre autres), les analyses paléolimnologiques menées depuis les années 1990 par des chercheurs britanniques et mexicains (Metcalf 1995, 2006 ; Metcalf *et al.* 2000 ; Leng *et al.* 2005 ; entre autres), ou encore les travaux récents en géologie entrepris par une équipe de l'Université Nationale Autonome de Mexico (UNAM) (Siebe *et al.* 2012 ; Kshirsagar *et al.* 2015, 2016 ; Reyes Gúzman *et al.* 2018 ; Mahgoub *et al.* 2018).

Le présent chapitre s'attache à présenter les caractéristiques de l'environnement du Nord-Ouest du bassin de Zacapu qui nous ont permis de constituer un cadre d'interprétation aux données archéologiques.

⁴⁷ L'INEGI propose des données concernant les ressources naturelles (la géologie, la topographie, la pédologie, l'utilisation potentielle du sol, l'hydrologie, l'humidité potentielle, l'utilisation des sols et la végétation, les zones insulaires et la climatologie) et certains aménagements humains (zones urbaines et rurales, entités administratives, cadastre...).

⁴⁸ Anciennement *Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos* (SARH).

3.1. GÉOLOGIE

Plusieurs investigations successives fournissent des connaissances solides sur la géologie de la région de Zacapu. À la fin des années 1970, l'INEGI a en effet publié deux cartes de référence au 1 : 50 000^{ème}. La première couvre l'ouest du bassin de Zacapu (1978) ; la seconde, la zone directement adjacente au nord d'Angamacutiro (1979b), qui correspond grossièrement au versant méridional du Lerma. Peu après, à la suite de sa thèse sur la Ceinture Volcanique Transmexicaine (Demant 1981), Alain Demant a réalisé une étude focalisée sur la géologie du bassin de Zacapu dans le cadre du projet Michoacán étape I (1983-1987) (Demant 1992). Enfin, depuis le début des années 2010, une équipe de la UNAM dirigée par Claus Siebe a relancé un ambitieux projet de caractérisation et de datation des édifices volcaniques du bassin de Zacapu (Siebe *et al.* 2012, 2014 ; Chevrel *et al.* 2015, 2016 ; Kshirsagar *et al.* 2015, 2016 ; Reyes Gúzman *et al.* 2018 ; Mahgoub *et al.* 2018).

Nous commençons par une présentation rapide de la géologie du Centre-Nord (3.1.1) avant de nous focaliser sur le Nord-Ouest du bassin de Zacapu, où se trouve notre fenêtre d'étude (3.1.2). Nous terminons par un point rapide sur la lithologie de cette zone (3.1.3), dans la mesure où la nature des roches sous-jacentes est fondamentale dans la pédogénèse.

3.1.1. La place du Centre-Nord dans les dynamiques volcano-tectoniques du Centre du Mexique

3.1.1.1. La Ceinture Volcanique Transmexicaine (CVT)

Le Centre-Nord du Michoacán s'inscrit au sein de la Ceinture Volcanique Transmexicaine (CVT) (Hasenaka et Carmichael 1985a et b), qui s'est mise en place à partir du Miocène (-23,5 à -5,3 Ma) (Ferrari *et al.* 2012 : 130) (Figure 10). Qualifiée par Demant de Néo-volcanique de par la jeunesse des édifices, majoritairement formés au Quaternaire (Eardley 1951, cité par Maldonado-Koerdell 1964 : 5 ; Demant 1981 : 15, 1992), la CVT s'étend d'est en ouest sur environ 1200 km, de l'état de Veracruz, à la côte pacifique, dans l'état de Jalisco. Elle est le fruit de la subduction de la plaque tectonique des Cocos sous la plaque Nord-américaine, qui provoque des remontées magmatiques, liées à l'augmentation de la pression et de la température en profondeur (Ferrari *et al.* 2012). Les éruptions en surface ont entraîné la formation d'une multitude d'édifices volcaniques dont la distribution est liée à plusieurs systèmes de failles (Connor 1990, cité par Ferrari *et al.* 2012 : 139).

Pris dans sa globalité, la CVT constitue ainsi un plateau dont l'altitude avoisine en moyenne les 2000 m, caractérisé par une très grande densité d'édifices, comptant stratovolcans, dômes, calderas, mais surtout plus de 3000 édifices monogénétiques (Siebe *et al.* 2014 : 1). Comme leur nom l'indique, ces derniers se forment au cours d'une seule éruption, présentant cependant plusieurs phases (explosives, effusives) et pouvant s'étaler sur une période de quelques semaines à plusieurs années (Francis et Oppenheimer 2004). En découle une morphologie caractéristique composée d'un cône scoriacé partiellement ou complètement entouré par une coulée de lave. La topographie accidentée du centre du Mexique est donc le résultat de cette activité volcanique quasiment ininterrompue. Elle a notamment contribué à la formation de nombreux bassins lacustres, qui ont constitué autant de zones attractives pour l'installation humaine.

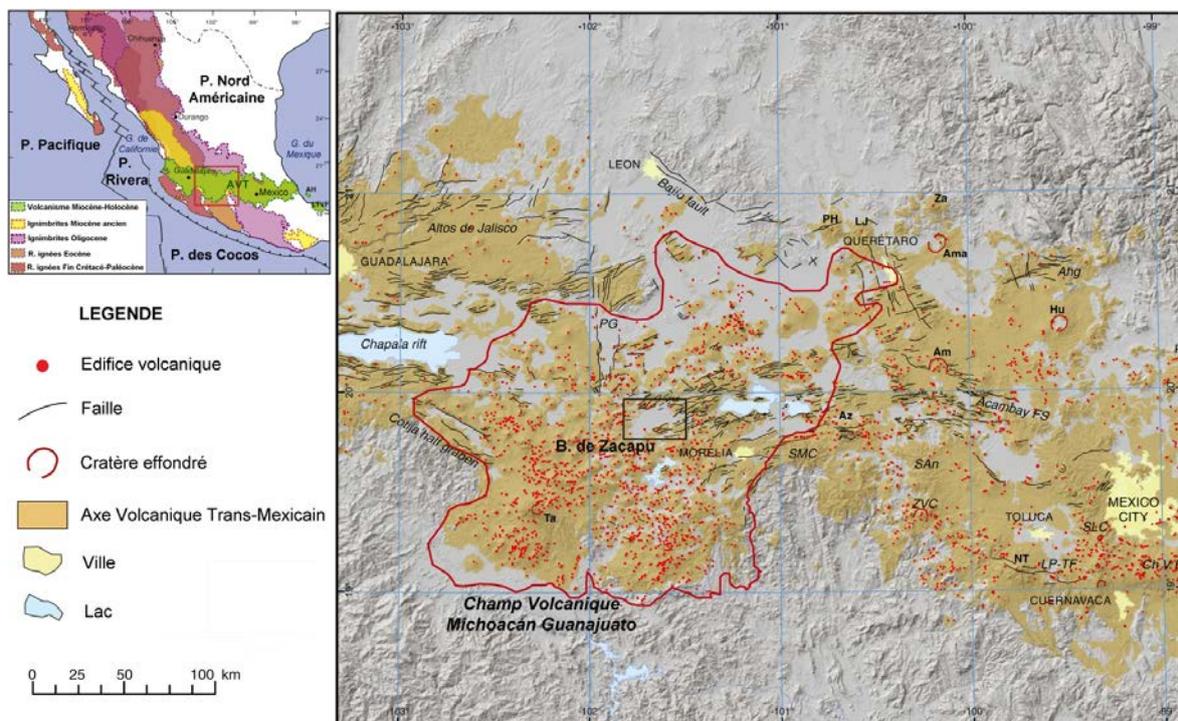


Figure 10 – Situation de la région de Zacapu dans la CVT et le CVMG. (modifié à partir de Ferrari *et al.* 2012 Fig. 14 : 136)

3.1.1.2. Le Champ Volcanique Michoacán-Guanajuato (CVMG)

Le Centre-Nord du Michoacán s'inscrit plus spécifiquement dans la partie centrale de la CVT – dont le cœur est la *sierra tarasca* –, appelé Champ Volcanique Michoacán-Guanajuato (CVMG) (Hasenaka et Carmichael 1985a) (Figure 10). D'une superficie d'environ 40 000 km², le CVMG concentre le plus grand nombre d'édifices monogénétiques du Mexique, et est classé parmi les plus importantes concentrations mondiales, avec plus de 1100 édifices (Siebe *et al.*

2014 : 1). Il est limité au sud par le système hydrographique Balsas-Tepalcatepec, et au nord, par les édifices de la dépression du Bajío.

L'activité volcanique du CVMG a été ininterrompue depuis son initiation à la fin du Tertiaire (Miocène) (Demant 1981 ; Hasenaka et Carmichael 1985a ; Ferrari *et al.* 2012). Par conséquent, plusieurs éruptions ont été contemporaines des occupations humaines de la région – dès le VI^e millénaire avant notre ère (chapitre 2) – et ont eu des répercussions certaines sur l'environnement et les populations. Soulignons par exemple les éruptions du Paricutín (1943-1952) (Seegerstrom 1950 ; Foshag et González 1956 ; Pioli *et al.* 2008) ou du Jorullo (1759-1774) (Siebe *et al. ibid.* : 97), documentées par des textes et des images, mais aussi les événements plus anciens récemment datés de l'époque préhispanique du Metate (XIII^e siècle apr. J.-C.) (Chevrel *et al.* 2015) ou du Malpaís Prieto (IX-X^e siècle apr. J.-C.) (Mahgoub *et al.* 2018).

3.1.1.3. Systèmes de failles dans le Centre-Nord

L'activité tectonique au sein de la CVT tient une place importante dans le façonnement du Centre-Nord, où elle se matérialise par deux systèmes de failles, mis en place entre le Miocène (23,5 Ma - 5,3 Ma) et le Pléistocène (1,8 Ma - 0,01 Ma) (Pasquarè *et al.* 1987 et 1988, cité par Demant 1992 : 58 ; Ferrari *et al.* 2012). Le volcanisme récent a cependant masqué une partie des failles anciennes, notamment entre le bassin de Zacapu et celui du lac Chapala (Suter *et al.* 2001 : 696).

Une première phase tectonique a provoqué la formation de failles d'orientation N-S (Ferrari *et al.* 2012 : 139). Au nord du bassin de Zacapu, le vaste graben de Penjamillo en constitue une conséquence notable. Formant un entonnoir d'environ 60 km de long pour 15 de large au Guanajuato, il se rétrécit à mesure qu'il progresse vers le sud pour ne plus faire que 8 km de large au Michoacán. Notons à cette extrémité la présence du massif⁴⁹ montagneux volcanique Zináparo-Prieto, riche de gisements d'obsidienne dont l'importance pour l'économie préhispanique a été reconnue par les travaux de Véronique Darras (1991, 1999).

Une deuxième phase tectonique a formé le système de failles Morelia-Acambay (ou de Cuitzeo) d'orientation ENE-WSW à E-W (Ferrari *et al.* 2012 : 140). S'étendant sur environ

⁴⁹ Par « massif », nous entendons ici un groupe d'édifices volcaniques, souvent dominé par un volcan plus important en altitude et en volume que les autres. La description complète des massifs n'est pas donnée afin d'alléger le discours. Le lecteur se référera aux cartes présentées pour constater de la complexité des ensembles d'édifices le cas échéant.

200 km, il est à l'origine des bassins lacustres d'Acambay, Cuitzeo, Morelia et Zacapu. À 40 km au nord de ce dernier, soulignons que cette phase tectonique est aussi à l'origine des failles distribuées de part et d'autre du Lerma, qui découpent notamment le Cerro Barajas.

3.1.1.4. Distribution des édifices volcaniques dans le Centre-Nord

L'activité volcanique Quaternaire tient aussi un rôle fondamental dans la topographie du Centre-Nord. Du Lerma au bassin de Zacapu, la densité des édifices, comme l'altitude, augmentent progressivement. Les volcans du versant méridional du Lerma sont le fruit d'une activité Plio-Pléistocène (5,3 - 0,01 Ma) (Demant 1992 : 58-60). De celle-ci sont notamment issues les laves des volcans Zinaparo (2588 m), Prieto (2432 m) et Barajas (2228 m) (DETENAL 1979d). Notons aussi le massif de l'Agostadero (2555 m), sur le versant nord duquel se trouve l'important site préhispanique de San Antonio Carupo (Faugère 1996).

L'activité au sud est globalement plus récente. Les édifices qui encerclent le bassin de Zacapu se sont majoritairement formés au cours du Pléistocène récent et de l'Holocène (<100 ka) (Demant 1992 ; Siebe *et al.* 2014). À l'ouest du bassin, trônent le bouclier du Tule (3132 m) et le dôme du Tecolote (3355 m). Entre ces édifices s'étendent les coulées de lave du Malpaís de Zacapu. Au sud, la plaine est limitée par les nombreux édifices qui séparent les bassins de Zacapu et Pátzcuaro, dont l'imposant massif des Trojes (2514 m). La Leonera (2968 m) ferme la dépression à l'est, marquant la frontière avec le bassin de Cuitzeo. Enfin, la faille de Villa Jiménez cerne le bassin de Zacapu au nord (3.1.2.1).

3.1.2. Dynamiques volcano-tectoniques du Nord-Ouest du bassin de Zacapu

Notre étude s'intéresse à la partie Nord-Ouest du bassin de Zacapu, à l'interface entre la plaine lacustre, à l'est, et les hautes terres volcaniques, à l'ouest. La tectonique tient un rôle important dans la morphologie de cette zone traversée par deux failles. Elle est notamment à l'origine de la formation du bassin. Néanmoins, la majorité des reliefs est issue du volcanisme du Malpaís et de ses environs, qui se caractérisent par une superposition de coulées ponctuées des cônes.

3.1.2.1. Le système Morelia-Acambay et la formation du bassin de Zacapu

Le bassin lacustre de Zacapu résulte de l'effondrement de la faille de Villa Jiménez (système Morelia-Acambay ; 3.1.1.3). La ciénega constitue de fait un graben. La faille de Villa Jiménez court sur environ 15 km d'est en ouest. Dans sa partie orientale, l'effondrement

a provoqué la formation d'un dénivelé abrupt d'environ 200 m entre le graben et l'horst. C'est au pied du volcan Brinco del Diablo, au nord-ouest du bassin, que le dénivelé est le plus marqué, avec plus de 500 m entre le fond du bassin (1978 m) et la cime (2552 m). Il se réduit ensuite brusquement à l'emplacement de la ville actuelle de Villa Jiménez, où passe l'unique exutoire du bassin. Au-delà vers l'ouest se trouve le *maar*⁵⁰ de la Alberca de Los Espinos, sur l'axe même de la faille. La formation de celui-ci il y a quelques 25000 ans a par ailleurs provoqué le déplacement de l'exutoire (Siebe *et al.* 2012 ; *cf.* 3.2.2.1). Au-delà du *maar*, la faille continue et le dénivelé entre horst et graben s'accroît à nouveau progressivement pour atteindre une centaine de mètres.

À l'extrémité occidentale de la faille de Villa Jiménez commence le Malpaís de Zacapu (3.1.2.2). Un accès naturel depuis la plaine lacustre vers les hautes terres s'effectue ainsi *via* un vallon sec, qui s'étend entre la faille et la coulée la plus orientale du Malpaís, El Caracol. Plus au sud, une autre faille du système Morelia-Acambay découpe la face sud de la Mesa El Pinal. S'étendant sur 1 km d'est en ouest, elle fait face au front de lave du volcan Capaxtiro. Le corridor ainsi formé – localement dénommé La Cañada – mène vers l'intérieur du Malpaís.

3.1.2.2. Volcanisme et chronologie des éruptions de l'ouest du bassin de Zacapu

L'intégralité des édifices volcaniques de l'ouest du bassin de Zacapu date du Quaternaire (moins de 2 Ma) (Demant 1992 ; Siebe *et al.* 2014 ; Reyes Gúzman *et al.* 2018). Il s'agit en majorité de coulées de lave de surface relativement modeste (généralement inférieure à 10 km²), ponctuées des cônes dont certaines sont issues (Figure 11). Les coulées se superposent les unes aux autres et modèlent un paysage intensément ondulé.

Les coulées riches en affleurements, voire vierges de presque toute couverture pédologique, sont localement appelées des *malpaises*. Comme évoqué, cette dénomination – qui se traduit littéralement par « mauvais pays » – est due à la contrainte imposée par l'omniprésence des affleurements sur ces coulées pour la pratique de l'agriculture mécanisée ou tractée. C'est donc l'aspérité de la surface de la coulée qui la définit ou non comme *malpaís*. Par extension et de manière générale, plus la coulée est récente, plus sa surface est chaotique. Néanmoins, les dépôts téphriques (cendre volcanique) postérieurs ont par endroits « lissé » les reliefs en recouvrant les affleurements.

⁵⁰ Cône scoriacé présentant un lac de cratère (Francis et Oppenheimer 2004).

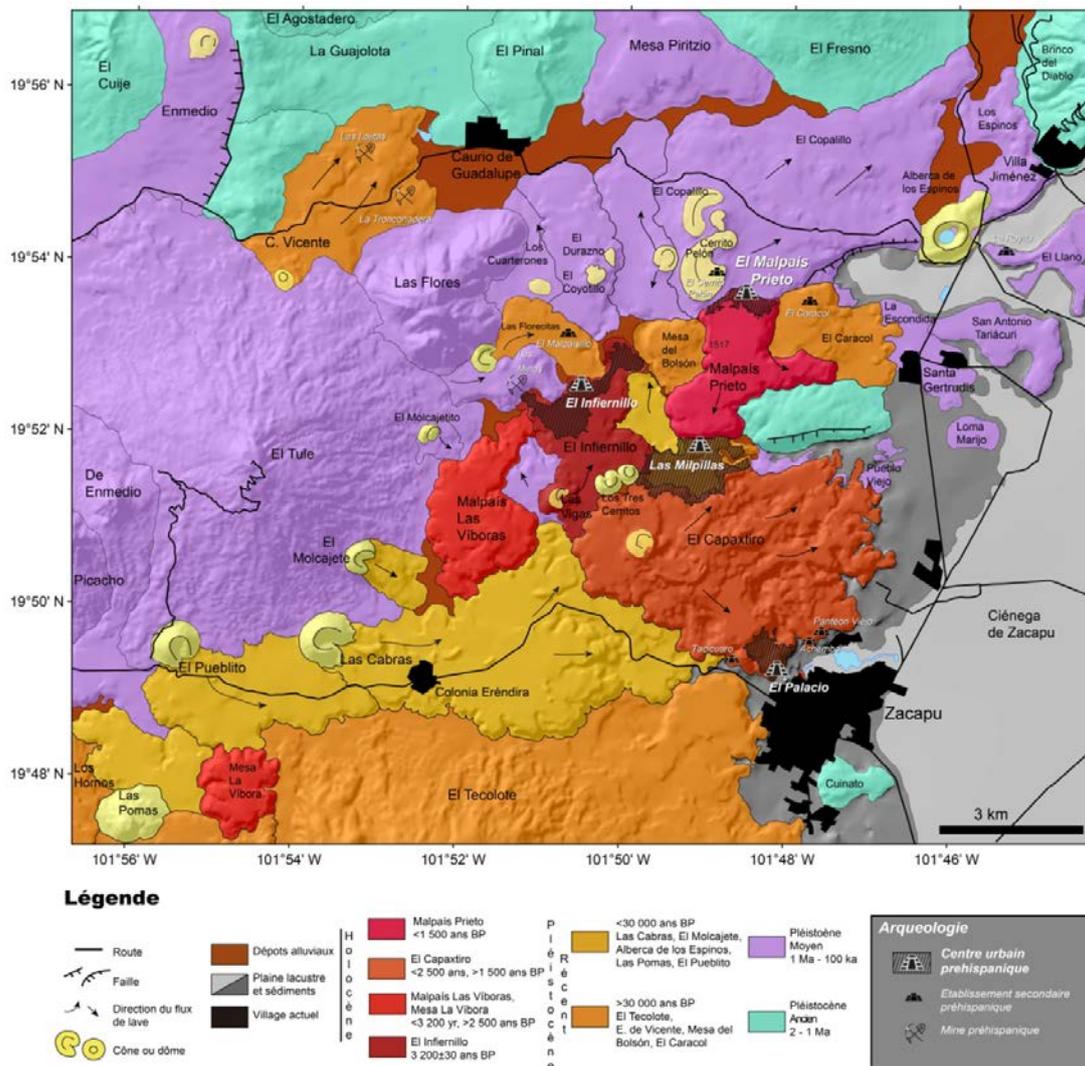


Figure 11 - Synthèse de la chronologie des éruptions à l'ouest du bassin de Zacapu. (issu de Reyes Gúzman *et al.* 2018, fig. 2, modifiée).

Bien que généralement mentionné au singulier, le Malpaís de Zacapu n'est donc pas en réalité un unique *malpaís*, mais bien un groupe de plusieurs *malpaisés*, concentrés sur une quarantaine de kilomètres carrés. Les coulées qui composent le Malpaís de Zacapu sont (Figure 11) : El Capaxtiro, Las Viboras, El Infiernillo et Malpaís Prieto. À ces flux holocènes sont généralement ajoutées (notamment par les locaux) les coulées plus anciennes – mais riches en affleurements et aujourd'hui non cultivées ou très peu – de Las Milpillitas, El Caracol, Malpaísillo⁵¹ et la Mesa del Bolsón.

La superposition des coulées du Malpaís et de ses environs a rapidement conduit à l'établissement d'une chronologie des éruptions ; d'abord relative – à partir des morphologies et superpositions – puis absolue. On doit les premières datations ponctuelles à Toshiaki

⁵¹ La coulée d'El Malpaísillo est appelée Las Florecitas chez Reyes Guzmán *et al.* (2018).

Hasenaka et Ian Carmichael (1985a), et la première chronologie de l'ouest du bassin de Zacapu à Alain Demant (1992). Cette dernière a récemment été précisée par l'équipe de Claus Siebe (UNAM), qui a réalisé une cartographie de l'ensemble du bassin (Siebe *et al.* 2014), et des investigations localisées. Ont ainsi été étudiés El Caracol⁵² et La Alberca de Guadalupe, respectivement au nord et à l'est du bassin (Kshisagar *et al.* 2015, 2016), et le Malpaís de Zacapu (Reyes Guzmán *et al.* 2018 ; Mahgoub *et al.* 2018). Nous nous contenterons ici d'un survol de la chronologie des éruptions, basé sur ces travaux. Le tableau 1, repris de Reyes Gúzman (2017), présente la chronologie précise à la fin de cette sous-partie.

A. Pliocène et Pléistocène ancien-moyen (5,3 Ma - 126 000 ans BP)

À l'échelle du bassin, les édifices les plus anciens sont du Pliocène (5,3 - 2,6 Ma). Ils sont concentrés en dehors de notre fenêtre d'étude, au nord et à l'est du bassin (Kshisagar *et al.* 2015 et 2016). De façon similaire, les édifices du Pléistocène ancien (2,6 - 1,5 Ma) sont pour la plupart en dehors de la zone étudiée, au nord. Parmi ceux-ci, notons à environ 5 km au nord du Malpaís les imposants boucliers du Brinco del Diablo ($1,9 \pm 0,2$ Ma), d'El Fresno ($1,58 \pm 0,06$ Ma) et d'El Agostadero ($1,84 \pm 0,06$ Ma). Dans notre fenêtre, seule la coulée de la Mesa El Pinal est issue de l'activité du Pléistocène ancien. Elle constitue le plus vieil édifice à l'ouest du bassin ($2,09 \pm 0,13$ Ma).

Le Pléistocène moyen (1,5 Ma - 126 ka ; en violet) voit la formation des coulées de Los Cuarterones, La Raya, El Copalillo-El Durazno, et El Copalillo-Cerrito Pelón ($0,62 \pm 0,03$ Ma). Cette dernière constitue le plateau qui s'étend au nord du Malpaís. De cette même époque datent aussi les coulées à l'origine des anciennes îles du lac, notamment celles de San Antonio Tariácuri et El Llano (voir 3.4.1.2 et 6.1.2).

B. Pléistocène Récent (126 000 - 12 000 ans BP)

Au Pléistocène récent apparaissent les plus anciennes coulées considérées aujourd'hui comme des *malpaises*. Reyes Guzmán *et al.* (2018) proposent de rassembler les édifices de cette époque en deux groupes : 1) les édifices formés avant 30 000 BP, et 2) ceux formés après. Si plusieurs volcans du second groupe ont pu recevoir des âges absolus, la datation est relative pour ceux du premier groupe.

⁵² Il s'agit ici d'un bouclier au nord de la faille de Villa Jiménez, au nord-est du Brinco del Diablo, qui ne doit pas être confondu avec la coulée du Caracol située à l'extrémité nord-est du Malpaís de Zacapu.

Le plus ancien édifice est la coulée du Cerro Vicente, située en dehors de notre fenêtre d'étude au nord-ouest, près du village de Caurio de Guadalupe. Elle nous intéresse ici car Reyes Guzmán la rapproche morphologiquement – et donc chronologiquement – de la coulée de Las Milpillas Sud, entre le Prieto et le Capáxtiro (Reyes Guzmán 2017 : 26). Le dôme du Tecolote s'est ensuite formé au sud-ouest du bassin, suivi par la coulée de Los Hornos. Bien que située une fois de plus hors de notre fenêtre, le degré d'érosion de celle-ci est notable car il la rapproche chronologiquement de la coulée de Malpaísillo. Cette dernière – sur laquelle a été édifié le site préhispanique de Mich. 317 – est ainsi la plus ancienne coulée de notre fenêtre à être localement considérée comme un *malpaís*. La Mesa del Bolsón et El Caracol lui ont succédées peu après, de manière quasiment simultanée.

La période qui débute après 30 000 BP voit l'éruption déjà mentionnée du *maar* de la Alberca de Los Espinos entre 26 085 ±545/-510 et 24 360 ±535/-500 ans BP (Siebe *et al.* 2012) (3.1.2.1). Dans la même tranche de dates, des éruptions se produisent au sud du Malpaís. Mais ce n'est que plus tard, peu avant le début de l'Holocène que se forme la coulée de Las Milpillas Nord⁵³. Les flux de Las Milpillas Sud (antérieur à 30 000 BP) et Nord (postérieur à 30 000 BP) sont probablement issus du chapelet de quatre cônes des Tres Cerritos, dont les piémonts ont par la suite été recouverts par la coulée d'El Infiernillo.

C. Holocène (depuis 12 000 ans BP)

Enfin, la séquence holocène de l'ouest du bassin de Zacapu commence avec l'éruption du cône de Las Vigas, daté grâce à un paléosol voisin vers 3420 cal BP⁵⁴ (Reyes Guzmán 2017 : 29). Depuis Las Vigas vers le nord, s'est écoulé le flux d'El Infiernillo. Notons que l'on se situe alors autour de 1500 av. J.-C., période à laquelle la présence humaine dans la région est attestée par des traces de défrichage, de poterie et d'outillage lithique (Pétrequin *et al.* 1994 : 131). Les coulées postérieures à El Infiernillo, trop récentes pour que les datations ¹⁴C soient pertinentes⁵⁵, ont été datées par paléomagnétisme (Mahgoub *et al.* 2018). Las Viboras est ainsi entrée en éruption peu après El Infiernillo, entre 1340 et 940 av. J.-C.⁵⁶ La coulée du Capáxtiro s'est ensuite formée entre 200 et 80 av. J.-C., soit très peu de temps avant l'établissement des premiers sites pérennes sur les rives du lac de Zacapu autour de 100 av. J.-C. (2.2.1). Enfin, le flux du Malpaís Prieto est venu se loger entre la Mesa

⁵³ Pour des raisons pratiques, nous avons par la suite rebaptisé cette coulée « Las Joyitas de Las Milpillas ».

⁵⁴ L'âge a été obtenu grâce à la datation ¹⁴C d'un paléosol sous un dépôt de cendres au NW du cône de Las Vigas. L'âge à 2σ (CAL 7.1) est compris entre 3366 et 3470.

⁵⁵ Datation trop proche du début de la courbe de décroissance radioactive.

⁵⁶ Deux fourchettes de dates ont été obtenues pour la datation de Las Viboras : 1340-1230 av. J.-C. et 1030-940 av. J.-C.

del Bolsón et El Caracol entre 830 et 960 apr. J.-C., avec de sévères implications sur l'occupation humaine.

| Époque | Nom usuel des édifices | Datation | Références des datations |
|---------------------------------|---|--|---------------------------------|
| Pléistocène ancien | Mesa El Pinal | 2,09 ±0,13 Ma | Reyes Guzmán <i>et al.</i> 2018 |
| | Brinco del Diablo | 1,9 ±0,2 Ma | <i>Idem.</i> |
| | El Agostadero | 1,84 ±0,06 Ma | <i>Idem.</i> |
| | El Fresno | 1,58 ±0,06 Ma | <i>Idem.</i> |
| Pléistocène moyen | Los Cuarterones ¹ | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | La Raya ^{1,2} | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | C. de las Flores | 0,91 ±0,22 Ma | <i>Idem.</i> |
| | Las Minas | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | Los Espinos (nord) ³ | 0,87 ±0,22 Ma | <i>Idem.</i> |
| | El Llano | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | San Antonio Tariácuri | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | Santa Gertrudis | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | Loma Marijo | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | Pueblo Viejo | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | Copalillo-Cerrito Pelón ¹ | 0,62 ± 0,03 Ma | <i>Idem.</i> |
| Pléistocène moyen-récent | C. de Enmedio (nord) ¹ | 0,23 ±0,09 Ma | <i>Idem.</i> |
| | El Coyotillo-El Durazno ¹ | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| Pléistocène récent (>30 000 BP) | C. El Tule | 0,11 ±0,008 Ma | <i>Idem.</i> |
| | Vicente | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | Milpillas Sud ¹ | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | El Tecolote | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | Los Hornos | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | Malpaísillo (Las Florecitas) ¹ | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| Pléistocène récent (<30 000 BP) | Mesa del Bolsón | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | El Caracol | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| | La Alberca de los Espinos | 26 085 +545/-510 – 24 360 +535/-500 ans BP | Siebe <i>et al.</i> 2012 |
| Holocène | El Molcayete ¹ | 16 935 +319/-295 – 14 320 ±85 ans BP | Reyes Guzmán <i>et al.</i> 2018 |
| | Las Milpillas nord ¹ | <i>relative</i> | <i>Idem.</i> |
| Holocène | Las Vigas/El Infiernillo ¹ | 3420 ans cal BP | Reyes Guzmán <i>et al.</i> 2018 |
| | Las Viboras | 1340 – 940 av. J.-C. | Mahgoub <i>et al.</i> 2018 |
| | El Capáxtiro ¹ | 200 – 80 av. J.-C. | Mahgoub <i>et al.</i> 2018 |
| | El Malpaís Prieto | 830 – 960 apr. J.-C. | Mahgoub <i>et al.</i> 2018 |

Tableau 1 - Chronologie de la formation des édifices volcaniques à l'ouest du bassin de Zacapu (modifiée d'après Reyes Guzmán *et al.* 2018).

¹Édifices présentant un cône volcanique associé

²Dénommé "Flujo Sin Nombre", chez Reyes Guzmán

³Au nord de la Alberca de Los Espinos. À ne pas confondre avec la coulée localisée au sud du *maar* (6.2.1).

3.1.3. Matériaux parentaux à l'ouest du bassin de Zacapu

Dans une perspective pédologique et à plus forte raison agronomique, la lithologie – la nature des roches d'un paysage – constitue un paramètre important. Le sol est en partie le fruit de l'altération de la roche sous-jacente, désignée dans ce cas comme le matériau parental (Duchaufour 2001 ; Campy *et al.* 2013 : 74). Une forte similarité existe souvent entre la composition minéralogique de la roche et celle du sol qui en découle. Cette relation matériau parental-sol est d'autant plus pertinente que le paysage est jeune, car l'influence de la lithologie sur la pédogénèse diminue avec le temps (Schaetzl et Anderson 2005 : 167). Elle est donc importante à Zacapu.

En outre, en ce qui concerne les coulées de laves, la composition chimique influe sur la fluidité et donc sur la taille des blocs et la forme de la coulée après refroidissement. Dès cette étape de formation, la coulée se constitue comme une géoforme dont la morphologie évolue sous l'action de l'érosion. Cette morphologie structurale originelle liée à la géochimie est donc fondamentale pour comprendre l'évolution géomorphologique d'une coulée et, *a fortiori*, sa pédogénèse.

Soulignons que les matériaux parentaux à partir desquels se sont formés les sols zacapenses sont plus souvent les cendres volcaniques expulsées lors des éruptions et déposées dans le paysage – à altération rapide –, que les roches qui constituent les coulées elles-mêmes (affleurements) – à altération plus lente. Bien que le volcanisme soit majoritairement effusif (coulées), le volcanisme explosif n'est pas absent. En témoigne les cônes scoriacés ou le cratère phréatomagmatique (*maar*) de la Alberca de Los Espinos (Reyes Guzmán *et al.* 2018). Notons par ailleurs qu'une coulée de lave sans cône associé n'exclue pas l'émission de pyroclastes au cours de l'éruption. Le cône peut être occulté par la coulée.

Précisons finalement que les roches comme les dépôts de cendre constituent des matériaux parentaux perméables. Aussi les ressources en eau pérennes sont-elles très limitées dans les hautes terres (3.3), ce qui a une importance notable pour les activités agricoles qui nous intéressent dans ce travail.

3.1.3.1. Roches extrusives

De façon générale, les roches extrusives – issues de laves refroidies à la surface – sont classées en fonction du pourcentage de silice (SiO_2) qu'elles contiennent, allant de 40% pour les roches dites basiques, comme le basalte, à 75% pour les roches dites acides, telle que la

rhyolithe (Duchaufour 2001) (Figure 12). Entre ces extrêmes se trouvent les roches intermédiaires. La vitesse d'altération est inversement proportionnelle au taux de silice.

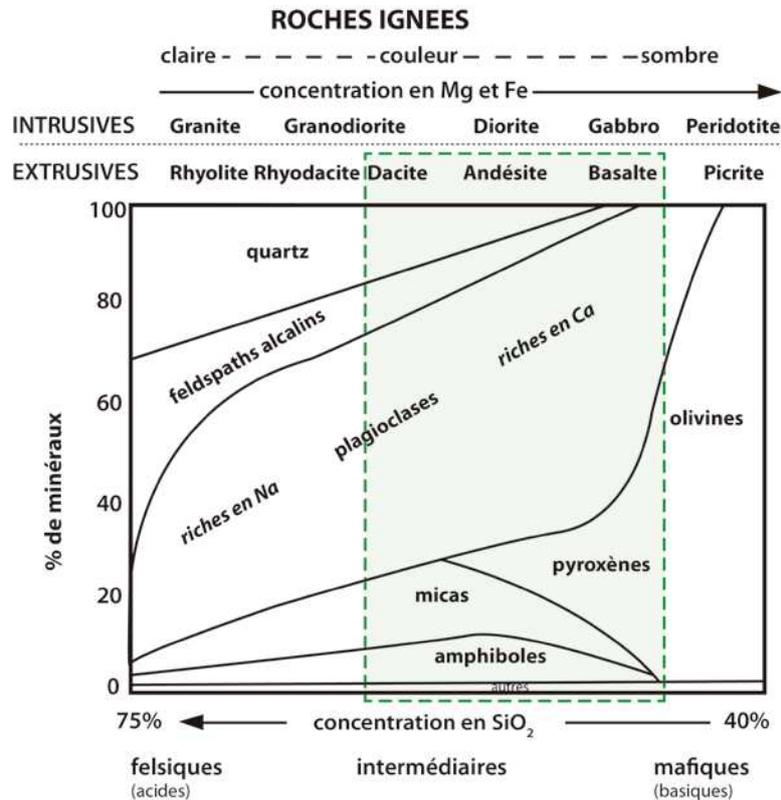


Figure 12 - Composition minéralogique des principales roches éruptives (issue de Duchaufour 2001 : 15). Les roches de l'ouest du bassin de Zacapu sont concentrées dans le cadre vert.

Pour ce qui est de la région de Zacapu, l'étude des compositions chimiques et minéralogiques des roches est disponible en détail dans les publications de Demant (1992) et Reyes Guzmán (2017), Reyes Guzmán *et al.* (2018), ainsi que sur les cartes au 50 000^e de l'INEGI (1978 [Zacapu, tuile E14A11], 1979 [Angamacutiro, tuile F14C81]).

Au sein de notre fenêtre, on ne rencontre que trois types de roches extrusives, basiques à intermédiaires (Figure 13). Les andésites (57-63% de SiO₂) sont largement majoritaires. Elles composent la plupart des flux du Malpaís et de ses environs. Par ordre de représentativité, viennent ensuite les dacites (63-70% de SiO₂) des coulées de Las Milpillias Sud et Las Minas, et du complexe de dômes de Las Flores. Les andésites basaltiques (53-57% de SiO₂) sont les moins représentées. Elles composent les coulées de Los Cuarterones, El Durazno-El Coyotillo et de Milpillias Nord. Des trois types de roches, les dacites sont les plus résistantes à l'altération. Viennent ensuite les andésites, puis les andésites basaltiques, les plus basiques, qui contiennent les minéraux les plus facilement altérables.

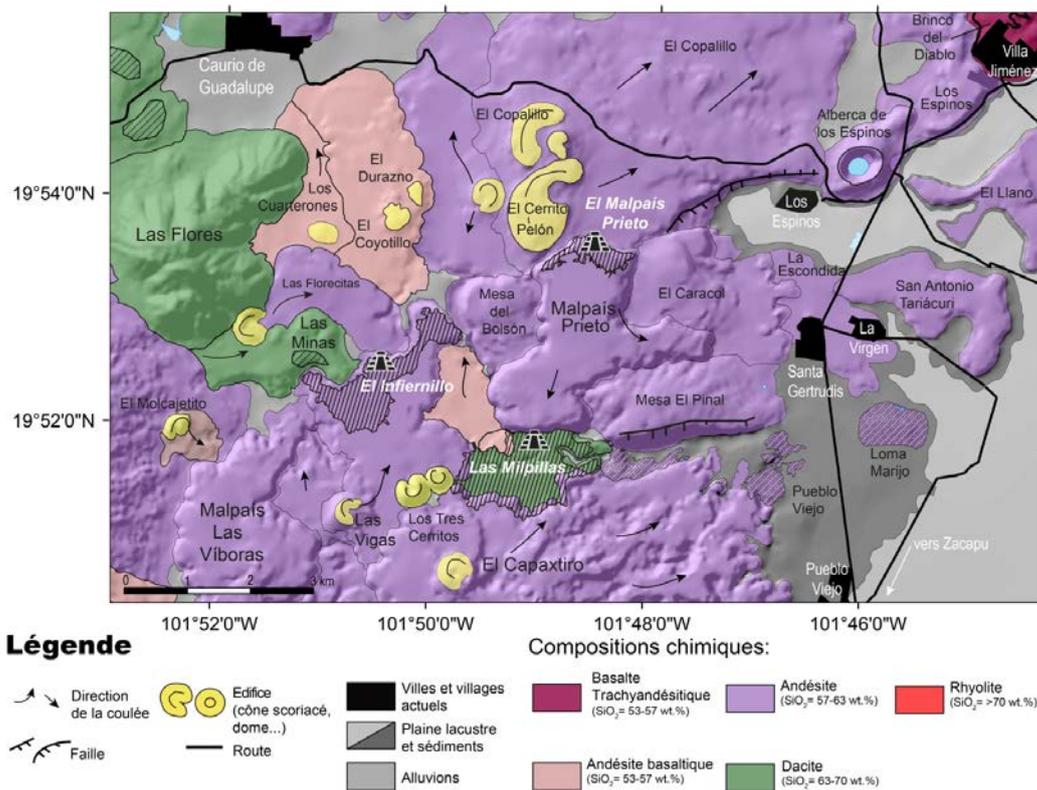


Figure 13 - Carte des types de roche présents dans la zone d'étude (issue de Reyes-Guzmán 2017, fig. 16 : 49).

Comme nous l'avons évoqué, la composition chimique des roches a une influence sur la morphologie de la coulée. Avec la température et le degré de polymérisation, la composition chimique constitue l'un des facteurs principaux qui influent sur la viscosité (Francis et Oppenheimer 2004 : 100-1). Elle contrôle la vitesse de déplacement, contribue à la formation de plis et de concavités à la surface de la coulée (rides de pression), et influence la dimension des blocs. À Zacapu, les coulées sont de type A'a. Leurs laves visqueuses ont induit une mise en place lente et la formation de blocs de grandes dimensions. Cette structure en blocs rend ces coulées plus facilement altérables par désagrégation physique qu'une structure plus uniforme.

3.1.3.2. Dépôts pyroclastiques

Les dépôts pyroclastiques constituent la majorité des matériaux parentaux des sols de l'ouest du bassin de Zacapu. Comme dans tout le CVMG, les cônes zacapenses procèdent d'éruptions stromboliennes (Hasenaka et Carmichael 1985a et b ; Francis et Oppenheimer 2004). Dans ce type d'éruption, la colonne éruptive dépasse rarement 100 m de haut et la zone-tampon couverte par les matériaux fins expulsés est généralement limitée (Walker 1981 : 83). La force d'expulsion et la quantité de pyroclastes fins varient selon les caractéristiques de l'éruption (pression, présence/absence d'eau, viscosité du magma,

durée *etc.*) (Walker *ibid.*). De même, leur aire de dispersion autour du cône est loin d'être standardisée et dépend essentiellement de la direction du vent, de la violence de l'éruption et du type d'éjecta (Shoji *et al.* 1993 : 42). En d'autres termes, il nous est difficile d'estimer l'ampleur réelle des épanchements pyroclastiques pour chaque édifice de notre fenêtre.

Les études de dispersion des cendres dans d'autres parties de la CVT et du monde (ex. Bloomfield [1975] à l'ouest du Chichinautzin [État de Mexico]), ainsi que l'exceptionnelle description en temps réel de l'éruption du Paricutín dans les années 1940 (Segerstrom 1950 ; Foshag et González 1956 ; Pioli *et al.* 2008), fournissent néanmoins une idée de ce qui a pu se passer à Zacapu. En envisageant les phénomènes de dispersion à Zacapu à partir de la carte des isopaques⁵⁷ de dépôts téphriques du Paricutín (Figure 14), les cendres des cônes zacapenses se sont vraisemblablement déposées à moins de 10 km des édifices. Une estimation plus juste serait probablement entre 1 et 5 km, dans la mesure où les cônes de Zacapu sont de moindre envergure que celui du Paricutín (Reyes Gúzman *et al.* 2018). Par ailleurs, vu la position intertropicale de Zacapu, où les vents dominants viennent globalement de l'est et du sud (Shoji *et al.* 1993 ; 3.2.1.5), nous pouvons raisonnablement penser que les cendres ont majoritairement été déposées vers l'ouest – comme c'est le cas pour le Paricutín.

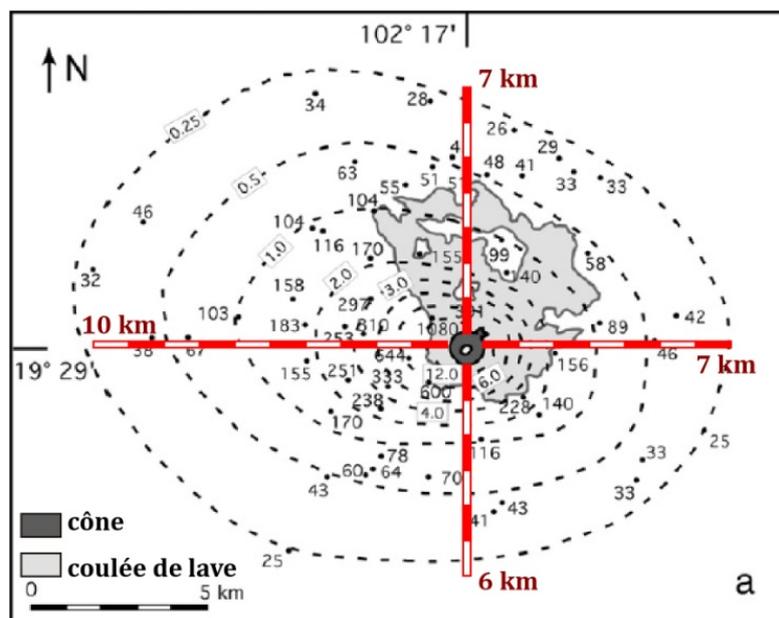


Figure 14 - Carte des isopaques pour les dépôts téphriques issus du volcan Paricutín. (modifiée d'après Segerstrom 1950, redessinée dans Pioli *et al.* 2008, fig. 1 : 360)

⁵⁷ « En géologie, ligne stratigraphique correspondant au lieu de tous les points d'épaisseur égale, notamment d'une couche sédimentaire. » (*Encyclopedia Universalis*).

3.2. CLIMAT

Le climat constitue la première restriction physique à l'agriculture (Robinson 2004 : 3) et est un des éléments principaux qui préside au développement d'un sol (Jenny 1941 : 15 ; Schaetzl et Anderson 2005 : 226). Sa prise en compte représente donc une condition *sine qua non* pour notre investigation. Toutefois, le climat n'est pas immuable. Des variations ont pu se produire entre les époques que nous étudions – du VII^{ème} au XV^{ème} siècle apr. J.C. – et l'actuel (Beck et Delort 1993 : 10-11), alors même qu'aucune reconstruction entièrement fiable pour les époques qui nous intéressent n'est à ce jour disponible. Les tentatives réalisées – essentiellement basées sur les données paléolimnologiques –, permettent néanmoins de formuler des hypothèses quant à l'évolution du climat dans ses grandes lignes (3.2.2). Pour ce qui est des conditions plus fines – variations pluviométriques annuelles par exemple –, nous devons nous contenter d'une extrapolation par rapport aux données actuelles (3.2.1).

3.2.1. Le climat actuel du nord du Malpaís de Zacapu

Le climat actuel de la région de Zacapu est connu grâce aux données collectées depuis la seconde moitié du XX^{ème} siècle par les stations climatologiques de la CONAGUA et de la *Comisión Federal de Electricidad* (CFE). Elles enregistrent de manière journalière :

- (1) la température minimale, maximale et moyenne en °C,
- (2) la pluviométrie en mm,
- (3) l'évaporation⁵⁸ en mm,

et de manière mensuelle :

- (4) le nombre de jours de pluie,
- (5) de grêle, et
- (6) de neige.

Selon la classification de Köppen – qui constitue la norme au Mexique dans sa version modifiée par García (2004) –, le climat du bassin de Zacapu est tempéré subhumide, majoritairement de type C(w₁)(w) (INEGI 2005). Une petite partie au sud-ouest du bassin est de type C(w₂)(w). Les vallées du versant méridional du Lerma sont légèrement plus arides, avec un climat de type (A)C(w₀)(w). En des termes moins abstrus :

⁵⁸ L'enregistrement de l'évaporation est assez irrégulier et toutes les stations ne sont pas équipées.

- Cw signifie que le climat est tempéré subhumide avec une saison des pluies en été et la température du mois le plus froid comprise entre -3°C et 18°C (García 2004 : 21, 27, 44-45). Dans le bassin de Zacapu, la saison des pluies s'étend de mai à octobre, et janvier est le mois le plus froid avec une température moyenne de 13°C .

- w signifie une pluviométrie hivernale inférieure à 5% de l'annuelle et sa mise entre parenthèse (w) indique que les précipitations du mois le plus sec sont inférieures à 40 mm. À Zacapu, les précipitations sont les plus faibles en mars, mois pendant lequel elles dépassent rarement 7 mm.

- (w_1) est un indice d'humidité. Il signifie que le quotient P/T (= Précipitations annuelles en mm/Température annuelle moyenne en $^{\circ}\text{C}$) est compris entre 43,2 et 55,0.

- (A) signifie que les vallées au nord du bassin constituent une zone de transition entre le climat tempéré subhumide, C, de la Meseta Tarasca, et les climats plus secs et plus chauds, A et BS, qui caractérisent les états du nord du Mexique.

Ce climat est conditionné par la latitude (entre $19^{\circ}50'$ et 20° nord), mais aussi par l'altitude (autour de 2000 m), la topographie, et la dynamique de l'air, qui est notamment à l'origine de l'alternance entre saison sèche et humide (Mosiño 1966 cité par Labat 1995 : 55).

3.2.1.1. Constitution du référentiel

Nous avons établi un référentiel à partir des données de 11 stations climatologiques⁵⁹ localisées dans un rayon de 10 km autour de notre zone d'étude (Figure 15 et Tableau 2). Elles ont été sélectionnées à titre de comparaison pour leur proximité et pour les conditions écologiques au sein desquelles elles se trouvent : la plaine lacustre (2 stations), les rives de l'ancien lac (4), les piémonts (3) et les hautes terres (2). La majorité des enregistrements couvre plus de 30 années, exception faite de la station de Caurio (25 ans). Les enregistrements cumulés des stations de Zacapu permettent une couverture de plus de 80 ans.

Écologiquement parlant, les conditions enregistrées dans les stations de Caurio et Villa Jiménez sont celles qui se rapprochent le plus de celles que l'on observe dans les hautes terres au nord du Malpaís. Ce sont donc ces données qui nous servent d'abord de référence. Pour ce

⁵⁹ Il existe une douzième station à l'intérieur de ce rayon, à Tarejero, au cœur de la ciénega, mais les données ne sont pas publiques.

qui est des conditions des sites de notre corpus localisés sur les rives de l'ancien lac, nous nous basons sur les données des stations de l'ouest du bassin, plus au sud (Zacapu [DGE et SMN], Copándaro et Tirindaro).

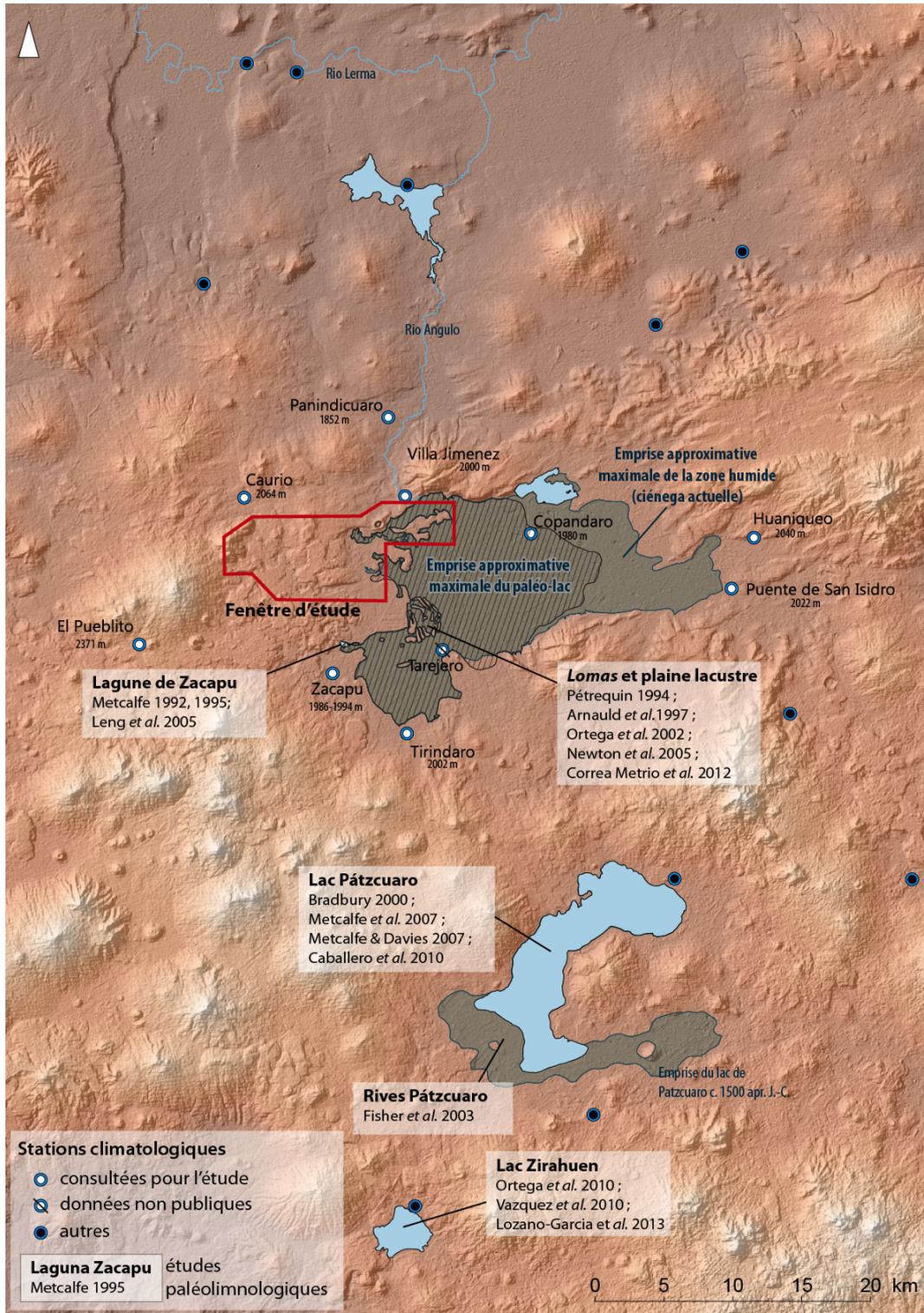


Figure 15 - Stations climatiques et des études paléolimnologiques du Centre-Nord du Michoacán.

| Station | Écologie | Statut | Date de mise en service | Dernier enregistrement disponible | Années d'activité |
|----------------------|------------------|--------------|-------------------------|-----------------------------------|-------------------|
| Caurio | hautes terres | En opération | 1981 | 2006 | 25 |
| Copándaro | plaine lacustre | En opération | 1969 | 2010 | 41 |
| El Pueblito | hautes terres | En opération | 1981 | 2013 | 32 |
| Huaniqueo | piémont | En opération | 1948 | 2013 | 65 |
| Panindicuaro | vallée alluviale | En opération | 1946 | 2015 | 69 |
| Puente de San Isidro | rives | Suspendue | 1947 | 1993 | 46 |
| Tirindaro | rives | Suspendue | 1973 | 2003 | 30 |
| Villa Jiménez I | piémont | Suspendue | 1970 | 1985 | 15 |
| Villa Jiménez II | piémont | En opération | 1981 | 2014 | 33 |
| Zacapu (DGE) | rives | En opération | 1968 | 2005 | 37 |
| Zacapu (SMN) | rives | Suspendue | 1923 | 1969 | 46 |

Tableau 2 - Stations climatiques utilisées pour le référentiel.

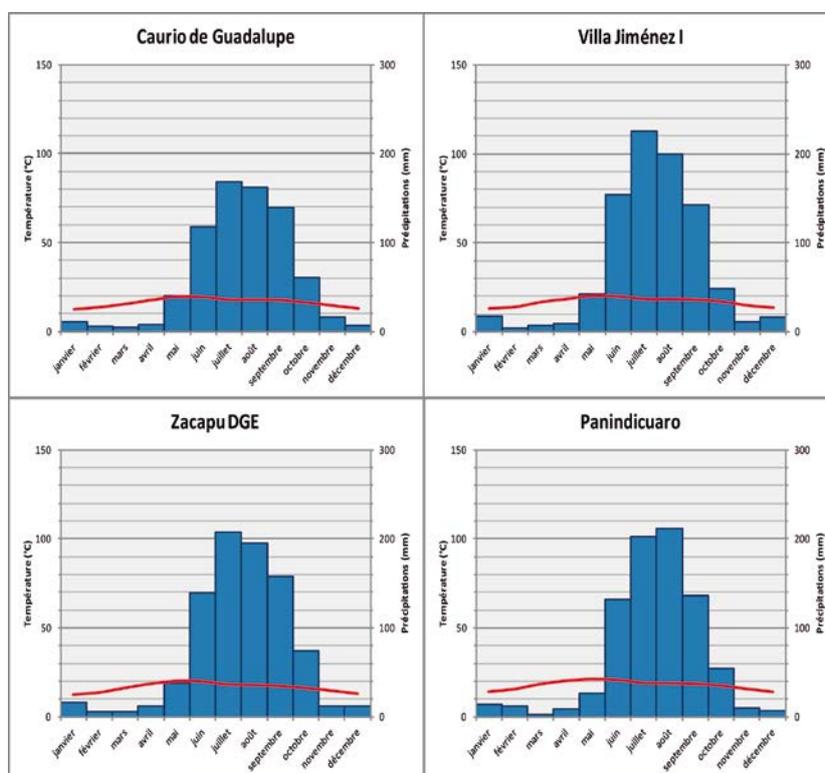


Figure 16 - Diagrammes ombrothermiques de quatre stations aux alentours de la zone étudiée

3.2.1.2. Températures

La situation intertropicale de la région de Zacapu implique des températures moyennes relativement constantes et douces tout au long de l'année (Figure 17). Les moyennes mensuelles sont sensiblement les mêmes pour toutes les stations et sont comprises entre 12°C (hiver) et 20°C (été). Cette apparente stabilité est nuancée par l'altitude, qui induit une amplitude jour-nuit contrastée (entre 12°C et 22°C en moyenne), qui s'accroît au cours de la saison sèche. Ainsi les minimales moyennes s'échelonnent entre 2°C (hiver) et 12°C (été) pour des maximales entre 22°C (hiver) et 30°C (été). Si ces tendances sont communes à l'ensemble de la zone, on note une légère différence de température entre les hautes terres et la plaine lacustre, plus froide de par sa situation encaissée qui favorise le maintien de l'humidité. Cette différence peut aller jusqu'à 1,5°C (comparaison entre les valeurs moyennes de Copándaro et Villa Jiménez).

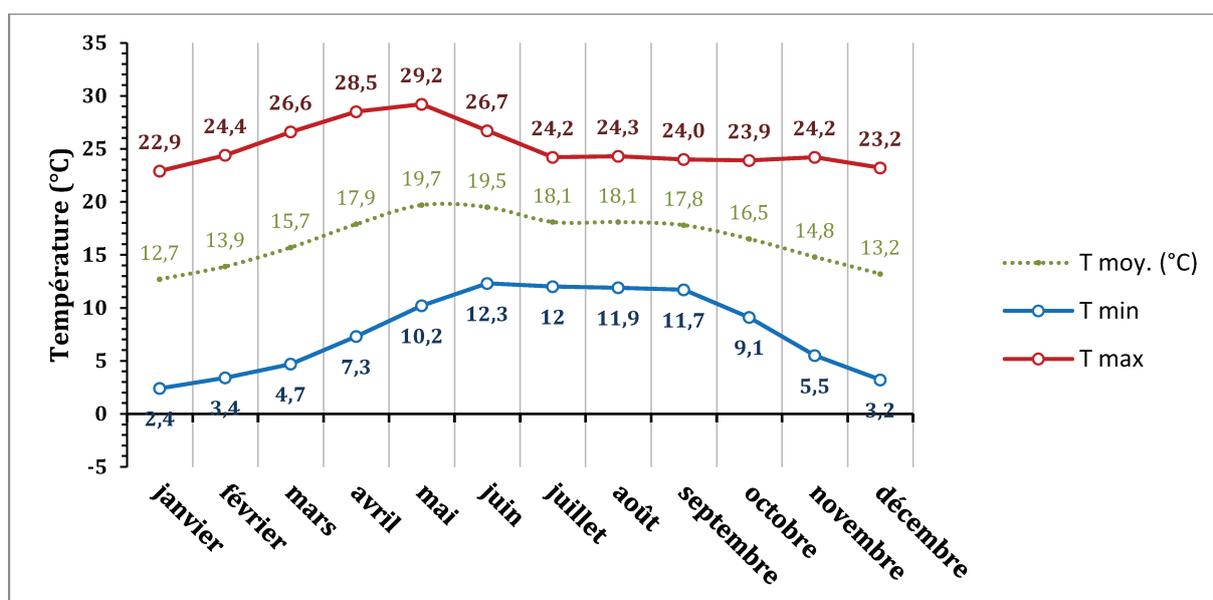


Figure 17 - Températures moyennes annuelles de la station de Caurio de Guadalupe

L'inconvénient des valeurs moyennes est toutefois de masquer les écarts à la normale. En reprenant les enregistrements journaliers des dernières décennies, on s'aperçoit que le thermomètre descend en dessous de 0°C la nuit pendant plusieurs jours consécutifs quasiment tous les ans. Ces épisodes peuvent durer quelques jours à plusieurs semaines. Ils sont généralement concentrés au cours des premiers mois de la saison sèche (novembre, décembre et janvier surtout), mais certains, courts et exceptionnels, peuvent se produire peu avant la saison humide (mars-avril). Ce sont là des observations à prendre en considération car le gel peut avoir un effet important sur les cultures.

Toutefois, à la lumière des données disponibles, il est difficile de dégager des tendances extrapolables dans le passé (Figure 18). On peut prendre en exemple les enregistrements contrastés des hivers 1983 – marqué par une longue période de froid pour l'ensemble du bassin – 1985 – pendant lequel la ville de Zacapu a beaucoup plus souffert du gel que les hautes terres – ou 1999 – caractérisé par la situation strictement inverse. Les variations enregistrées, couvrant à peine le siècle dernier, sont trop disparates pour soutenir une quelconque interprétation pour les siècles passés. Ainsi, en ce qui concerne les épisodes froids, la seule différence notable est celle qui existe entre le bassin et son pourtour, et la vallée septentrionale du rio Angulo, globalement moins sujette à ces risques.

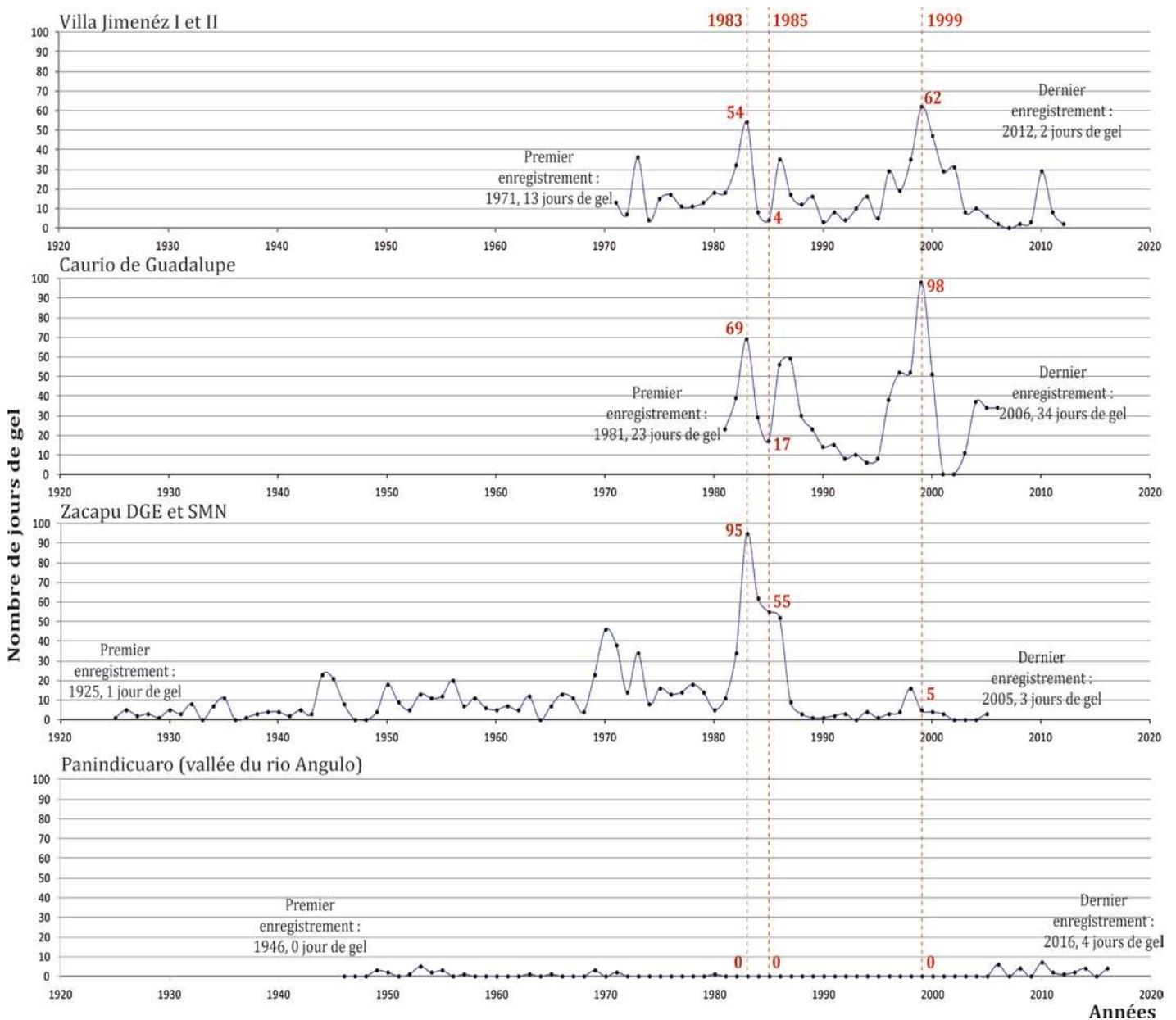


Figure 18 - Nombre de jours de gel par année pour les stations de Caurio, Villa Jimenez, Zacapu et Panindicuaro.

3.2.1.3. Précipitations

Les précipitations dans la région de Zacapu sont caractéristiques du système de mousson Nord-Américain, présentant une saison humide bien délimitée entre juin et octobre (Ropelewski *et al.* 2005). Dans ce système, les pluies proviennent en majorité du Golfe de Mexico, plus que de la côte pacifique, et touchent le Mexique au rythme de la progression vers le nord de la Zone de Convergence Inter-Tropicale (ITCZ⁶⁰). La saison humide, qui concentre plus de 50% des précipitations annuelles, est marquée par des pluies qui débutent généralement en fin d'après midi (18-21h) et cessent dans la nuit (0-3h). Elles sont, de fait, concentrées sur 12h, voire moins (Joyce *et al.* 2004).

Pour ce qui est du Centre-Nord, le taux de précipitations est dégressif de la Meseta Tarasca (autour de 1000 mm/an) au Lerma (700 mm/an). À Zacapu, on note la même tendance sud-nord, bien que la courbe des moyennes mensuelles soit relativement similaire pour l'ensemble des stations (voir Figure 16 et Figure 19), avec des précipitations annuelles autour de 800 mm. À noter que la zone de Caurio, dans les hautes terres, est sensiblement moins arrosée.

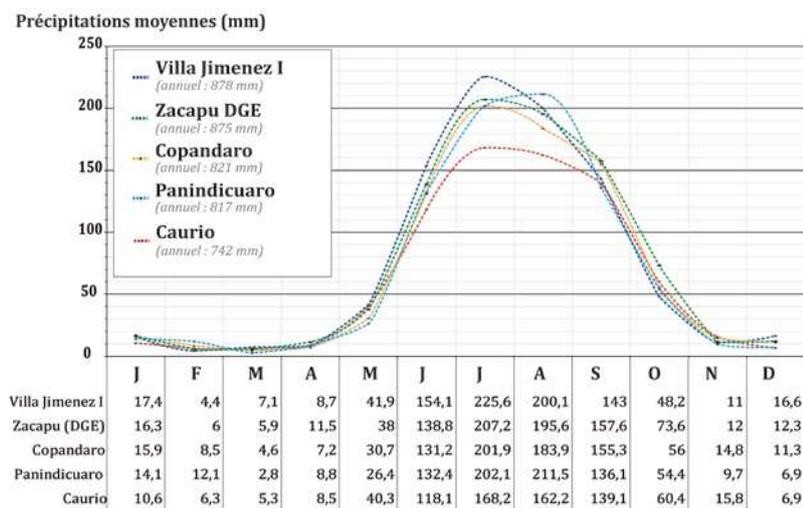


Figure 19 - Courbes des précipitations mensuelles moyennes dans et autour du bassin de Zacapu.

Du point de vue agricole, l'arrivée des pluies est fondamentale. Dans le bassin et les hautes terres, elle débute généralement au cours du mois de mai. Il est exceptionnel qu'elle débute avant, bien que des épisodes pluvieux puissent se déclarer pendant le mois de janvier. Toutefois, il est fréquent que les pluies ne s'installent qu'à partir du mois de juin. La saison humide se termine quant à elle entre la fin octobre et la mi-novembre. La période de mai à

⁶⁰ *Inter Tropical Convergence Zone* en anglais.

novembre concentre ainsi plus de 90% des précipitations annuelles. Juin, juillet, août et septembre, en représentant à eux seuls près de 80%. Le cumul des données des stations de Zacapu fournit un référentiel de plus de 80 ans des précipitations journalières. Sur cette base, le Tableau 3 présente le nombre moyen de jours de pluie par an selon la quantité journalière de précipitations. Parallèlement, la Figure 20 rend compte de la distribution normale des précipitations journalières à la saison humide (soit 184 jours).

| Précipitations journalières | Intensité ⁶¹ | Occurrences moyennes à Zacapu sur une période de 81 ans ⁶² |
|-----------------------------|-------------------------|---|
| Aucune | - | 258,80 jours/an |
| entre 0 et 1 mm | faible | 7,25 jours/an |
| entre 1 et 5 mm | faible à modérée | 37,70 jours/an |
| entre 5 et 10 mm | modérée | 21,49 jours/an |
| entre 10 et 25 mm | modérée à forte | 22,47 jours/an |
| entre 25 et 75 mm | forte à très forte | 6,10 jours/an |
| Supérieures à 75 mm | exceptionnelle | 0,04 jours/an |

Tableau 3 - Occurrences moyennes annuelles des jours pluvieux en fonction de l'intensité de l'apport hydrique.

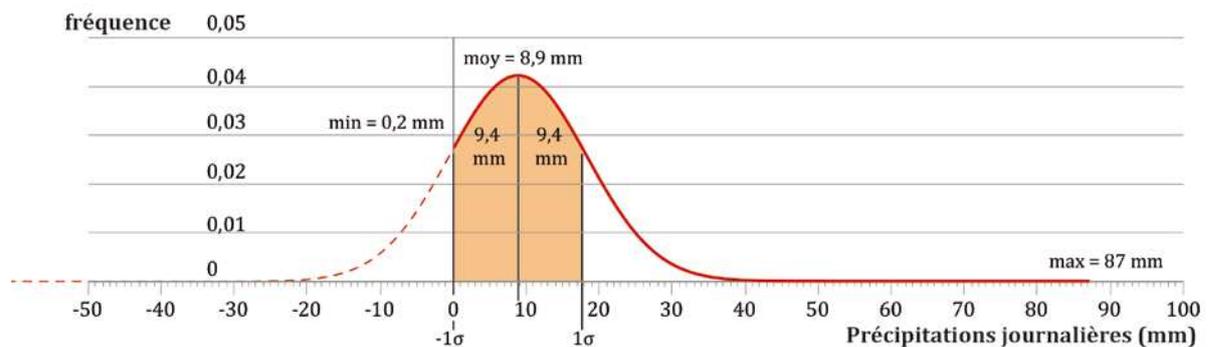


Figure 20 - Courbe de distribution normale des valeurs de précipitations journalières durant la saison humide d'après les données des deux stations de Zacapu.

À l'instar du gel, la neige peut avoir une certaine incidence sur les cultures, mais c'est surtout la grêle qui peut s'avérer dramatique (Parceveaux et Huber 2007 : 216). Si ces évènements sont rares et souvent minimales à Zacapu, ils ne sont pas inexistantes. La Figure 21 présente le nombre mensuel moyen de jours de neige et de grêle pour 8 des stations. Notons les occurrences d'exceptionnels épisodes neigeux dès les mois de juillet et août, en particulier à Zacapu et Villa Jiménez. Sur ces mêmes stations, relevons par ailleurs des épisodes de grêle

⁶¹ L'intensité est ici proposée à titre indicatif sur les critères du *Servicio Meteorológico Nacional* (SMN) mexicain et sans calcul préalable dans la mesure où nous n'avons pas accès à la durée précise des épisodes pluvieux.

⁶² La somme des occurrences n'est pas égale à 365 j mais 353,6 j. Cette différence est due à l'absence de donnée pour certains jours dans les enregistrements disponibles et au fait que les années bissextiles n'ont pas été prises en compte.

possibles pendant les mois de juin, juillet et août ; soit une période où les dommages peuvent s'avérer critiques pour les espèces cultivées.

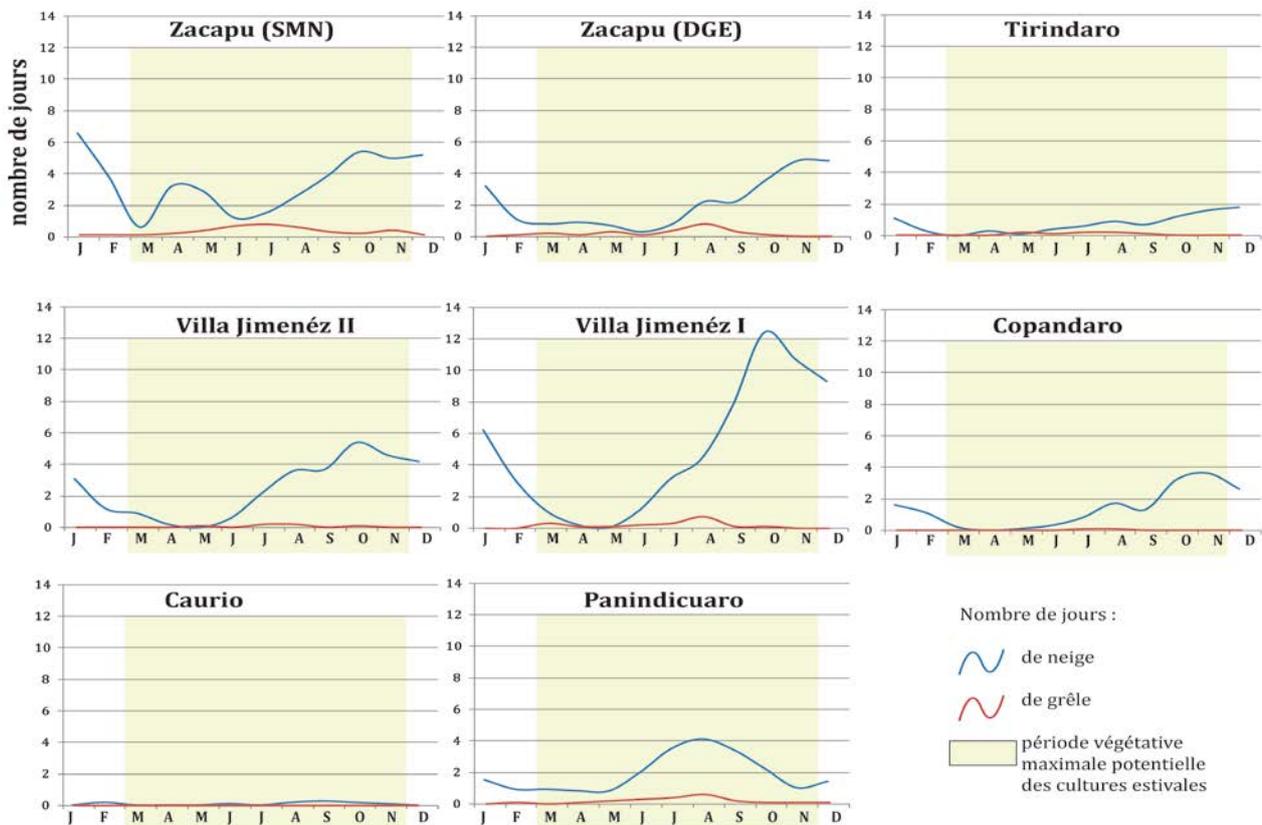


Figure 21 - Nombre mensuel moyen de jours de neige et de grêle pour 8 des stations.

Signalons finalement les précipitations occultes (brumes et brouillards) particulièrement fréquentes le matin dans la ciénega de Zacapu, notamment pendant la saison des pluies et plusieurs semaines après sa fin. Ce type de phénomènes peut constituer un apport hydrique non négligeable pour les sols, notamment au regard de la capacité de rétention d'eau des roches volcaniques vacuolaires (Acosta Baladón *et al.* 1991).

3.2.1.4. Évapotranspiration

L'évaporation est un phénomène dont l'enregistrement n'a été intégré qu'assez récemment dans les mesures des stations du Centre-Nord (généralement après 1980). Avec la transpiration des plantes, elle constitue pourtant un élément important dans le bilan hydrique d'une aire géographique. La somme des deux représente l'eau vaporisée dans l'atmosphère (Allen *et al.* 1998). Ce double phénomène, l'évapotranspiration, mis en regard des précipitations, permet d'évaluer le niveau d'aridité d'une zone.

L'évapotranspiration réelle est difficile à mesurer car les facteurs à prendre en compte sont nombreux (rayonnement solaire, température et humidité de l'air, vitesse du vent, type d'espèce végétale considéré...). Aussi a-t-on traditionnellement recours à des modèles mathématiques qui permettent d'estimer l'évapotranspiration potentielle (ETP) sur la base d'une évapotranspiration de référence (ETO), pour une espèce végétale type (gazon ou luzerne) et pour une zone géographique donnée. Un des modèles les plus courants est celui de Penman-Monteith (Allen *et al.* 1998 : 17-64). À l'instar des précipitations, l'ETP est exprimée comme une hauteur d'eau en millimètres, ce qui permet leur comparaison. Le rapport précipitations/ETP fournit un indicateur de l'aridité (Salem 1989). La différence entre l'ETP et les précipitations correspond au déficit théorique en eau ; soit l'eau qui doit nécessairement être puisée dans le sol par les plantes quand elle n'est pas compensée par les pluies (Parceveaux et Huber 2007 : 214).

Pour une partie des stations de Zacapu, l'INIFAP⁶³ fournit une évaluation de l'évapotranspiration sur la base de la formule de Penman-Monteith (Tableau 4). L'ETP est comprise entre 1000 et 1250 mm/an, avec une différence notable pour la station de Caurio, où elle ne dépasse pas 840 mm⁶⁴. Les *ratios* précipitations/ETP s'échelonnent entre 0,68 (Copándaro) et 0,88 (Caurio), avec un ratio moyen de 0,75. Ainsi, bien qu'aujourd'hui tempérée subhumide, la région de Zacapu a pu présenter un risque modéré d'aridité (ratios inférieurs à 0,50) (Salem 1989), au regard de sa localisation à proximité de la limite méridionale – qu'on sait fluctuante – des régions arides du nord du Mexique.

Les enregistrements de la station de Zacapu DGE offrent une courbe-type du rapport entre précipitations et ETP pour la région (Figure 22). Sans surprise, c'est en saison sèche que le déficit théorique est le plus important. Toutefois, on remarque que ce déficit n'est compensé qu'environ 1 mois après le début moyen de la saison des pluies. De même, il n'est plus compensé près de 1 mois avant la fin de la saison des pluies.

| | Jan. | Feb. | Mars | Avr. | Mai | Juin | Juil. | Août | Sep | Oct. | Nov. | Dec. | Annuel |
|---------------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|------|------|--------|
| Zacapu DGE | 81,3 | 91,9 | 118,5 | 121,6 | 118 | 124,1 | 105,5 | 107,3 | 92,8 | 94 | 80,5 | 74,1 | 1209,7 |
| Villa Jiménez | 74,3 | 88,4 | 107,4 | 111,5 | 114,9 | 116,7 | 104,4 | 96,3 | 88,3 | 84,2 | 73,5 | 68,9 | 1128,8 |
| Caurio | 58,2 | 63 | 65,9 | 75,4 | 68,6 | 73,6 | 77,7 | 100,4 | 80,3 | 65,5 | 55,4 | 55,7 | 839,6 |
| Copándaro | 87,8 | 97,2 | 118,8 | 127,2 | 130,4 | 130,2 | 108,1 | 101,3 | 93,6 | 95,9 | 84,7 | 80,8 | 1256,1 |

⁶³ Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Données consultables à l'adresse < <http://clima.inifap.gob.mx/redinifap/aplicaciones/eto.aspx>>.

⁶⁴ Rappelons cependant que la station de Caurio est une des plus tardives à avoir été mise en fonction et ne fournit qu'un maigre échantillon de 25 années, qui laisse supposer un possible biais lié à cette courte période d'enregistrement.

Tableau 4 - Valeurs moyennes mensuelles d'ETP pour différentes stations de la région de Zacapu selon la formule de Penman-Monteith.

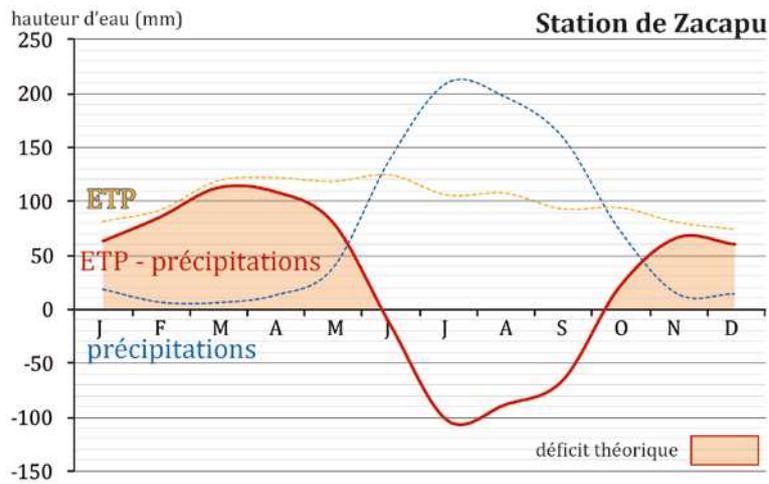


Figure 22 - Différence ETP-précipitations et déficit théorique pour la station de Zacapu.

3.2.1.5. Vents dominants : vitesse et orientation

Nous terminons cette présentation des conditions climatiques actuelles de la région de Zacapu par un bref point sur les vents dominants. Une telle information est notamment intéressante au regard de la dispersion potentielle des cendres volcaniques à la suite des éruptions (3.1.3.2). En admettant toujours que les données actuelles peuvent être extrapolées aux périodes anciennes, la direction et la vitesse des vents constituent des indicateurs pour juger de l'aire de répartition de ces cendres dans le paysage, lesquelles, de par leur altération rapide, constituent les matériaux parentaux de sols fertiles, formés en quelques centaines à un millier d'années (Shoji *et al.* 1993).

Nous n'avons pas trouvé de publication scientifique s'intéressant directement aux caractéristiques éoliennes du Michoacán. Aussi nous référons nous aux données fournies par le projet d'analyse atmosphérique MERRA-2 (Geralo *et al.* 2017), dont les informations sont compilées sur le site Weatherspark⁶⁵.

La période la plus venteuse à Zacapu s'étend de janvier à mai. Les valeurs moyennes vont de 3 à 18 km/h⁶⁶ (Figure 23). En ce qui concerne la direction du vent, on observe deux

⁶⁵ Données pour Zacapu consultées le 28/09/2018 à l'adresse < <https://es.weatherspark.com/y/4425/Clima-promedio-en-Zacap%C3%BA-M%C3%A9xico-durante-todo-el-a%C3%B1o> >.

⁶⁶ Il s'agit bien là de moyennes. De notre propre expérience du terrain pendant les mois les plus secs de l'année (mars-avril), le vent peut atteindre des vitesses bien plus élevées. On notera en particulier la formation de micro-tornades dans la plaine lacustre.

périodes principales (Figure 24). De décembre à juillet, soit grossièrement pendant la saison sèche, le vent vient majoritairement du sud. À la saison humide, de juillet à décembre, il vient majoritairement de l'est.

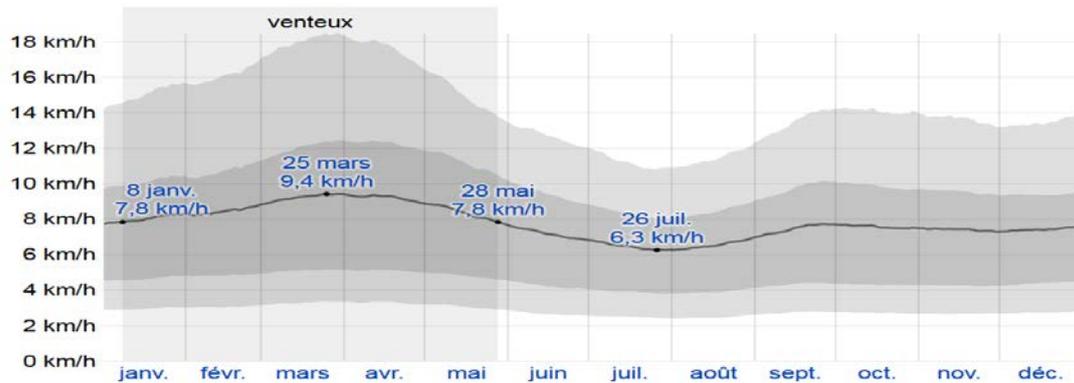


Figure 23 - Vitesse moyenne des vents à Zacapu (ligne gris foncé). La plage gris soutenu représente l'écart entre le 25^{ème} et le 75^{ème} centile ; la plage gris clair représente l'écart entre le 10^{ème} et le 90^{ème} centile. (graphique issu du site web weatherspark.com, cf. note 65)

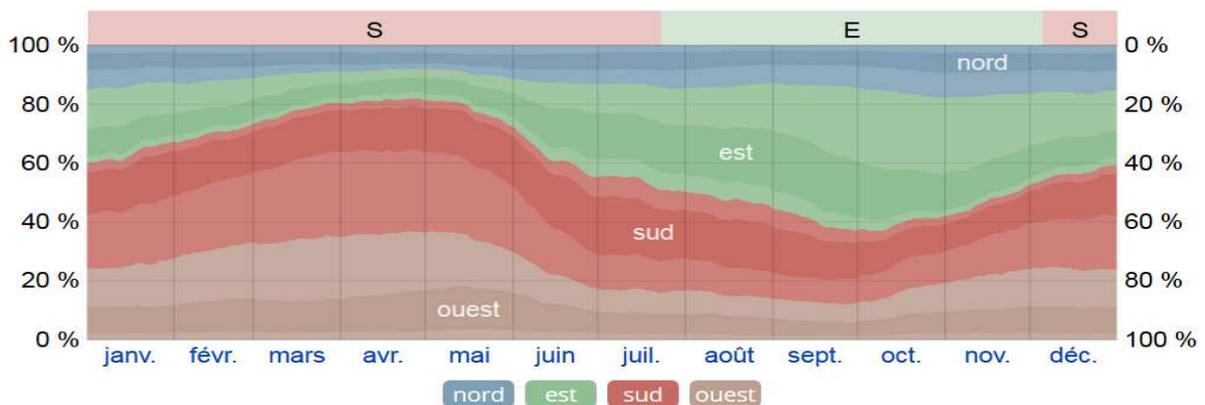


Figure 24 - Direction moyenne des vents à Zacapu. Les couleurs soutenues renvoient au pourcentage d'heures passées pendant lesquelles le vent ($\geq 1,6$ km/h) est dans la direction correspondante (nord, sud, est, ouest). Les couleurs pâles renvoient au pourcentage d'heure passées dans des directions intermédiaires (nord-est, nord-ouest, sud-est et sud-ouest). (graphique issu du site web weatherspark.com, cf. note 65)

3.2.2. Reconstruction du climat des deux derniers millénaires

La reconstitution du climat ancien pour des pas de temps aussi courts que les quelques siècles qui nous intéressent dans cette étude est difficile. Deux corpus de données sont disponibles. Le premier est constitué des documents ethnohistoriques qui mentionnent des événements climatiques importants (ex. sécheresses) ou donnent des indices sur les conditions anciennes. Ces documents ne recouvrent qu'une infime partie de l'histoire préhispanique, celle précédant la Conquête. En outre, l'Occident dépourvu de système d'écriture est encore plus avare en informations que certaines aires géographiques voisines. Le second corpus de données provient des études paléoclimatiques. Au Mexique et en particulier au sein de la CVT,

elles sont avant tout fondées sur des proxys issus de sédiments lacustres. Ces dernières années, les données limnologiques ont été enrichies par les enregistrements glaciaires, les accumulations de déchets de *Neotoma* dans les zones arides et la dendrologie (Metcalfé *et al.* 2015 : 5).

Par ailleurs, malgré la multiplication des études, la reconstruction du climat quaternaire dans le Nord et le Centre du Mexique est fragmentaire et son évolution demeure mal connue (Metcalfé 2006). On doit cette incertitude à de nombreux facteurs. Dans le Centre-Nord du Michoacán, un facteur d'incertitude majeur est l'activité humaine. Les modifications environnementales associées à l'occupation de la zone (déboisement et cultures), notablement accentuées à partir de 3500 ans BP, rendent les enregistrements d'autant plus difficiles à lire (Davies *et al.* 2004 ; Metcalfé *et al.* 2007). La Figure 15 présentée plus haut (3.2.1.1 : 103) offre une synthèse des études paléolimnologiques réalisées dans le Centre-Nord et citées dans le présent travail.

Pour la région de Zacapu, les connaissances paléoclimatiques sont essentiellement issues des séries sédimentaires prélevées sur les pourtours de l'ancien lac et dans son appendice vestigial, la lagune. Il est aussi possible de comparer le cas zacapense avec des proxys des bassins adjacents de Pátzcuaro et Cuitzeo et, dans une certaine mesure, de régions plus éloignées. Néanmoins, de part la grande variabilité régionale et microrégionale des conditions climatiques et des réponses aux évènements exceptionnels comme les sécheresses, ces comparaisons ne peuvent être utilisées qu'à titre indicatif.

3.2.2.1. Indices paléolimnologiques dans le bassin de Zacapu

À ce jour, les proxys utilisés pour reconstituer le climat du bassin de Zacapu sont issus de trois contextes : 1) des affleurements de diatomites sur la rive ouest du lac (Metcalfé 1992), 2) des carottes sédimentaires extraites de la plaine lacustre hors d'eau (Pétrequin 1994 ; Metcalfé 1995 ; Arnauld *et al.* 1997 ; Ortega *et al.* 2002 ; Newton *et al.* 2005) et 3) des carottes issues de la lagune (Metcalfé 1992, 1995 ; Leng *et al.* 2005). Si les diatomites n'ont fourni aucune indication paléoclimatique pour les périodes récentes qui nous intéressent, les autres proxys apportent des indications d'ordre général sur les variations du climat zacapense pour l'Holocène tardif.

- *Carottes sédimentaires dans la plaine drainée*

Les études conduites dans la plaine lacustre se basent sur cinq carottages localisés dans la partie ouest du bassin, dans et aux alentours des lomas. Les quatre premiers ont été réalisés dans le cadre du projet Michoacán II (Pétrequin 1994). Le point CEMCA-1 se situe à l'intérieur même du paléolac, dans la plaine lacustre, le deuxième sur la rive nord-est des lomas, le troisième dans un marais interne à celles-ci, et le dernier sur le plus haut relief de la zone, la Loma Alta. Un cinquième carottage, Cantabria 1 (CA-1), a été réalisé plus tard à proximité du point CEMCA-1 (Ortega *et al.* 2002). Divers proxys ont été étudiés sur la base de ces carottages :

- 1) les pollens (Xelhuantzi-López 1994a, 1995 ; Correa-Metrio *et al.* 2012) ;
- 2) la susceptibilité magnétique (Xelhuantzi-López 1994b ; Ortega *et al.* 2002) ;
- 3) les diatomées (Metcalf 1994 ; Arnauld *et al.* 1997) ;
- 4) la malacofaune (Polaco 1994) ;
- 5) le Carbone Organique Total (COT) (Ortega *et al.* 2002).

La plupart de ces études a été réalisée au cours du projet Michoacán étape II, dont le lecteur pourra trouver les résultats détaillés regroupés dans la publication coordonnée par Pierre Pétrequin (1994). L'objectif initial de ce projet était de tenter de répondre à trois interrogations (Arnauld *et al.* 1994 : 123) :

- 1) comprendre la formation des *lomas* de Zacapu,
- 2) évaluer les variations du niveau du lac, et
- 3) identifier les modes de valorisation agricole de la zone palustre-lacustre et leur évolution.

Ces investigations, aussi riches soient-elles, se sont heurtées à un problème chronologique majeur. Les parties supérieures des carottes sédimentaires se sont avérées trop altérées – par les radicelles des cultures actuelles ou l'érosion à la suite du drainage du lac – pour que les données des horizons les plus superficiels puissent être exploitées (Arnauld *et al.* 1994 : 124). Or, ce sont précisément ces quelques dizaines de centimètres de sédiments des horizons supérieurs qui correspondent aux 2000 dernières années de l'histoire du bassin et, *a fortiori*, à la *quasi* totalité de l'histoire de l'occupation humaine de celui-ci.

Par ailleurs, aucune des études entreprises dans la plaine lacustre en dehors des investigations archéologiques (Ortega *et al.* 2002 ; Correa-Metrio *et al.* 2012) n'a produit de datations postérieures au 1^{er} millénaire avant notre ère. Ces études s'intéressaient de plus à

des cadres chronologiques de plusieurs dizaines de milliers d'années et étaient motivées par des questionnements scientifiques en accord avec ces pas de temps. Aussi les données acquises lors de ces recherches se prêtent-elles mal à la corrélation avec les phénomènes anthropiques documentés par l'archéologie. N'en ressortent que la mention d'une apparente stabilité des conditions du lac à l'échelle des deux derniers millénaires au regard des données palynologiques (Xelhuantzi-López 1994a).

- *Carottages dans la lagune de Zacapu*

Les carottages réalisés dans la lagune de Zacapu sont plus pertinents mais ne fournissent qu'une vision partielle de l'évolution climatique de la région pendant les deux premiers millénaires de notre ère, à la lumière de quelques dates ¹⁴C.

De manière générale, peu de changements climatiques ont pu être constatés au cours des trois derniers millénaires à travers les enregistrements de la lagune, nonobstant une baisse progressive du niveau des eaux pendant cette période (Leng *et al.* 2005 : 428). Toutefois, les travaux réalisés par Sarah Metcalfe sur les diatomées (1992, 1995) rapportent une baisse sensible du niveau des eaux datée autour de 1100±90 ans BP, soit 907±98 apr. J.-C.⁶⁷ ; en d'autres termes, entre l'extrême fin du Classique et le début du Postclassique (Metcalfe 1995 : 203). Cet évènement est interprété comme une période plus sèche que l'actuelle.

**

En résumé, les enregistrements zacapenses ne se sont avérés que d'une pertinence modérée pour la reconstruction du climat des deux derniers millénaires. Néanmoins, des études de plus en plus nombreuses dans les régions alentours apportent de nouveaux indices pour la reconstruction du climat à une échelle plus large.

3.2.2.2. Indices paléoclimatiques hors du bassin de Zacapu

Les recherches paléoclimatiques dans les lacs de la CVT, sur les cernes d'arbres de régions arides du Mexique ou encore sur les spéléothèmes karstiques du Yucatán, étayent aujourd'hui les connaissances sur le paléoclimat mexicain (Metcalfe *et al.* 2015). De façon notable, la période plus sèche que l'actuelle identifiée par Metcalfe à la toute fin de l'Épiclassique à

⁶⁷ Cet âge diffère de celui indiqué par Sarah Metcalfe dans sa publication de 1995. Cette différence est due à une re-calibration de la date BP originelle à la lumière des précisions apportées à la méthode de datation ¹⁴C depuis les années 1990. Nous avons utilisé par commodité le logiciel allemand de calibration en ligne CalPal <<http://www.calpal-online.de/>>.

Zacapu (Metcalfé 1995) est aujourd'hui corroborée par des indices similaires retrouvés dans différentes parties du Mexique (Metcalfé *et al.* 2007 ; Vazquez *et al.* 2010 ; Stahle *et al.* 2011). Cette période semble synchrone avec la Sècheresse du Classique Terminal (*Terminal Classic Drought* ou TCD), mise en évidence dans la péninsule du Yucatán (Hodell *et al.* 1995). La TCD correspond à une suite d'épisodes de plusieurs années successives marquées par la sècheresse (Hodell *et al.* 2005), qui semble s'être étendue sur une bonne partie de la Mésoamérique (Metcalfé *et al.* 2015 : 15). Dans le lac de Pátzcuaro, ces épisodes secs se caractérisent par des niveaux d'ostracodes, datés entre 700 et 1260 apr. J.-C. (Metcalfé *et al.* 2007 : 290). De même dans le lac de Zirahuén, une phase de moindre érosion est interprétée comme une période de réduction des précipitations comprise entre 550 et 1070 apr. J.-C. (Vazquez *et al.* 2010 : 341). Enfin, dans la lagune de Juanacatlán (Jalisco), les variations de concentration en titane – proxy du ruissellement – indiquent un climat sensiblement plus sec que l'actuel entre 400 et 1100 apr. J.-C. (Metcalfé *et al.* 2010).

À Juanacatlán toujours, l'étude révèle que les épisodes secs du Classique sont suivis par une période plus humide allant jusqu'au XIV^{ème} siècle, avant le retour de phases plus sèches (Metcalfé *et al.* 2010). Ces épisodes secs du Postclassique sont documentés ailleurs par la dendrologie. En effet, les textes mexicains relatent des sécheresses au cours des décennies 1330 et 1450, qui sont aujourd'hui corroborés par la dendrologie (Therrell *et al.* 2004). De même, l'étude de cyprès (*Taxodium mucronatum*) retrouvés dans le sud du Querétaro identifie trois épisodes de sècheresse, au Classique entre 897 et 922 apr. J.-C., puis au Postclassique ancien 1149-1167 apr. J.-C. et moyen 1378-1404 apr. J.-C. (Stahle *et al.* 2011). La Figure 25 synthétise ces phases de sècheresses potentielles ou attestées.

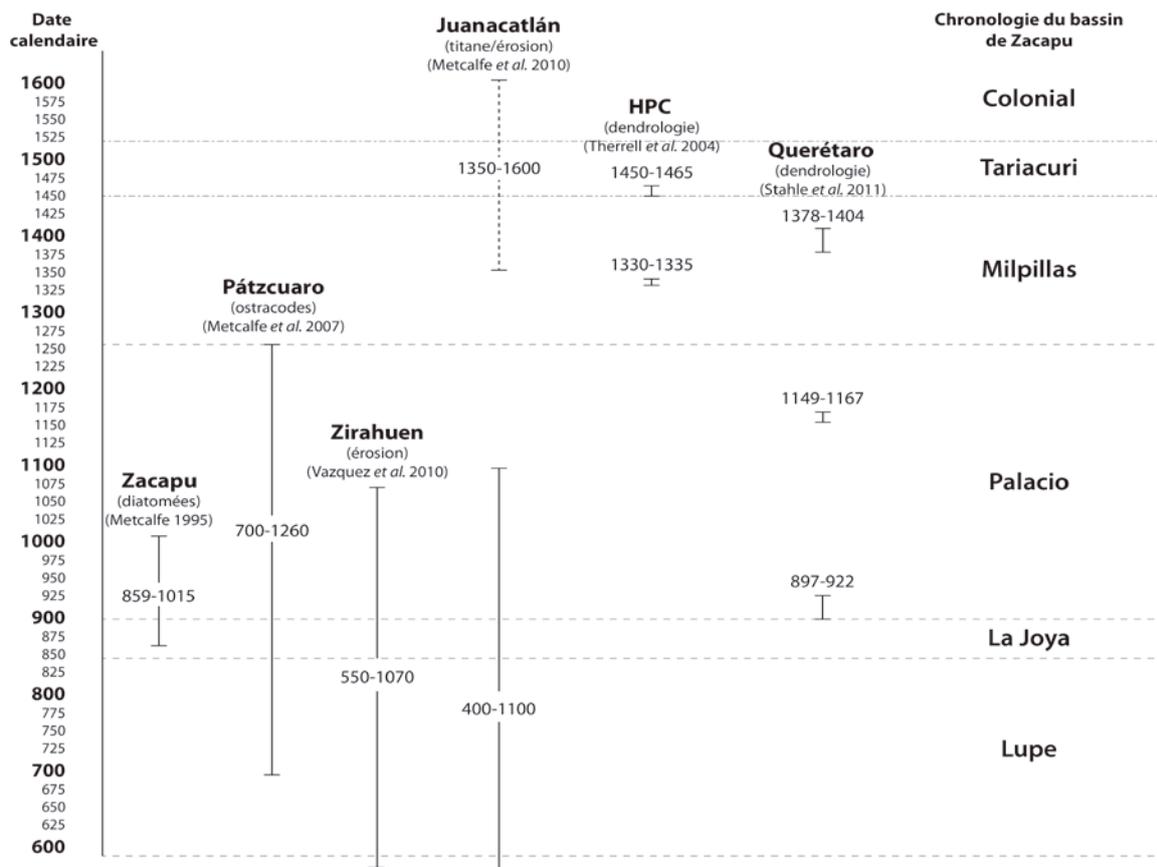


Figure 25 - Synthèse des principales périodes de climat sec référencées au sein de la CVT.

À la lumière de ces différents indices, il semble donc que notre cadre chronologique a pu être marqué par une certaine variabilité climatique (Figure 25). La période allant du $v^{\text{ème}}$ au début du $xii^{\text{ème}}$ siècle serait plutôt à associer à un climat sec. Elle serait suivie par un bref épisode plus humide au $xiii^{\text{ème}}$ siècle, avant le retour de conditions plus sèches périodiques dès le $xiv^{\text{ème}}$ siècle. Rappelons une fois de plus que ces informations sont à prendre avec beaucoup de précautions pour interpréter nos données. Elles sont principalement issues de contextes extérieurs au bassin de Zacapu et les proxys utilisés (diatomées, apports de matière, titane, isotopes...) sont difficiles à interpréter d'après les auteurs mêmes des études.

3.3. HYDROLOGIE

L'eau constitue un élément essentiel de notre étude de part son importance pour l'agriculture. Elle est d'autant plus importante que les indices paléoclimatiques tendent à montrer qu'une bonne partie de la période qui nous intéresse était sujette à des épisodes secs (3.2.2) et donc, à un certain stress hydrique. Ces hypothétiques déficits en eau sont augmentés par la faiblesse des ressources pérennes à proximité du Malpaís de Zacapu au regard de la perméabilité des matériaux parentaux. Du point de vue humain, il est donc certain que les conditions que nous détaillons ici ont été primordiales dans les stratégies agraires développées à l'époque préhispanique.

Dans cette sous-partie, nous commençons par présenter les caractéristiques hydrologiques actuelles de la région de Zacapu (3.3.1). Cependant, celles-ci ne peuvent être extrapolées telles quelles à l'époque qui nous intéresse. De fait, deux phénomènes ont modifié de façon drastique l'hydrologie de la zone entre l'époque préhispanique et l'actuelle : l'éruption du Malpaís Prieto au X^e siècle de notre ère et le drainage du paléolac en 1900. Néanmoins, dans la mesure où une partie de notre travail a été d'étudier les répercussions de l'éruption sur la morphologie de la zone, nous traiterons cette question plus avant (chapitre 6). Nous ne présentons ici que l'état des connaissances sur le paléolac avant son drainage (3.3.2).

3.3.1. Hydrographie actuelle du nord du Malpaís de Zacapu

À notre connaissance, peu d'études se sont penchées en détail sur les caractéristiques hydrologiques du bassin de Zacapu et des bassins adjacents. La majorité des données dont nous disposons sur le réseau hydrographique actuel provient du simulateur de cours d'eau mis en place par l'INEGI – dont les données sont accessibles en ligne⁶⁸ – et des cartes topographiques réalisées par le même institut (DETENAL 1977 ; INEGI 1998).

3.3.1.1. Le cours supérieur du Rio Angulo

Le bassin de Zacapu est délimité au sud par la Meseta tarasca, à l'est par le massif de la Leonora, au nord par la faille de Villa Jiménez et à l'ouest par le Malpaís (Figure 26 Figure 27). Au niveau hydrologique, on entend par « bassin de Zacapu » le bassin versant qui alimente la plaine où s'étendait le lac, ou ciénega. Il s'inscrit plus largement au sein du sous-bassin du Rio Angulo (2079 km² [Ramirez-Herrejón *et al.* 2012]), qui prend sa source dans la lagune de Zacapu. Canalisé dans son cours supérieur, dans la plaine lacustre, l'Angulo y

⁶⁸*Simulador de flujos de agua de cuencas hidrográficas* <http://antares.inegi.org.mx/analisis/red_hidro/siatl/>

reçoit les eaux d'un affluent principal, le Rio La Patera qui naît dans la partie orientale du bassin. Il retrouve ensuite son cours naturel au-delà de l'exutoire de Villa Jiménez. Après un parcours d'environ 35 km vers le nord au long duquel il reçoit les apports de divers affluents, l'Angulo rejoint finalement le Rio Lerma au pied du cerro Barajas.

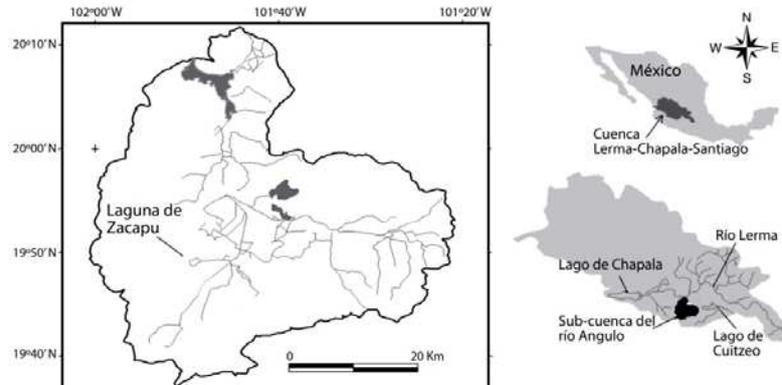


Figure 26 - Localisation du sous-bassin du Rio Angulo au sein du réseau hydrographique du Mexique. (modifié depuis Ramirez-Herrejón *et al.* 2012 : 1671, fig.1)

La majeure partie de notre fenêtre d'étude s'inscrit dans les limites du bassin de Zacapu. En effet, la route Los Espinos-Caurio qui matérialise la limite nord de la fenêtre, marque aussi le partage des eaux entre le bassin de Zacapu et celui de l'Arroyo Grande de Zipimeo⁶⁹. Seule l'extrémité nord-ouest de la fenêtre se situe en dehors. Les eaux de cette zone s'écoulent vers la *presa*⁷⁰ de Caurio. On notera que le dénivelé à la frontière entre les bassins de Zipimeo et Caurio est très peu marqué. Il est possible qu'une partie des eaux qui s'écoulent supposément vers la *presa*, soient en réalité drainée sous terre vers le bassin de Zipimeo. Par ailleurs, le comportement des eaux au niveau du Malpaís est mal compris car la majorité circule sous les coulées volcaniques perméables. Les eaux de pluie qui touchent le versant oriental du volcan Tule s'écoulent logiquement vers la ciénega, mais il est difficile d'interpréter avec exactitude leur cheminement sous le Malpaís ; bien que le défilé de Las Milpillas constitue la voie naturelle au sortir de celui-ci vers l'est.

⁶⁹ Les noms des bassins versants secondaires du sous-bassin de l'Angulo sont arbitraires et définis par l'auteur en fonction de la localité la plus importante pour chaque bassin versant considéré ou, le cas échéant, en fonction du cours d'eau pérenne majeur qui le draine.

⁷⁰ Retenue d'eau

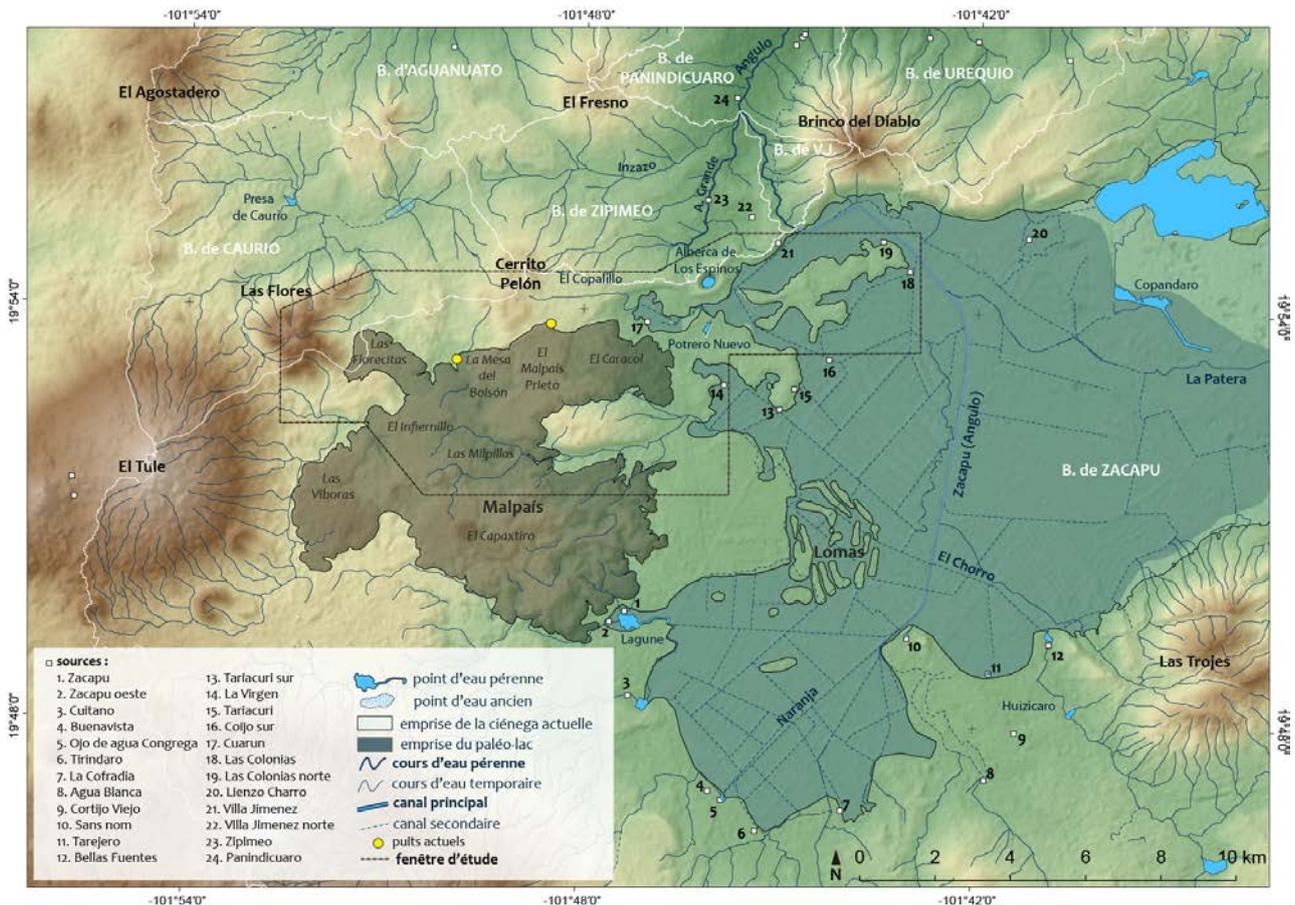


Figure 27 - Hydrographie de la partie ouest du bassin de Zacapu et principaux bassins versants.

3.3.1.2. Le bassin de Zacapu et ses sources

La ciénega est une plaine d'environ 260 km², abondamment cultivée et alimentée par un bassin versant de 1480 km² (Kshirsagar *et al.* 2015). Ce bassin était originellement pseudo-endoréique. Lors des années de pluies particulièrement importantes, l'exutoire permettait l'évacuation des eaux vers l'Angulo (Arnauld *et al.* 1993 : 30-31). Son surcreusement au début du XX^e siècle a rendu le bassin exoréique de façon permanente. Les caractéristiques de l'ensemble du bassin sont présentées ailleurs (Arnauld *et al.* 1993 ; Pétrequin 1994 ; Kshirsagar *et al.* 2015). Nous nous concentrons ici sur la partie nord-ouest.

Au regard de notre approche agronomique, la plus notable particularité du bassin est la nature volcanique des massifs qui l'enclosent. De par la perméabilité des roches régionales, les rivières, torrents et points d'eau pérennes sont quasiment absents des hautes terres. Ainsi, hormis les précipitations, les principaux apports hydriques du bassin lacustre sont les sources qui surgissent sur les anciennes rives, au pied des édifices volcaniques (Arnauld *et al.* 1993 ;

Kshirsagar *et al.* 2015), à une altitude moyenne de 1990 m. Dans la partie occidentale, les sources les plus importantes sont celles de Tiríndaro, Naranja (Ojo de agua de la Congrega), Tarejero, Bellas Fuentes, ainsi que celles de Zacapu, qui alimentent la lagune (Arnauld *et al.* 1993). La partie est du bassin⁷¹, au nord du volcan Zirate et du *maar* de la Alberca de Guadalupe, constitue une seconde zone riche en résurgences d'eaux souterraines qui alimente La Patera. Avec un débit moyen de 2000 L/s (Blazquez & Lozano 1946 : 32, cité par Arnauld *et al.* 1993 : 31) – soit 2,00 m³/s –, la source de la lagune de Zacapu alimente le canal qui draine l'Angulo dans la plaine. De la même manière, plusieurs canaux secondaires sont alimentés par les autres sources du bassin. De multiples canaux plus réduits encore dérivent les eaux de ces ouvrages pour irriguer les champs.

On dénombre 10 sources au nord-ouest du bassin (13 à 19 et 21 à 23 sur la Figure 27). La plus proche du Malpaís est celle de Cuarún, localisée dans un appendice de la ciénega à proximité du village actuel de Los Espinos (Figure 28). Ses eaux sont canalisées vers l'est pour rejoindre le système de drainage principal. Deux des autres sources qui environnent le Malpaís nord se situent sur le versant septentrional de la Alberca de Los Espinos (Villa Jiménez Norte et Zipimeo sur la Figure 27), au-delà de la limite du bassin. Elles correspondent vraisemblablement à des résurgences du lac de *maar*.



Figure 28 - Le canal de la source de Cuarún plein est, vu depuis la faille de Villa Jiménez.

3.3.1.3. Principaux cours d'eau temporaires au nord du Malpaís

Dans les hautes terres et le Malpaís les apports hydriques sont quasiment exclusivement composés des cours d'eau temporaires qui canalisent les eaux de ruissellement à la saison des pluies. Le plateau du Copalillo, au nord du Malpaís Prieto, est irrigué par un cours temporaire qui s'écoule d'ouest en est depuis le versant oriental du Cerrito Pelón (Figure 27). Il ravine en

⁷¹Non visible sur la Figure 18 ; voir Figure 6 : 21.

bordure de la faille de Villa Jiménez, avant de se jeter *via* une cascade dans l'appendice du lac à Cuarún. Comme mentionné, au nord de ce point se trouve la ligne de partage des eaux vers le bassin de l'Arroyo Grande de Zipimeo. Commencent alors plusieurs cours temporaires. Notons au pied du versant nord du Cerrito Pelón, les cours qui se forment et grossissent en aval le cours de l'Inzazo, principal affluent de l'Arroyo Grande.

Depuis le versant opposé du même Cerrito Pelón, un autre cours sillonne vers le sud jusqu'au piémont occidental de la Mesa del Bolsón, où il est drainé sous terre⁷². Une partie des eaux souterraines rejoint probablement le défilé de Las Milpillas au sud. Ce dernier, entre les coulées de Malpaís Prieto et Capaxtiro, concentre un certain nombre de cours qui se forment au cœur du Malpaís et qui sont drainés naturellement vers l'est, au pied du versant sud de la Mesa del Pinal. Le versant nord de cette dernière, dont la pente est moins marquée, est entaillé de ravines. Les eaux qui en découlent se rejoignent en un seul cours qui longe l'édifice vers l'est où il rejoint le drainage de Las Milpillas, avant d'intégrer le système de canaux de la ciénega.

Il convient finalement de mentionner les cours temporaires situés dans notre fenêtre mais qui intègrent le bassin de Caurio. Toujours au départ du Cerrito Pelón, sur son versant occidental, un torrent temporaire creuse une ravine est-ouest dans la pente, puis bifurque vers le nord au pied du cône. Il est canalisé artificiellement en aval, dans la plaine qui jouxte le village de Caurio. Plus à l'ouest encore, les confins de notre fenêtre sont irrigués par des cours temporaires qui entaillent le versant oriental du *cerro*⁷³ de Las Flores et dont les eaux sont par la suite drainées vers la *presa* de Caurio. La morphologie atypique du *cerro* semble par ailleurs avoir eu une importance particulière pour l'implantation du site préhispanique de Mich. 416, établi sur son piémont (7.2.5). Dans cette zone, la ligne de partage des eaux entre les bassins de Zacapu et Caurio n'est pas clairement marquée mais elle correspond grossièrement à une ligne sinueuse allant du Cerrito Pelón au cône de Los Cuarterones.

3.3.1.4. Points d'eau

Pour terminer ce bref tour d'horizon des caractéristiques hydrologiques du nord du Malpaís, mentionnons les quelques points d'eau actuels et pérennes enregistrés sur les cartes. Le premier est le lac de *maar* de la Alberca de Los Espinos (Figure 29). Le lac est circulaire,

⁷² On notera ici une erreur de la cartographie actuelle disponible sur le site de l'INEGI <<http://www.beta.inegi.org.mx/app/mapas>>, qui occulte ce drainage ponctuel et le remplace par un cours reliant la Mesa del Bolsón et le défilé de Las Milpillas.

⁷³ Dénomination espagnole pour un mont.

légèrement elliptique, avec un diamètre maximal SSE-NNW d'environ 340 m. Il présente un périmètre de 950 m, pour une surface totale d'environ 7 ha, et une profondeur maximale de 29 m sous son niveau d'eau actuel situé à 1980 m d'altitude (Siebe *et al.* 2012 : 74). Il résulte de la perforation de la nappe phréatique lors de la formation du cône (Siebe *et al. ibid*).



Figure 29 - Vue aérienne du *maar* de la Alberca de Los Espinos (photo : G. Pereira).

Directement au sud de la Alberca, l'étang du Potrero Nuevo mesure 330 m de diamètre pour une surface d'environ 3 ha. Point d'eau marécageux, sa taille varie selon l'époque de l'année. Nous le mentionnons ici car il constitue un vestige clair de l'ancien lac, isolé du reste du système de drainage par l'édification de la route qui relie Zacapu et Villa Jiménez. De chaque côté de l'asphalte, l'image satellite montre très clairement le Potrero Nuevo à l'ouest, en eau, et le reste de l'ancien appendice lacustre asséché à l'est, matérialisé par des dépôts carbonatés (Figure 30).



Figure 30 - Vue satellite de l'étang du Potrero Nuevo. À l'ouest en vert, la végétation aquatique de l'étang entourée de sols humiques noirs. À l'est, les dépôts carbonatés blanchâtres de la partie asséchée.

Dans les hautes terres au nord du Malpaís, plusieurs retenues d'eau de quelques centaines de mètres carrés ont été délimitées par les paysans locaux à l'aide de digues en terre. Elles constituent des mares temporaires pour abreuver le bétail. Elles se forment à la saison des

pluies et s'assèchent progressivement au cours de la saison sèche. Beaucoup n'apparaissent pas sur les cartes topographiques. Notons l'exception de celle située à proximité du ranch d'El Copalillo qui constitue l'une des plus grandes (1,3 ha) et qui reste en eau quasiment toute l'année, lorsque le climat et les minces précipitations hivernales le permettent (voir Figure 27). La profondeur d'eau maximum de ces mares est de l'ordre du mètre, mais est souvent inférieure. Un élément important à souligner est le fait que la plupart se situe non pas dans des zones particulièrement dépressionnaires, mais au contraire, au niveau de la ligne de partage des eaux Zacapu-Zipimeo.

En marge de notre fenêtre d'étude mais à moins de 5 km du Malpaís, la *presa* de Caurio constitue un ouvrage similaire. Située dans une zone de captation en amont d'espaces aujourd'hui cultivés, elle permet de maintenir les champs hors d'eau (Figure 27). Cette retenue est relativement récente. Certaines cartes du XIX^{ème} siècle⁷⁴ et les cartes de la DETENAL (1977 et 1979a) ne l'indiquent pas. En revanche, un point d'eau pérenne est représenté sur ces mêmes cartes au sud-est du village de Caurio, en lieu et place des champs maintenus hors d'eau par la retenue et des canaux de drainage. Certaines années à la saison humide, la retenue et les canaux ne suffisent pas à drainé l'excédent d'eau et un étang temporaire se forme (Figure 31).



Figure 31 – Étang temporaire au sud-est de Caurio (25/02/2015),
photo : © Caurio Movies, consulté sur
<<https://www.youtube.com/watch?v=kPw49vUG3QA>> le 12/05/2018

Outre ces ouvrages qui tirent avantage de la topographie, notons finalement l'existence de deux puits référencés dans la zone. Le premier est situé directement au pied du versant nord de la coulée de Malpaís Prieto. Le second se trouve au pied du versant occidental de la Mesa del Bolsón (Figure 32).

⁷⁴ Carte du premier projet de dessiccation de la ciénega de Zacapu en 1864 par exemple (reproduite dans Guzmán Avila 2002 : 112-113).



Figure 32 - Puits au pied de la Mesa del Bolsón.

3.3.2. Le paléolac de Zacapu

En ce qui concerne le paléolac et ses caractéristiques, les textes historiques constituent les principales sources d'information (Arnauld *et al.* 1993). À cette information s'ajoutent les données paléolimnologiques présentées dans la partie précédente (3.2.2).

Drainé entre 1900 et 1906 (Noriega & Noriega 1923, cités par Arnauld *et al.* 1993 : 16), le paléolac de Zacapu ne représente qu'une partie limitée de notre fenêtre d'étude, quelque peu en marge de la majorité des sites du Malpaís que nous étudions, toutes époques confondues (7.6). Il constituait cependant un espace écologique sans aucun doute important pour les habitants ; tant en sa qualité de réservoir d'eau douce, rare dans les hautes terres, que pour ses ressources fauniques et végétales (joncs, roseaux...), voire pour le potentiel agronomique des sols de ses rives. Nous nous limitons ici à une synthèse sommaire de l'évolution du paléolac (3.3.2.1), avant de présenter les connaissances dont nous disposons sur ses caractéristiques avant drainage (3.3.2.2). Au cours de notre révision de la géomorphologie locale présentée plus avant (chapitre 6), nous avons par ailleurs conduit une étude un peu plus détaillée de la partie nord-ouest.

3.3.2.1. Brève histoire de l'évolution du paléolac de Zacapu

Les questions de la formation du paléolac et de son évolution ont été abordées par le géomorphologue Jean Tricart dès les années 1980 (Tricart et Rios Parades 1985 ; Tricart 1992 ; 3.4.1). Toutefois, une grande partie des connaissances provient des études postérieures, conduites au cours du projet Michoacán étape II (Pétrequin 1994). Ces investigations couvrent l'histoire limnologique depuis le VI^{ème} millénaire av. J.-C., nonobstant une information tronquée pour les deux derniers millénaires. Parallèlement, les investigations archéologiques entreprises dans la zone Lago dans les années 1980, et les recherches

ethnohistoriques et historiques qui les ont accompagnées, fournissent des informations sur l'histoire du lac depuis le début de notre ère jusqu'au drainage (Arnauld *et al.* 1993). À la même époque, l'étude de Metcalfe sur les diatomées de la lagune a apporté des indices sur la fluctuation du niveau d'eau depuis 30000 BP (Metcalfe 1992, 1995). Elle est d'autant plus notable qu'elle couvre pour partie notre cadre chronologique (voir 3.2.2). En 2001, un nouveau carottage dans la plaine a permis l'obtention d'un enregistrement d'environ 50000 ans, mais qui ne documente que très superficiellement les cinq derniers millénaires avant le présent (Ortega *et al.* 2002). Enfin, les investigations géologiques entreprises à partir du début des années 2010 offrent un regard sur le long cours (Siebe *et al.* 2012).

La formation du lac n'est pas clairement datée mais remonterait au Pliocène ou au Pléistocène (Lozano-García & Xelhuantzi-López 1997 ; Siebe *et al.* 2014). Elle serait liée à l'activité tectonique du système de failles Morelia-Acambay (voir 3.1.1.3). Un *hiatus* dans les enregistrements sédimentaires a été mis en évidence par la géomorphologie, le paléomagnétisme et le carbone organique après sa formation, entre 28000 et 25000 ans BP (Tricart et Rios Paredes 1985 ; Tricart 1992 ; Ortega *et al.* 2002). Tricart et Rios Paredes y voyaient déjà une transgression lacustre (Tricart & Rios Paredes *ibid.*), qui a récemment pu être mis en relation avec l'éruption phréatomagmatique de la Alberca de Los Espinos, au point même de l'exutoire (Siebe *et al.* 2012). L'éruption a provoqué le déplacement de celui-ci vers l'est, où il se trouve actuellement. Par la suite, le lac s'est maintenu dans la même configuration pseudo-endoréique. Le carottage CANTABRIA 1 (CA1) réalisé en 2001 renseigne sur son évolution entre 25000 B.P. et 6000 BP (Ortega *et al.* 2002). De manière grossièrement synthétique, CA1 indique des conditions plus sèches et des fluctuations assez nombreuses à cette période. Par extension, un niveau d'eau assez bas est alors suggéré.

De 6000 BP au début de notre ère, les carottages réalisés dans les *lomas*, sur les rives et à l'intérieur du paléolac par le projet CEMCA, ont permis de distinguer cinq phases (A, B, C, D et E), résumées en conclusion de l'ouvrage dirigé par Pierre Pétrequin précédemment cité (Arnauld *et al.* 1994 : 123-132). De manière générale, les eaux du lac sont peu profondes durant toute la période.

En ce qui concerne notre cadre chronologique (VII^e-XV^e siècle), les seules données disponibles sont celles des carottages réalisés dans la lagune de Zacapu (Metcalfe 1992, 1995). Selon Metcalfe, il semblerait que le Classique Ancien (200-600 apr. J.-C.) et l'Épiclassique (600-900 apr. J.-C.) coïncident avec une période de niveau d'eau relativement

haut, entre 2240 ±150 et 1100 ±90 BP, soit entre 319 ±201 et 907 ±98 apr. J.-C⁷⁵ (Metcalf 1995 : 202). Cet intervalle chronologique est immédiatement suivi par la période de plus bas niveau du lac. Par la suite, il semblerait que le niveau augmente quelque peu mais qu'il se maintienne relativement bas jusqu'au début du XX^e siècle.

3.3.2.2. Caractéristiques du paléolac avant le drainage

▪ Généralités

On trouve une synthèse assez complète des caractéristiques du paléolac telles qu'elles ont été dépeintes dans les sources ethnohistoriques et historiques dans la publication qui fait suite au projet Michoacán étape II (Arnauld *et al. ibid.* : 37-55). Nous invitons le lecteur à s'y reporter pour plus d'informations. Nous ne brossons ici qu'un tableau très général des caractéristiques du paléolac, en ajoutant cependant quelques nouveautés à travers une présentation sommaire des potentialités aujourd'hui offertes par l'imagerie numérique (MNE et images satellites).

Parmi les descriptions historiques du paléolac, la meilleure est celle de l'inspecteur général des impôts Agustín Pérez dans le rapport qu'il réalisa peu avant le drainage (Pérez 1893, cité par Arnauld *et al.* 1993 : 47) :

« Son niveau d'eau atteint 14 mètres en sa profondeur la plus grande et diminue de manière irrégulière dans d'autres parties à 6, 4, 3 et 1 mètres pour les points immédiatement à proximité de la rive. Au centre, on trouve de petites portions de terre ferme utilisées pour la culture du maïs. Ces îlots ne sont pas inondés malgré leur faible altitude. Toute l'emprise de la ciénega est peuplée de joncs [tule], de roseaux [carricillo] et d'autres variétés de plantes aquatiques qui se développent extraordinairement et empêcheraient toute navigation s'il n'existait pas plusieurs chenaux qui se croisent en divers endroits pour conduire au point voulu. Au sein de certains, peut-être à cause d'une profondeur plus importante, les eaux sont découvertes, c'est-à-dire qu'elles ne présentent pas les plantes que j'ai mentionnées, et ces sortes de lacs sont désignés sous les noms de "Laguna

⁷⁵ Calibrations réalisées en ligne à partir du software CalPal. < <http://www.calpal-online.de/>>

de García", Lago de Urumbécuaro", "La Patera", "La Zoromuta", "Laguna de los Puercos" et la principale, "Laguna de Zacapu".⁷⁶ »

D'un point de vue hydrographique, il est important de souligner les chenaux mentionnés par Pérez. La légère pente sud-nord induisait en effet un débit lent des eaux du lac vers l'exutoire et de nombreux méandres anciens sont aujourd'hui visibles sur les images aériennes (Arnauld *et al. ibid.* et Figure 36). Il est fort probable par ailleurs que les caractéristiques hydrauliques générales du lac aient été modifiées dès l'époque préhispanique pour la pêche et la navigation à travers une végétation aquatique particulièrement dense. Notons que seule la Lagune de Zacapu, plus haute que le niveau de la plaine, existe encore aujourd'hui.

En ce qui concerne l'emprise véritable du paléolac, la question reste aujourd'hui encore en suspens. Dans un rapport de 1901, l'ingénieur Luis Espinoza rapporte une distance de 17 km du nord au sud, pour 6 à 13 km d'ouest en est (Espinoza 1901, cité par Guzmán Ávila 2002 : 103). En dehors de cette description, les principales sources d'information à ce sujet sont les cartes du Michoacán réalisées avant le drainage. Bien que la ciénega soit représentée dès le XVI^e siècle, les documents les plus intéressants sont conçus au cours du XIX^e siècle. Malgré des échelles souvent trop petites (celle de l'État du Michoacán généralement) et des distances souvent distordues par des techniques de mesures obsolètes, il est intéressant de constater que la taille, la localisation et la forme de la ciénega de Zacapu varient en fonction des années de production et des auteurs. Ainsi, la plupart des représentations – dont deux des plus fidèles (Velasco 1897 ; Secretaria de Agricultura y Fomento⁷⁷ 1926 [Figure 33]) – indique que la ciénega s'étendait majoritairement à l'ouest de la plaine actuelle. Cependant, elle pouvait, semble-t-il, s'étirer jusqu'au piémont des massifs orientaux, comme on peut le voir sur la *Carte du Michoacán* de José A. Tellez (1884, Figure 34).

⁷⁶ "Su profundidad alcanza en su mayor hondura a 14 metros y en otras partes irregularmente va disminuyendo a 6, 4, 3 y 1 que es en los puntos inmediatos a la orilla. En el centro se encuentran pequeñas porciones de tierra firme que se utilizan en labores de maíz, cuyos islotes no llegan a ser inundados por las aguas, sin embargo de no estar a mucha altura. Toda la extensión de la ciénega está poblada de tule, carricillo y otra variedad de plantas acuáticas que se desarrollan extraordinariamente y harían imposible la navegación si no existieran varios canales que en distintas direcciones se cruzan para conducir al punto que se desea. En algunos, quizá por la mucha profundidad, están descubiertas las aguas, es decir, sin plantas de las que antes hablé, y a esta especie de lagos los designan con los nombres de "Laguna de García", "Lago de Urumbécuaro", "La Patera", "La Zoromuta", "Laguna de los Puercos", y la principal, "Laguna de Zacapu".,

⁷⁷ Aujourd'hui Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA).

Les représentations cartographiques, à l’instar de la description d’Espinoza (1901), sont autant d’indices de fluctuations rapides du niveau du lac dans le temps et dans l’espace. Comme mentionné (3.3.1.2), au-delà de fluctuations liées aux changements généraux du climat, le niveau des eaux était intimement lié à l’importance des précipitations et pouvait évoluer d’une saison à l’autre, submergeant ou découvrant les zones les moins profondes (Arnauld *et al.* 1993 : 32-33).



Figure 33 - Plan des infrastructures de drainage de la ciénega de Zacapu reprenant la délimitation ancienne du paléolac en bleu (reproduite depuis Gúzman Ávila 2002 : 112-113).

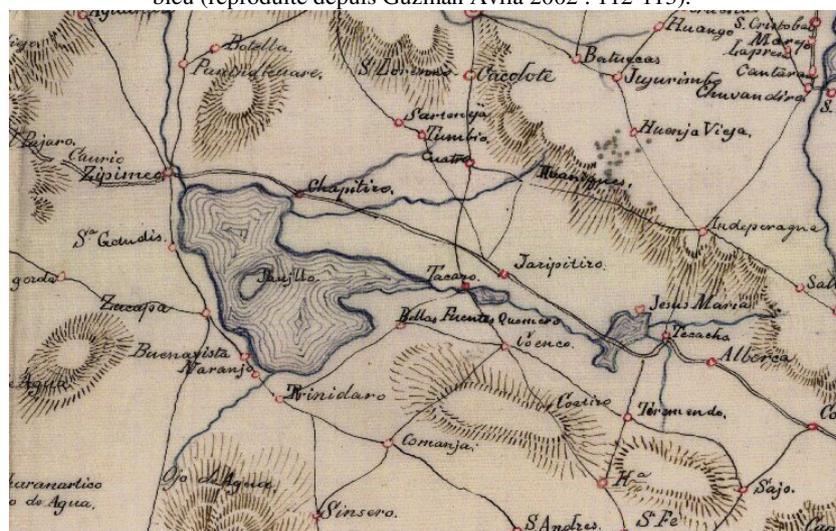


Figure 34 - Extrait de la Carte du Michoacán par José A. Tellez (1884).

Notons finalement la présence d'îles et presqu'îles, qui émergeaient de l'étendue d'eau. Plusieurs se concentrent dans la partie nord-ouest du bassin, à proximité de l'exutoire. Il s'agit, comme nous le détaillons plus avant (3.4.1.2 et 6.1.2), de coulées volcaniques anciennes partiellement recouvertes par le lac.

▪ *Apports récents des imageries satellite et numérique*

Les progrès de la topographie et de l'imagerie par satellite apportent aujourd'hui de nouvelles données pour apprécier l'emprise du paléolac. L'approche topographique avait été ébauchée dès les années 1980 sur la base des cartes alors à disposition, fixant l'altitude du paléolac entre 1978 et 1980 m (Arnauld *et al. ibid.* : 31). À l'heure actuelle, les modèles numériques de terrain globaux SRTM v.3⁷⁸ et ASTER GDEM v.2⁷⁹ permettent d'explorer les caractéristiques morphologiques générales du bassin, malgré leur marge d'erreur verticale (z) importante (généralement entre 5 et 10 m). Ainsi, les pentes moyennes de la plaine calculées grâce aux MNE (0,045° E-O, pour 0,080° S-N) expliquent la localisation du paléolac dans la partie ouest. Par ailleurs, la modélisation des courbes de niveau entre le fond de la cuvette et le niveau supposé de la rive donne une assez bonne idée de l'emprise potentielle du paléolac malgré le défaut d'altitude (Figure 35).

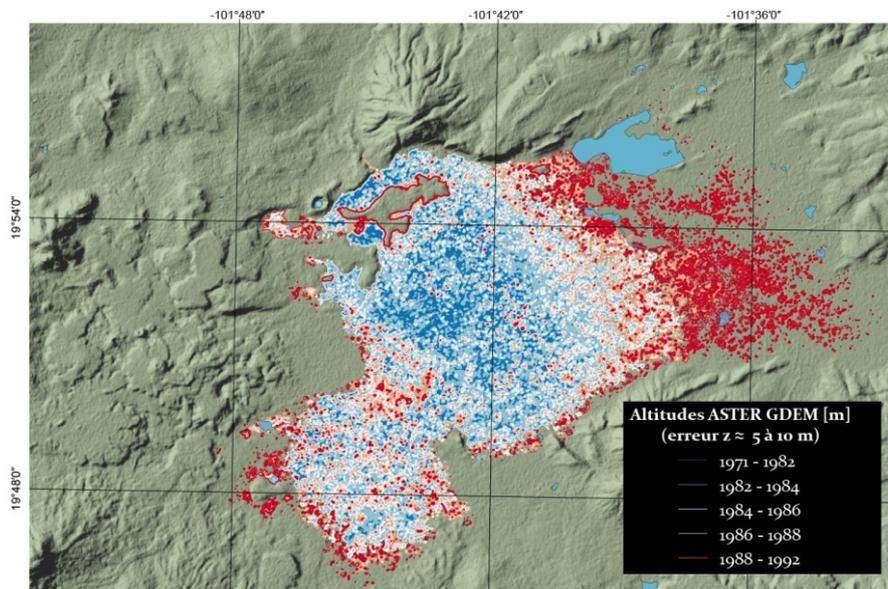


Figure 35 - Modélisation des courbes de niveau entre 1971 m (fond du paléolac) et 1992 m (rive supposée) depuis le MNE ASTER GDEM.

⁷⁸ SRTM est l'abréviation de *Shuttle Radar Topography Mission*, un projet international de cartographie planétaire depuis la navette Endeavour, supervisé par des agences États-Uniennes (NASA et NGA). <<https://www2.jpl.nasa.gov/srtm/mission.htm>>

⁷⁹ ASTER est l'abréviation pour *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*, un projet Nippo-États-Unien de cartographie globale. <<https://asterweb.jpl.nasa.gov/gdem.asp>>

Outre les MNE, les données les plus utiles pour appréhender l'ampleur du point d'eau et ses caractéristiques sont les images satellites. Un fantôme de la superficie de la ciénega est par exemple visible sur une image photographiée en mars 2012 (Figure 36). Il indique que la partie la plus profonde et probablement la plus pérenne du paléolac se situait entre les villages actuels de Cantabria au Sud, Las Colonias au Nord, Copándaro à l'Est et Tariácuri à l'Ouest.



Figure 36 - Vue satellite de la partie ouest du bassin de Zacapu le 8 mai 2012 (©Google Earth).

**

À la lumière de ces jeux de données, nous estimons que la superficie du lac devait être généralement comprise entre 120 et 170 km², en fonction de la période l'année et de l'aridité du climat. Si le niveau d'eau de la lagune était peut-être plus élevé à l'Épiclassique (300 - 900 apr. J.-C.) (Metcalfé 1995), il est difficile d'en dire autant pour le paléolac car on ne connaît pas l'altitude originelle de l'exutoire. Quoiqu'il en soit, ce dernier n'a jamais constitué une entité pérenne comme à Pátzcuaro ou Mexico, mais plutôt une zone humide en grande partie marécageuse, navigable uniquement *via* des canaux dans sa partie centrale.

3.4. GÉOMORPHOLOGIE ET SOLS DE L'OUEST DU BASSIN DE ZACAPU

À l'initiation de notre étude, nous bénéficions d'antécédents solides pour aborder la région de Zacapu dans les domaines de la géomorphologie et de la pédologie. Dans le cadre du projet de cartographie national, la DETENAL (aujourd'hui INEGI) a réalisé dans les années 1970 des cartes pédologiques au 1 : 50000^e qui couvrent la totalité de la zone prospectée par les projets archéologiques français dans la décennie suivante. Il s'agit des cartes de Zacapu pour l'ouest du bassin (E14A11), de Coeneo pour l'est (E14A12) et d'Angamacutiro pour ce qui concerne le versant sud du Rio Lerma (F14C81). Ces mêmes cartes ont été reprises pour étudier la végétation actuelle dans les années 1980 (Labat 1992, 1995 ; 3.5). En ce qui concerne la géomorphologie, une cartographie a été réalisée sous la supervision de Jean Tricart au cours du projet Michoacán étape I. Les modalités de son élaboration sont détaillées dans la publication qui fit suite au projet (Tricart 1992).

La logique nous invite ici à aller contre la chronologie en commençant par présenter les géoformes identifiées par Tricart avant de nous intéresser aux sols que l'on rencontre au sein de celles-ci. Au risque d'être pesant – mais aussi dans l'éventualité d'une lecture non linéaire du présent travail – rappelons que nous nous contentons ici d'une présentation sommaire des éléments de géomorphologie et de pédologie de la région de Zacapu. Notre investigation plus approfondie du nord du Malpaís sera présentée au chapitre 6.

3.4.1. Commentaire de la carte géomorphologique de Jean Tricart

Au cours du projet Michoacán étape I, une carte géomorphologique de la *quasi* totalité du bassin de Zacapu a été dressée par Jean Tricart (1992 ; Figure 37). Seule l'extrémité est du bassin, au-delà de Coeneo, n'a pas été cartographiée. La carte se basait d'abord sur des observations de terrains – toutefois jugées insuffisantes par l'auteur lui-même – et sur l'interprétation des photographies aériennes alors disponibles pour la région à l'aide d'appareils de stéréoscopie. Elle fut complétée par des analyses sédimentologiques sur des zones très spécifiques. Nous présentons à la page suivante un extrait de cette carte, centrée sur l'ouest du bassin (Figure 37).



Figure 37 - Reproduction ré-agencée d'un extrait de la carte géomorphologique de Jean Tricart (1992).

Les critères de classification des géoformes sont ceux établis par Tricart dès les années 1960-70 (Tricart 1965, 1977) ; c'est-à-dire une classification taxonomique des unités géomorphologiques par ordre de magnitude temporelle et spatiale. À l'échelle la plus large, la carte présente ainsi deux plages de couleur principales. Les tonalités orangées renvoient aux formes dont la morphogénèse est majoritairement contrôlée par le volcanisme. Les tonalités bleu-vert signifient les formes liées aux processus de sédimentation du domaine lacustre. Au sein des deux tonalités, les différences entre géoformes sont mises en exergue par des plages de motifs reprenant la couleur du domaine morphogénétique auquel elles appartiennent. Par ailleurs, 3 facteurs morphogénétiques sont soulignés par des figurés de motifs, de lignes ou de points. Ces facteurs sont 1) la tectonique (ex. failles), 2) l'érosion hydrique (ex. ravines) et 3) les formes structurales (ex. rides de coulées volcaniques).

Au sein de notre zone d'étude, à cheval entre lacustre et volcanique, plusieurs géoformes ont ainsi été délimitées. Les lignes qui suivent présentent un bref commentaire de la carte géomorphologique de Tricart pour cette zone. Pour des raisons pratiques et pour faciliter la compréhension du commentaire, nous avons numéroté les principales formes délimitées par cet auteur sur la Figure 37.

3.4.1.1. Les hautes terres volcaniques et le Malpaís

Jean Tricart a fondé la majorité de sa réflexion pour la conception de la carte sur une estimation de l'âge des édifices volcaniques qui enclosent le bassin. Là réside probablement la plus grande faiblesse, dans la mesure où aucune des datations dont nous disposons aujourd'hui (3.1.2.2) n'avait été réalisée à l'époque. De façon similaire, aucun MNE et aucune image satellite ne permettait de photointerprétation pour compléter les images stéréoscopiques. L'estimation de l'âge des édifices était donc basée sur une appréciation de leur degré d'altération et sur les superpositions. Tricart a ainsi identifié 6 phases de volcanisme, V1 à 6, pour représenter les édifices.

En ce qui concerne les hautes terres et le Malpaís, l'auteur dénombre 13 géoformes (1 à 10 sur Figure 37). À l'exception du *maar* de La Alberca, toutes sont des coulées volcaniques allant, selon Tricart, d'édifices anciens du Néogène (9) à des flux dit « subactuels » où les formes structurales sont encore bien visibles (ex. 1b, 2 et 10). Bien que les détails de la géomorphologie soient exposés au chapitre 6, nous pouvons d'ores et déjà noter un certain nombre d'erreurs dans la carte de Tricart au regard des données aujourd'hui disponibles. Si la délimitation des géoformes est globalement valide – hormis la différenciation pour plusieurs

cas de phases de volcanisme distinctes et d'âges très différents au sein d'une même géoforme (1a et 1b, 4a et 4b, 6a et 6b) –, leur datation est souvent erronée. On notera à titre d'exemple l'association de la coulée de Malpaís Prieto (7) à un volcanisme relativement ancien (inférieur à 27000 BP) ou l'âge du *maar* de la Alberca de Los Espinos (10) rajeuni de plusieurs dizaines de millénaires.

Le tTableau 5 met en regard les géoformes identifiées par Tricart dans cette zone et la dénomination que nous utiliserons pour celles-ci dans notre étude. Notons que plusieurs de ces géoformes ont par ailleurs vu leur limites redessinées (voir chapitre 6).

| Géoforme identifiée par J. Tricart (cf. Figure 37) | Dénomination utilisée dans la présente étude |
|--|---|
| 1a | Coulée volcanique du Capaxtiro |
| 1b | |
| 2 | coulée El Infiernillo |
| 3 | coulée de Las Milpillas Sud et Nord (Las Joyitas) |
| 4a | coulée Mesa El Pinal |
| 4b | |
| 5 | coulée Mesa del Bolsón |
| 6a | coulée El Caracol |
| 6b | |
| 7 | coulée El Malpaís Prieto |
| 8 | Cône scoriacé du Cerrito Pelón |
| 9 | coulée El Copalillo (plateau du Copalillo) |
| 10 | <i>maar</i> Alberca de Los Espinos |

Tableau 5 - Géoformes identifiées par Tricart dans les hautes terres et dénominations équivalentes dans la présente étude.

3.4.1.2. Le bassin sédimentaire

Au sein du comblement du bassin de Zacapu, Tricart différencie deux types de dépôts sédimentaires en fonction de leur âge. Les dépôts lacustres dit « anciens » (L1) se sont constitués avant 27000 BP⁸⁰. Les dépôts « récents » (L2) sont identifiés comme tels car ils recouvrent en partie les coulées volcaniques les plus anciennes qui jouxtent le bassin. Selon Tricart, le comblement du paléolac est composé en majorité de cendres volcaniques et de matériaux pyroclastiques de petite dimension ; les éjectas plus imposants n'ayant pas atteint le cœur du bassin (Tricart *ibid.* : 136). Si certains de ces sédiments ont été déposés dans la cuvette dès l'éruption à laquelle ils sont associés, d'autres ont été apportés *via* le réseau hydrographique du bassin. D'autres encore, plus localisés, sont simplement le fruit de

⁸⁰ Date ¹⁴C obtenue sur les dépôts du fond du bassin (Tricart et Ríos Paredes 1985 ; Tricart 1992 : 126).

sédimentation gravitaire, comme en témoigne par exemple les cônes de déjection représentés au pied de la faille de Villa Jiménez dans la partie nord de la carte de Tricart.

Dans notre fenêtre d'étude, les dépôts les plus récents se concentrent selon l'auteur à l'interface entre la plaine lacustre et les hautes terres, autour de la source de Cuarún et jusqu'à la coulée volcanique de San Antonio Tariácuri (12). Au-delà de cette limite vers l'est, les dépôts lacustres sont semble-t-il plus anciens. Dans cette partie nord-ouest du bassin, l'un des éléments les plus notables est la présence d'anciennes îles et presqu'îles (11, 12 et 13), qui correspondent aux formes résiduelles et partiellement enfouies de coulées anciennes. Elles sont datées du Néogène (23,5 Ma - 1,8 Ma) par Tricart. Là encore, les études géologiques récentes contredisent cette datation et rajeunissent ces coulées pour les placer au Pléistocène moyen (1 Ma - 0,1 Ma) (Reyes Guzmán *et al.* 2018 ; *cf.* 3.1.2.2). En dehors de la datation erronée, les limites des géoformes proposées par Tricart sont valides.

Outre les îles, la zone est aussi caractérisée par la présence de trois autres coulées volcaniques (14, 15 et 16). Nous avons choisi de les inscrire ici dans le bassin lacustre plutôt qu'au sein de l'ensemble volcanique du Malpaís dans la mesure où Tricart considère ces géoformes comme plus anciennes que les dépôts lacustres récents (L2). Reyes Guzmán *et al.* (2018) donnent raison à Tricart pour ce qui est de la coulée 15 – entre la faille de Villa Jiménez et le Caracol – qui constitue un appendice de la coulée du Copalillo (9). En ce qui concerne la coulée 14 en revanche, la majeure partie est aujourd'hui rattachée à la coulée du Caracol. Enfin, la coulée 16, au pied de la Alberca de Los Espinos et sur laquelle est construit le village éponyme actuel, est associée par Tricart à la coulée du Copalillo. Reyes Guzmán l'en exclut (Reyes Guzmán 2017 : 22) mais ne propose pas de datation en contrepartie.

À l'instar du Tableau 5, le Tableau 6 donne l'équivalent pour la présente étude des géoformes identifiées par Tricart dans le bassin et son pourtour.

| Géoforme identifiée par J. Tricart (<i>cf.</i> Figure 37) | Dénomination utilisée dans la présente étude |
|--|---|
| 11 | coulée El Llano |
| 12 | coulée San Antonio Tariácuri |
| 13 | coulée Santa Gertrudis |
| 14 | coulée El Caracol |
| 15 | coulée El Copalillo (La Centeña) |
| 16 | coulée Los Espinos |

Tableau 6 - Géoformes identifiées par Tricart dans le bassin lacustre et son pourtour et dénominations équivalentes dans la présente étude.

3.4.2. Antécédents en pédologie

Dans cette sous-partie, nous présentons les antécédents à notre disposition pour aborder les sols du Malpaís de Zacapu et de ses environs. La meilleure source est la carte pédologique de la DETENAL de 1979(b) au 1 : 50000^{ème}. Après avoir détaillé cette carte, nous reviendrons sur les connaissances indigènes des sols dans le Centre-Nord du Michoacán, qui constituent selon nous une clef de lecture intéressante pour aborder l'époque préhispanique.

3.4.2.1. La carte pédologique de la DETENAL

Nous présentons ci-après (Figure 38), un extrait de la carte pédologique réalisée par la DETENAL en 1979 au 1 : 50000^{ème}. À l'instar de la carte géomorphologique de Tricart, elle a été conçue en délimitant les géoformes de la zone sur la base d'une photointerprétation par stéréoscopie. Dans un second temps, la nature des sols a été vérifiée par la description de profils, complétée dans certains cas par des analyses en laboratoire. Les profils décrits sont figurés sur la carte par des carrés ; les observations complémentaires par des cercles. Dans notre fenêtre d'étude, la *quasi* totalité des observations relève du second type. Un unique profil analysé en laboratoire a été décrit dans la ciénega, au sud de San Antonio Tariácuri. Par ailleurs, la majorité des observations a été réalisée à proximité directe des routes. Malgré cela, la carte constitue un travail de qualité et la majorité des observations réalisées est juste.

Les sols ont été classés selon les normes de la FAO (1974). Une couleur et une lettre majuscule ont été attribuées à chaque Groupe de sol de référence (RSG)⁸¹ (ex. Andosols = T, Vertisols = V...). Leurs aires de distribution ont ainsi pu être figurées par des plages de couleurs. Au sein de chaque plage, un code alphanumérique précise le qualificatif principal du RSG dominant présent dans l'aire géographique considérée (ex. Andosols humiques = Th, Vertisols chromiques = Vc...), ainsi qu'un ou plusieurs RSG et leur qualificatif principal représentés de manière secondaire dans le même espace (ex. Andosols humiques + Vertisols chromiques donne Th+Vc). Un numéro indique ensuite la classe texturale des sols dans l'aire délimitée (1 = grossière, 2 = moyenne, 3 = fine). Enfin, un motif de points surimposé à la

⁸¹ Le concept de grands types de sol susceptibles d'être déclinés en sous-groupes est commun à la *quasi* totalité des classifications taxonomiques pédologiques – techniques ou indigènes. La notion de « groupes de sol de référence » – traduction littérale de l'anglais *Reference Soil Groups* (RSG) – a été formalisée en 1970 par la FAO pour la constitution de la carte pédologique mondiale, dans un effort de corrélation entre les nombreuses classifications de sols nationales (Krasilnikov *et al.* 2009). Les RSG renvoient d'ailleurs pour la plupart à des types de sol préalablement reconnus au sein de la communauté scientifique (ex. le groupe des Vertisols est unanimement accepté sous cette appellation dès 1960 [Baize et Girard 2008 : 317]). Les RSG sont toujours en usage aujourd'hui dans ce qui est devenu la WRB (IUSS 2015), laquelle constitue l'un des langages universellement admis pour qualifier les sols (voir 5.3.4).

plage colorée précise des éléments concernant les propriétés physiques du sol (ex. piérosité, induration...).

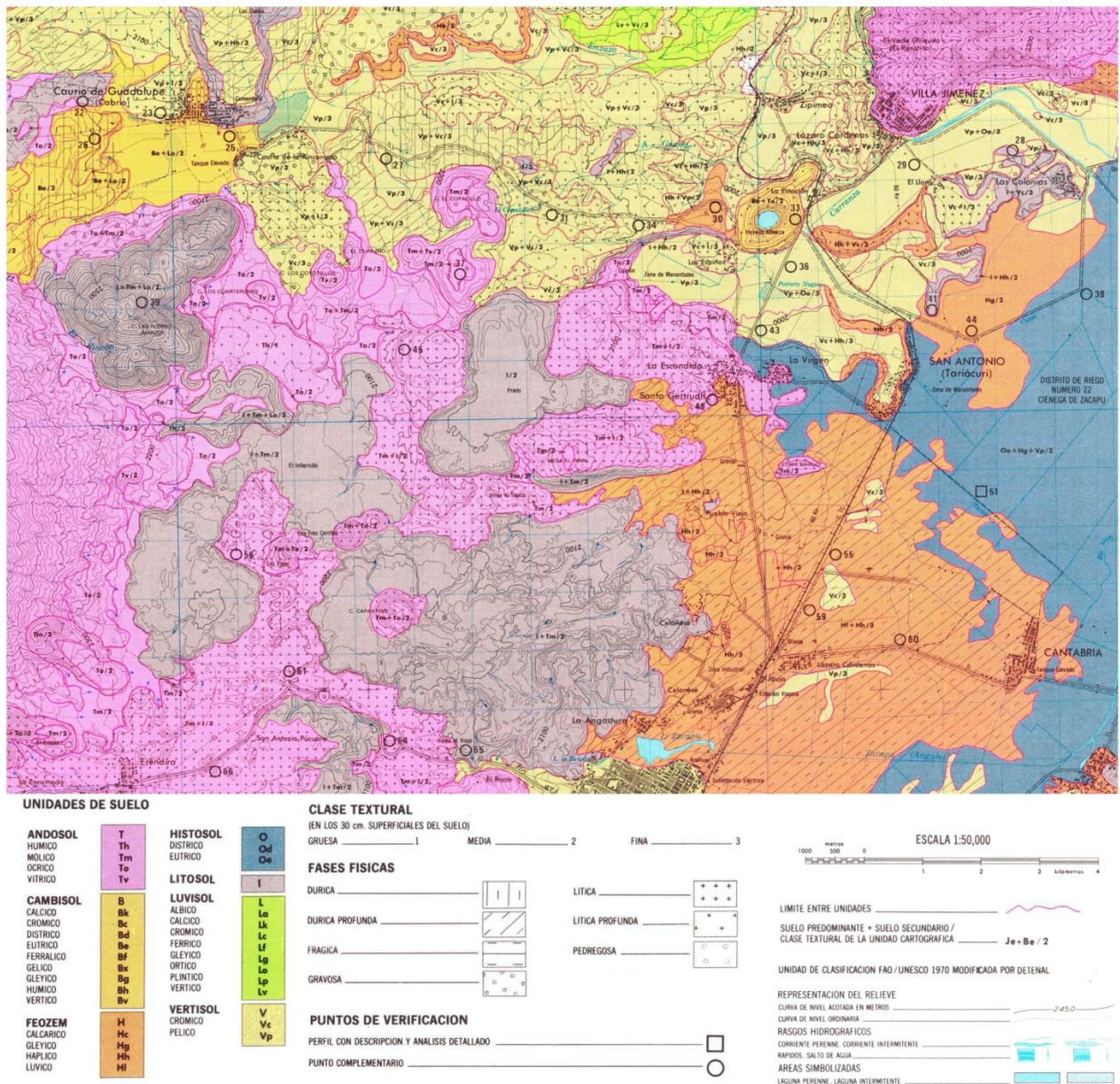


Figure 38 - Extrait de la carte pédologique de la DETENAL (1979a).

Pour ce qui est de notre fenêtre, on dénombre 5 types de sol principaux. Ils se répartissent au sein de deux ensembles conditionnés par la géomorphologie. On distingue d’une part les sols des hautes terres, formés dans un contexte de volcanisme récent, et, d’autre part, les sols de la ciénega, associés aux processus de morphogénèse lacustre. Nous proposons ci-dessous une brève description de chacun de ces sols sur la base de divers référentiels pédologiques (ESBN-EC 2005 ; Baize et Girard 2008 ; IUSS 2015).

Sols des hautes terres

1) Andosols.

La pédogénèse des Andosols résulte de l'altération (*weathering*) de pyroclastes, le plus souvent de cendres volcaniques (IUSS 2015 : 146-147). Du japonais *an* (noir) et *do* (sol), ils sont caractéristiques des paysages volcaniques et se développent dans des contextes bioclimatiques variés mais principalement dans les régions humides. L'une de leurs caractéristiques est la couleur foncée des horizons de surface.

Dans les Andosols, l'altération rapide des pyroclastes entraîne la formation de complexes organo-minéraux stables, de minéraux amorphes⁸² (allophane et imogolite), et de ferrihydrite (ocre rouge associée à l'oxydation du fer qui leur confère souvent une teinte rougeâtre). Les Andosols sont globalement des sols fertiles. Toutefois, on peut noter la réactivité chimique des ions Fe^{3+} (notamment présents dans la ferrihydrite dont la structure cristalline est imparfaite) et Al^{3+} , qui peut entraîner une fixation importante des phosphates et *a fortiori* conduire à un déficit pour les plantes.

D'un point de vue physique, les Andosols sont composés d'éléments très fins. Ils se caractérisent ainsi par une densité apparente généralement faible (le plus souvent inférieure à $0,9 \text{ g/cm}^3$) liée à une microporosité très importante (de 60 à 90%) (Baize et Girard 2008 : 76). Ils sont pulvérulents une fois déshydratés. Leur porosité et la structure amorphe de certains composants des Andosols leur confèrent une forte capacité de rétention d'eau. Par ailleurs, de par leur texture pulvérulente, ils présentent aussi la caractéristique ambiguë d'être particulièrement résistant à l'érosion hydrique lorsqu'ils sont humides (Shoji *et al.* 1993 : 201), mais, à l'inverse, particulièrement sensibles à celle-ci lorsqu'ils sont déshydratés (Baize et Girard *ibid.*).

Dans le Centre-Nord du Michoacán et contrairement à leur étymologie, les Andosols ne sont pas spécifiquement foncés mais présentent plus généralement une coloration tirant sur le rougeâtre.

⁸² Sans structure cristalline.

Dans notre fenêtre d'étude, les Andosols se situent au sein du Malpaís et dans ses environs directs, principalement vers l'ouest, dans les contextes lithologiques les plus récents. Selon la carte de la DETENAL, ce sont des :

- *Andosols humiques*. Ils présentent un taux de carbone organique supérieur à 1% jusqu'à 50 cm de profondeur.

- *Andosols molliques*. Ils possèdent un horizon mollique, soit un horizon de couleur foncée avec une teneur modérée à élevée en M.O., caractérisé par une saturation élevée en bases et donc un taux d'argile et/ou d'humus relativement important⁸³.

- *Andosols ochriques*. Ils possèdent un taux de carbone supérieur à 0,2% dans les 10 premiers centimètres sous la surface mais ne remplissent ni les caractéristiques pour être qualifiés d'humiques (plus de 1% de carbone organique), ni ceux nécessaires à la qualification de molliques.

- *Andosols vitriques*. Les Andosols résultant généralement de l'altération de pyroclastes – dont des verres volcaniques et assimilés –, peuvent présenter des degrés variés dans l'avancement de cette altération. Les sols à propriétés vitriques présentent encore une part d'éjectas sensible. En d'autres termes, ils présentent plus de 5% de verres volcaniques, le plus souvent concentrés dans les horizons supérieurs.

2) Vertisols.

Ces sols sont avant tout caractérisés par leur teneur élevée en argiles gonflantes, généralement smectitiques, qui entraînent la formation de fissures importantes en condition de déshydratation du sol. Secs, les Vertisols sont très durs mais s'avèrent à l'inverse extrêmement plastiques en condition humide. Ils se forment à la faveur d'une alternance marquée entre saison humide – qui favorise l'altération – et saison sèche – qui permet la cristallisation des argiles –, dans des zones mal drainées et sous des latitudes où une température assez élevée tout au long de l'année catalyse les processus d'altération. Dans les régions volcaniques

⁸³ Les bases les plus courantes dans les sols sont les cations alcalins échangeables Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ et Na^+ (Ulrich 1991). Ces cations peuvent être fixés par adsorption dans les argiles et dans l'humus. Une saturation élevée en bases trahit ainsi une teneur assez élevée en argile et/ou en humus.

comme à Zacapu, les argiles des Vertisols sont essentiellement le fruit d'une néoformation faisant suite à l'altération des roches volcaniques riches en minéraux argileux smectitiques (dont le basalte ou l'andésite qui constituent la plupart des laves de la région de Zacapu, voir 0).

Outre la fissuration, la teneur importante en argiles induit la formation d'horizons vertiques présentant une structure polyédrique à prismatique (notamment en profondeur) caractérisée par de nombreuses faces de glissement (*slickensides*). Une pellicule argileuse recouvre fréquemment les agrégats dans les horizons plus superficiels.

On les observe principalement dans la partie nord de notre fenêtre d'étude, dans les contextes lithologiques de volcanisme plus ancien. Ce sont des :

- *Vertisols pelliques*. Ce qualificatif ne s'applique qu'aux Vertisols et signifie qu'ils présentent une couleur foncée (valeur ≤ 3 et chromaticité ≤ 2 dans le code Munsell) dans les 30 premiers centimètres du profil.

- *Vertisols chromiques*. Ils présentent un horizon de plus de 30 cm d'épaisseur, compris entre 25 et 150 cm de profondeur, avec une teinte rougeâtre ($\geq 7.5YR$ et une chromaticité ≥ 4 dans le code Munsell).

3) Lithosols.

Dénommés comme tels sur la carte de la DETENAL et dans bon nombre de classifications taxonomiques de par le monde, l'appellation de Lithosol (de *lithos*, « pierre » en grec) a été modifiée pour celle de Leptosol (*Leptos*, « fin » en grec) dans les dernières versions de la WRB (IUSS 2006, 2015). Équivalents, ces sols sont caractérisés par leur superficialité et la présence de matériaux consolidés (roche notamment) ou la dominance d'éléments grossiers très proches de la surface.

Si nombre de Leptosols à l'échelle globale sont le résultat d'un évènement morphogénétique qui a entraîné l'érosion totale – ou *quasi* totale – de la couverture pédologique, à Zacapu, ce sont typiquement les sols des coulées volcaniques les plus récentes sur lesquelles la pédogénèse est à peine commencée.

Sols de la ciénega

4) Phæozems.

Ce sont des sols avant tout caractérisés par des horizons de surface foncés et riches en matière organique. Ils sont principalement formés à partir de matériaux non consolidés (ex. alluvions), généralement basiques, dans des zones planes et faiblement ondulées, où les conditions climatiques alternent entre une saison humide, qui permet la percolation des matériaux dans le sol, et une saison sèche qui permet la dessiccation. Plus marqués par la lixiviation (perte des nutriments par percolation) que les Chernozems et les Kastanozems qui leur sont typologiquement proches, les complexes argilo-humiques des Phæozems sont moins saturés en bases. Ils sont par ailleurs pauvres, voire entièrement dépourvus, de carbonates.

Les Phæozems présentent typiquement un horizon mollique (voir supra *Andosols molliques*) en surface, au-dessous duquel se développent des horizons plus argileux liés à la percolation de l'eau dans le *solum* (horizons argilluviaux [Baize et Girard 2008] ou argiques [IUSS 2015]). À la percolation s'ajoutent fréquemment des processus de néoformation *in situ*.

À Zacapu, les Phæozems se concentrent sur les rives du paléolac et sont définis comme :

- *Phæozems hapliques*. Le qualificatif haplique (du grec *haplous* = « simple ») renvoie à l'expression la plus fondamentale du groupe de référence, en l'absence d'autre qualificatif significatif.

- *Phæozems gleyiques*. La saturation périodique en eau dans ces sols entraîne des conditions anoxiques et l'apparition d'indices d'oxydo-réduction dans le *solum* (taches bleuâtres/gris-bleu [Fe^{2+}] et rougeâtres [Fe^{3+}]).

5) Histosols.

Du grec *histos*, « tissu », les Histosols se développent à partir de matière organique se décomposant lentement en condition de saturation en eau quasiment

permanente. Ils sont presque exclusivement composés d'horizons dit histiques. Ils correspondent à ce que l'on appelle communément des tourbes.

Dans notre fenêtre, ils se concentrent dans les zones où s'étendait jadis le paléolac. Ils sont toujours associés à des Phaeozems et/ou à des Vertisols. Dans le bassin de Zacapu, on ne rencontre que des *Histosols eutriques*, soit des sols présentant un pH acide (inférieur ou égal à 5,5) dans les 100 premiers centimètres du profil.

Outre ces 5 groupes de référence, soulignons la présence de Luvisols vertiques – caractérisés par une nette différence de teneur en argile entre les horizons de surface et les horizons profonds à argiles gonflantes et faces de glissement (propriétés vertiques) – au-delà de la limite nord de notre fenêtre sur le piémont du Cerro El Fresno. Enfin, on rencontre au sein de la dépression qui jouxte le village de Caurio des Cambisols eutriques. Ces derniers sont des sols acides (eutriques) qui présentent des indices de différenciation pédologique clairs (ex. structuration, augmentation de la teneur en argile...) mais modérément marqués et ne permettant pas de les associer à un autre RSG.

Précisons finalement que la pédologie de la région a été révisée par Jean Noël Labat dans son étude de la végétation du Centre-Nord du Michoacán (Labat 1992, 1995). L'auteur avait notamment fait un effort de corrélation entre la classification taxonomique utilisée par la DETENAL (FAO 1974) et celle alors en usage en France (Duchaufour 1970, 1977 ; Duchaufour *et al.* 1976). Notre choix de ne pas reprendre ces travaux et de ne pas tenter le même type de corrélation dans notre travail est motivé par deux raisons. D'abord, Labat a modifié l'échelle de sa cartographie pour couvrir l'ensemble du Centre-Nord. Il l'a, par la même occasion, rendue trop petite et *a fortiori* trop imprécise pour qu'elle nous soit utile. Ensuite, notre propre formation en pédologie s'est faite en partie au Mexique, où est de rigueur la WRB – *World Reference Base for Soil Resources* (IUSS 2015), héritière de la classification FAO. Cette classification à vocation internationale est parmi les plus utilisées et est acceptée par la communauté scientifique à l'échelle globale. Elle nous a paru de fait plus pertinente pour que notre travail puisse être compris par le plus grand nombre.

3.4.2.2. Éléments d'ethnopédologie à Zacapu

Outre les cartographies de spécialistes, il existe pour le Centre-Ouest une littérature d'ethnographie des connaissances pédologiques indigènes, plus généralement connue sous le

nom d'ethnopédologie (Sillitoe 1998 ; WinklerPrins et Sandor 2003 ; WinklerPrins et Barrera-Bassols 2004 ; Barrera-Bassols et Zinck 2000, 2003 ; Barrera-Bassols *et al.* 2006b). En dehors de travaux pionniers dès les années 1940 (West 1948 ; Brand 1951), le village de San Fransisco Pichátaro – à 25 km au sud de l'actuelle Zacapu, dans la Meseta Tarasca – a servi de cadre à une étude inédite (Barrera-Bassols 2003 ; Barrera-Bassols *et al.* 2006a ; Barrera-Bassols 2016). Elle a montré qu'à l'instar de nombre de communautés indigènes de par le monde, les Purépechas actuels possèdent une grande connaissance des paysages, notamment des formes du terrain et des sols qu'on y rencontre, au point d'en avoir établi une classification taxonomique précise (Barrera-Bassols 2003 ; Barrera-Bassols *et al.* 2006a : 150 et Figure 39). Au niveau géomorphologique, cette étude a mis en évidence une très forte corrélation spatiale (99%) entre les formes du terrain identifiées sur des critères techniques d'un côté, et indigènes de l'autre. En contrepartie, au niveau pédologique, l'équivalence entre taxons techniques et indigènes est moins évidente (40-50%). Cet écart est dû à une divergence de paradigme. De fait, là où les pédologues cherchent à classifier les processus pédogénétiques, les Purépechas cherchent essentiellement à classifier les caractéristiques agronomiques des sols qu'ils exploitent. On retiendra qu'il existe cinq grands types de sol, déclinés en de nombreux sous-types (Figure 39) :

- 1) sols pulvérulents – *dusty* [eng.], *t'upuri* [pur.] – ;
- 2) sols argileux – *clayey* [eng.], *charanda* [pur.] – ;
- 3) sols savonneux – *soapy* [eng.], *kuerekua* [pur.] – ;
- 4) sols sableux – *sandy* [eng.], *kuitzari* [pur.] – ;
- 5) sols pierreux, caillouteux – *stony* [eng.], *tzacapendini* [pur.].

Bien que des villages indigènes existent encore dans le bassin de Zacapu (ex. Tiríndaro, Naranja, Tarejero...), aucune étude semblable n'y a été conduite. La première question qui se pose est donc de savoir si les connaissances mises en exergue à Pichátaro sont représentatives de l'ensemble des communautés Purépechas de la Meseta Tarasca et de ses environs, et si elles sont par conséquent applicables à la région de Zacapu. Le cas échéant, la seconde question qui taraude l'archéologue est de savoir si la formalisation des ces connaissances est susceptible de remonter à l'époque préhispanique. Mentionnant des indices ethnohistoriques, ethnographiques et, dans une certaine mesure, archéologiques, Barrera-Bassols et collègues (2006b : 125-127) arguent que les connaissances des sols s'inscrivent dans la continuité d'une tradition préhispanique pan-mésaméricaine. Ils citent notamment les savoirs qui existaient chez les Nahuas préhispaniques (classification des sols) et qui sont attestés par plusieurs

sources textuelles du XVI^e siècle (Sahagún 1577 : 452-462 ; Williams 1982, 2006). Ils évoquent aussi l'archéologie de l'agriculture, qui témoigne de techniques préhispaniques impliquant une compréhension empirique de ce que nous appelons l'agronomie (ex. terrasses, *chinampas*..., voir chapitre 4). Ethnohistoire et archéologie semblent donc appuyer l'hypothèse d'un développement précoce d'une véritable connaissance des sols. Pour autant, les indices ethnohistoriques ne sont pas légion dans le reste de la Mésoamérique, malgré la multiplication des études ethnopédologiques (Krasilnikov et Tabor 2010). L'exemple Nahuatl est sans aucun doute le plus travaillé et cité (Williams et Ortiz-Solorio 1981 ; Williams 1982). L'archéologie ne fournit quant à elle que des indices indirects.

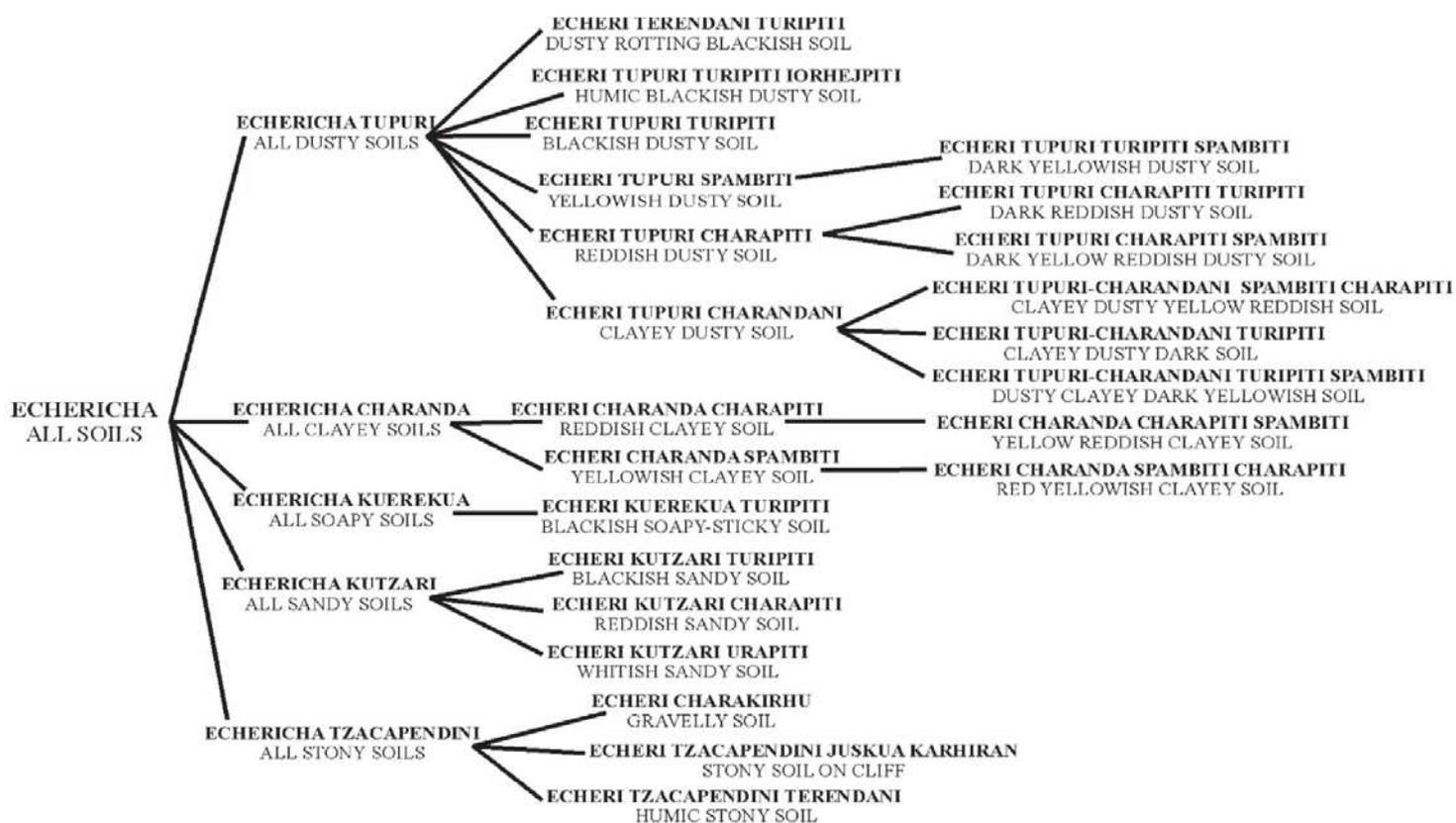


Figure 39 - Classification taxonomique des sols chez les Purépechas de San Francisco Pichátaro. (issu de Barrera-Bassols 2003)

Les savoirs traditionnels identifiés par l'ethnopédologie constituent une grille de lecture séduisante pour aborder les sociétés anciennes, qu'il s'agit toutefois de manipuler avec précaution. Dans cette perspective, nous avons procédé à une brève synthèse des éléments d'ethnopédologie disponibles pour la région de Zacapu.

- *La carte pédologique de West*

À notre connaissance, la première carte pédologique focalisée sur le Centre-Nord du Michoacán et intégrant Zacapu, n'est pas celle conçue par la DETENAL présentée ci-dessus, mais celle réalisée par Robert West dans son ouvrage de référence *Cultural Geography of the Modern Tarascan Area* (West 1948, Carte 6 : 10 ; Figure 40). Cette carte a été constituée sur la base d'entretiens auprès des Purépechas de la Meseta Tarasca dans les années 1940 et utilise leur nomenclature pour représenter les types de sol⁸⁴. S'ajoutent des échantillonnages d'horizons superficiels (25 premiers centimètres) réalisés par West et analysés par la *Comisión Nacional de Irrigación* (West 1948, note 15 : 9).

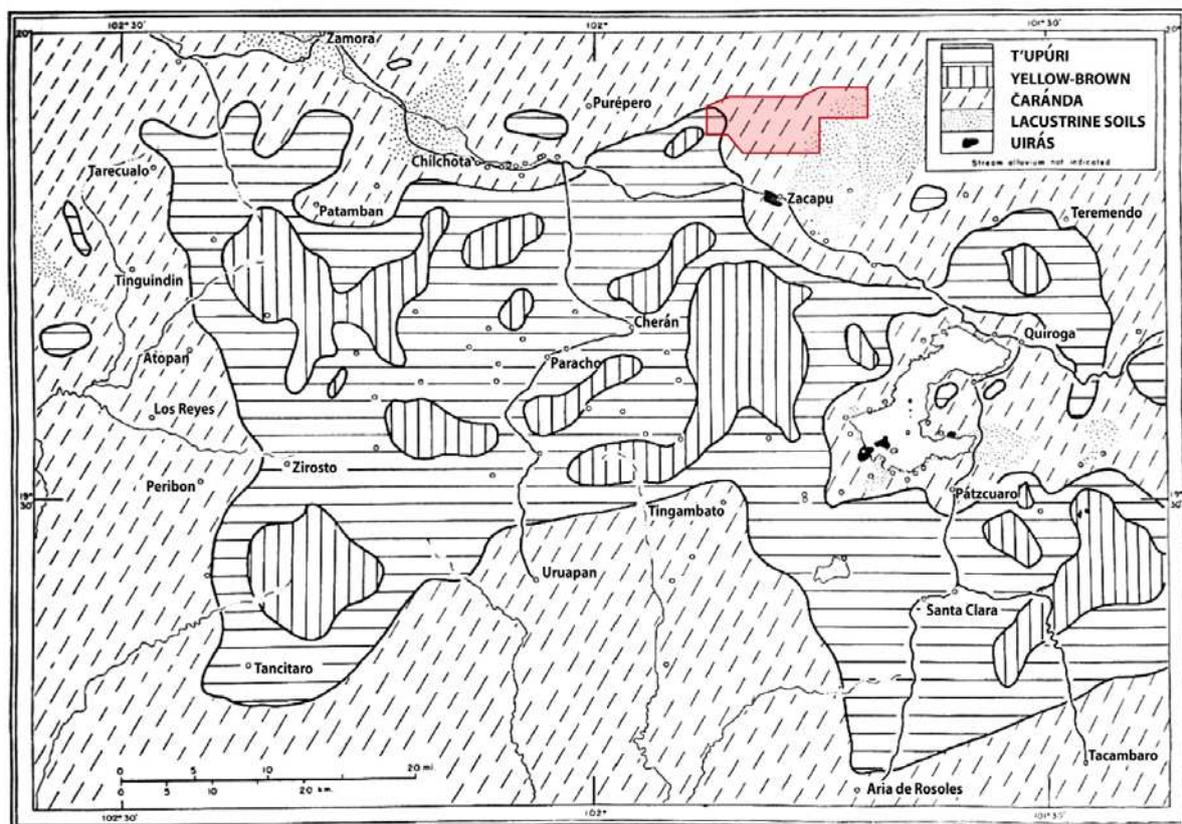


Figure 40 - Reproduction de la carte de West (1948, carte 6 : 10).
(en rouge, notre fenêtre d'étude)

Dans notre fenêtre d'investigation, les sols majoritaires sont, par ordre de représentativité, les types *čaránda* (prononcer charanda), sols lacustres (*lacustrine soils*) et *t'upúri*. Nous présentons ci-dessous la description de ces sols telle qu'elle est donnée par West (1948 : 9-11), ainsi que des commentaires personnels concernant chacune de ces descriptions entre crochets.

⁸⁴ On notera que la nomenclature présentée par West (1948) est beaucoup plus simple que celle, très précise, constituée par Barrera-Bassols et collègues (2006).

1) Sols lacustres.

En comparaison avec les autres classes, West (1948) est assez avare en description sur ces sols peu représentés dans le Centre-Nord. L'auteur rapporte qu'ils sont considérés parmi les plus fertiles de part leur richesse en matière organique et en minéraux essentiels. Cette fertilité leur confère la particularité de pouvoir être mis en culture annuellement sans jachère.

[Bien que la question ne soit pas discutée par West, il est probable que le manque d'information soit avant tout lié à une lacune dans les connaissances empiriques de ses informateurs indigènes. En effet, les sols lacustres les plus proches de la Meseta sont ceux du bassin de Zacapu dont l'exploitation n'est apparue que tardivement, avec le drainage du lac. Ainsi, malgré la présence de villages purépechas dans la zone, il est à envisager que ces sols n'ont pas été exploités assez longtemps pour être intégrés à la nomenclature indigène des communautés de la Meseta.]

2) *Čaránda*.

Ces sols brun rougeâtre (*reddish-brown*) sont majoritaires à des altitudes inférieures à 1980 m (6500 ft)⁸⁵. Ils résultent de l'altération des roches volcaniques et sont caractérisés par une teneur importante en argile (39% de sable, 26% de limon et 35% d'argile). Ce sont des sols légèrement alcalins (pH entre 7,21 et 7,42) et pauvres en carbonates (entre 0,24 et 0,34%).

Le taux d'argile important conduit à la formation de fissures dans ces sols à la fin de la saison sèche (mars et avril). En conséquence, ils sont cultivés en *temporal* et ne peuvent donc être semés qu'après le début des pluies estivales. Par ailleurs, ce sont des sols très sensibles à l'érosion une fois mis à nu.

[Au regard des caractéristiques décrites par West (taux d'argile important et fissuration à la saison sèche), il semble probable que les sols de type *čaránda* correspondent aux Vertisols des nomenclatures actuelles, ou au minimum à des sols présentant des horizons vertiques. Le premier critère d'identification d'un tel

⁸⁵ Soulignons que ces altitudes sont proposées pour la Meseta tarasca, plus au sud et à climat plus froid que la région de Zacapu. Dans celle-ci on retrouve des sols qui répondent à ces caractéristiques à des altitudes plus élevées : jusqu'à plus de 2100 m pour les *čaránda*. Parallèlement, les *t'upúri* se situent globalement à plus haute altitude à Zacapu : au dessus de 2000 m.

horizon selon la WRB est en effet un taux d'argile supérieur à 30% (IUSS 2015 : 59-60), ce qui est le cas ici. Toutefois, cette teneur n'est pas très élevée au regard d'autres exemples identifiés dans cette partie de la CVT (6.3.1.1), alors que la teneur en sable (peut-être des verres volcaniques) est particulièrement élevée. Ces caractéristiques texturales nous poussent à être vigilant vis-à-vis de l'association stricte des *čaránda* aux Vertisols. Nous parlerons plutôt de sols argileux ou à horizons vertiques. Par ailleurs, les classes texturales utilisées par la *Comisión Nacional de Irrigación* dans les années 1940 diffèrent peut-être de celles en usage actuellement au Mexique.^{86]}

3) *T'upúri*.

Ces sols se retrouvent majoritairement entre 1980 et 2430 m (entre 6500 et 8000 ft)⁸⁷. De couleur brun jaunâtre (*yellowish brown*), les horizons supérieurs sont de texture extrêmement fine (56% de sable fin, 23% de limon, 21% d'argile et 1% de gravier grossier). Ils sont légèrement plus alcalins que les *čaránda* (pH entre 7,44 et 7,71) mais, à l'instar de ces derniers, sont pauvres en carbonates (0,31%). West précise que les *t'upúri* présentent un taux d'humus relativement élevé (6%) et une bonne proportion d'éléments indispensables, desquels l'auteur ne mentionne que l'azote avec un taux à 0,09%.

La texture fine de ces sols leur confère par ailleurs des caractéristiques physiques particulières. D'une part, leur surface sèche en une poudre fine qui empêche l'évaporation de l'humidité des horizons sous-jacents. En conséquence, à la fin de la saison sèche, autour d'avril-mai, les *t'upúri* sont encore humides quelques centimètres sous la surface (*3 inches*, soit 7,62 cm). D'autre part, grâce à leur porosité importante, ils absorbent rapidement l'humidité. Ils sont de fait moins sensibles au ravinement que les *čaránda*.

West précise finalement que les *t'upúri* se déclinent en de nombreuses sous-catégories selon la texture. L'auteur offre en premier exemple les sols localisés sur les piémonts ou au niveau des cônes alluviaux dans lesquels la pierrosité est nettement plus importante et leur vaut d'être qualifiés de « *cascajo* »

⁸⁶ Encore aujourd'hui, la localisation des seuils entre les classes texturales (argiles, limons et sables) n'est pas universellement établie dans la communauté scientifique (Richer de Forges *et al.* 2008).

⁸⁷ Voir note 85.

(rocaillieux, caillouteux). En second exemple, West rapporte l'enrichissement en argile des sols en bas de pente, dénommés « *tierra charandosa* ».

[Les caractéristiques des *t'upúri* (texture fine, pulvérulence après déshydratation, taux d'humus élevé dans les horizons de surface) nous invitent à les associer à des Andosols. Selon la carte pédologique de la région de Cherán (DETENAL 1982b), les Andosols sont en effet omniprésents dans la Meseta, ce qui n'a rien de surprenant au regard de la morphogénèse de la zone intimement liée au volcanisme quaternaire du CVMG.

Ici encore, les classes texturales soulèvent des interrogations. Il est difficile de définir ces « sables fins » cités par West qui représentent plus de la moitié des éléments constitutifs des *t'upúri*. Ils sont probablement à rapprocher de verres volcaniques et par conséquent à des propriétés vitriques des Andosols (IUSS 2015 : 74 et *supra* 3.4.2.1).

Finalement, le lecteur aura pu voir une certaine ambiguïté dans le fait que West considère ces sols comme peu sensibles au ravinement, alors que les descriptions techniques des Andosols évoquées plus haut (3.4.2.1) insistent sur leur sensibilité à l'érosion hydrique. Pour autant, ce point ne remet pas en question la corrélation taxonomique entre *t'upúri* et Andosols. Cette différence tient à leur comportement face à l'érosion. Une fois mis à nu, les Andosols limoneux s'érodent par flux de matière le long des versants mais ravinent moins systématiquement que des sols plus argileux.]

**

En conclusion de cette présentation de la géomorphologie et des sols, nous noterons tout particulièrement la grande variabilité des types de sol dans l'aire géographique limitée que constitue notre fenêtre d'étude (81 km²). Les deux contextes morphogénétiques distincts que constituent les hautes terres volcaniques et la plaine lacustre ont contribué à la formation de sols variés qui présentent des caractéristiques agronomiques contrastées.

3.5. USAGE DES SOLS ET VÉGÉTATION

Nous terminons cette présentation du référentiel environnemental par une brève exposition des données disponibles sur la végétation et l'usage actuel des sols. Nous renvoyons le lecteur aux synthèses détaillées qui existent pour l'ouest du Mexique et le Centre-Nord (Rzedowski 1978 ; Rzedowski et Rzedowski 1987 ; Labat 1985, 1992, 1995).

3.5.1. Végétation actuelle du nord du Malpaís de Zacapu

La végétation de l'ensemble de la région étudiée par le CEMCA a fait l'objet d'une étude approfondie conduite par Jean Noël Labat (Labat 1985, 1992, 1995). Nous nous contentons ici d'une présentation sommaire de la végétation à la lumière de ces travaux.

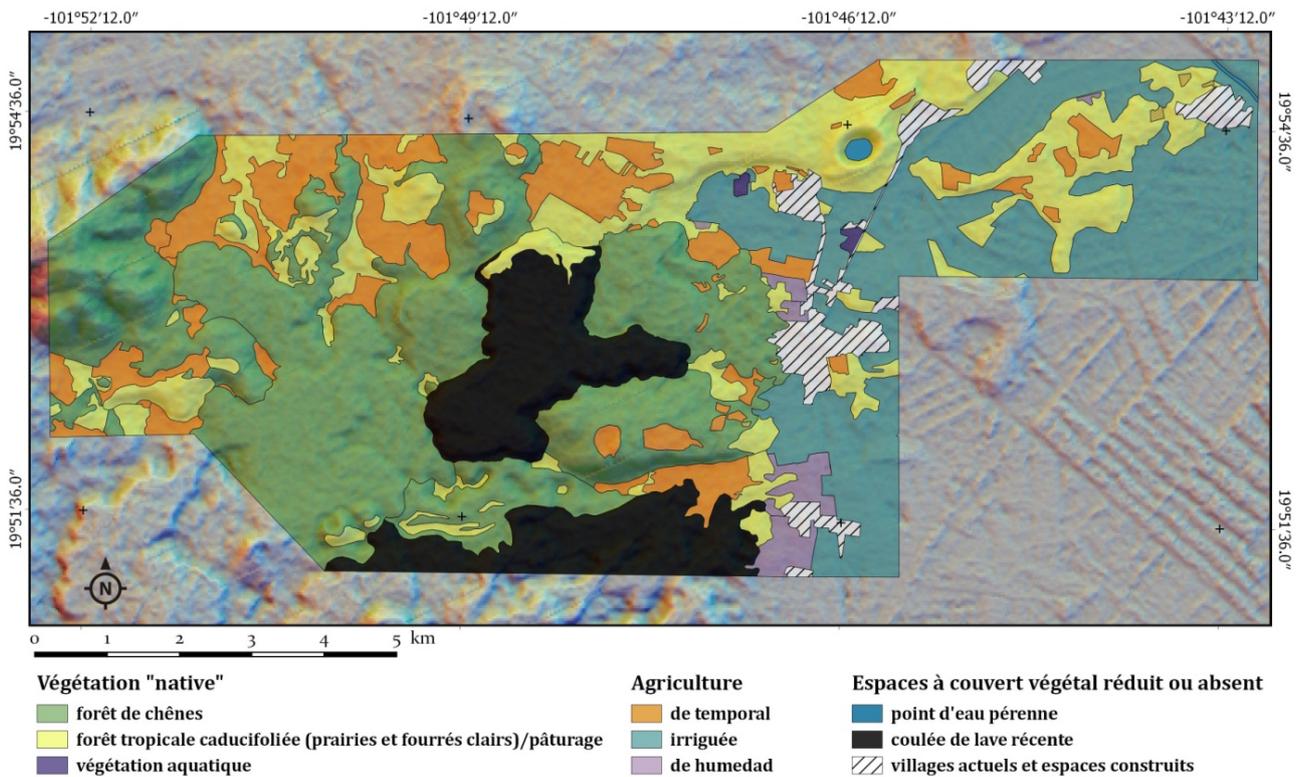


Figure 41 - Répartition de la végétation au nord du Malpaís de Zacapu.

Trois types de couverts végétaux dominent notre fenêtre d'étude (Figure 41) :

- 1) Les forêts de chêne, principalement sur les *malpais* (2800 ha) ;
- 2) Les prairies arbustives entrecoupées de fourrés plus ou moins denses (1450 ha) ;
- 3) Les champs cultivés (2600 ha), lesquels seront traités dans la sous-partie suivante (3.5.2).

À ces couverts dominants s'ajoutent quelques poches résiduelles de végétation aquatique dans la zone lacustre (13 ha) et le cas particulier des *malpaises* les plus récents (950 ha).

3.5.1.1. Forêts de chêne

Des couverts naturels qui se sont en grande partie reconstitués après l'abandon des sites archéologiques, les forêts de chêne sont les plus répandues. Caractéristiques des hautes terres, elles se sont développées sur les *malpaises* anciens et les versants où dominant les Andosols et, dans de nombreux cas, où s'étendaient jadis les établissements préhispaniques. La composition floristique est dominée par plusieurs espèces du sous-genre *Quercus*. Il s'agit globalement de spécimens de dimensions modestes (50 cm de diamètre ou moins), assez espacés les uns des autres (environ 5 à 10 m) (Figure 42). Sous la canopée principale s'étend une végétation basse composée d'une strate arbustive (ex. *Porophyllum viridiflorum*, *Verbesina sphaerocephala*...) et d'une strate herbacée. Cette végétation basse est généralement plutôt clairsemée mais peut par endroit être très dense. Il est par ailleurs fréquent de rencontrer des espèces xérophytes – caractéristiques des prairies (voir *infra*) – incorporées au sein de la forêt de chênes (ex. *Agave cf. atrovirens*, *Opuntia* sp....).



Figure 42 - Gauche : forêt de chênes après nettoyage de la végétation basse sur la coulée du Caracol.
Droite : détail de la végétation basse sous forêt de chênes sur la coulée de Malpaisillo.

Les forêts de chêne sont aujourd'hui essentiellement utilisées comme pâtures pour les bovins, qui paissent dans les clairières. De rares lopins de terre cultivés ponctuent les versants bas les plus facilement accessibles. Quelques cultures illicites sont aussi pratiquées à la faveur de l'isolement que confère le couvert forestier. Enfin, les forêts de chêne sont exploitées par

certains locaux pour récupérer du bois mort pour le chauffage et, exceptionnellement, pour la chasse et la collecte d'espèces sylvestres comestibles (ex. *Ipomoea* sp., *Dioscorea* sp.⁸⁸...).

3.5.1.2. Prairies arbustives

Le second groupement végétal naturel le plus répandu est la forêt tropicale caducifoliée. Caractéristique du nord des hautes terres, elle se développe ensuite surtout sur le versant méridional du Lerma, où l'altitude est plus élevée et les conditions climatiques plus chaudes et sèches. Dans notre fenêtre, elle apparaît sur les couvertures pédologiques anciennes (Vertisols et assimilés), essentiellement sous la forme de prairies arbustives dominées par une strate herbacée (supérieure à 50%). Les espèces arbustives notables sont *Acacia pennatula* (localement *Tepame*), *Opuntia streptacantha* (figuier de barbarie), ou encore *Mimosa rhodocarpa*. On les rencontre de façon éparse dans les prairies (Figure 43).



Figure 43 - Végétation arbustive caractéristique (*Opuntia* sp.) sur la coulée du Copalillo.

Quand elles n'ont pas été mises en culture, les prairies arbustives sont actuellement utilisées comme pâturages. Certains locaux perpétuent l'exploitation – marginale – de certaines espèces comestibles (figue de barbarie) ou présentant des vertus médicinales (ex. *Acacia pennatula* pour les affections rénales).

3.5.1.3. Végétation aquatique résiduelle

Le dernier groupement végétal naturel notable est la végétation aquatique. Elle se limite à quelques taches isolées dans la plaine lacustre, autrement mise en culture. La répartition de cette végétation répond à deux schémas. Elle colonise d'abord les bordures des canaux

⁸⁸ Ces deux espèces sont indifféremment nommées localement *camotes*, une sorte de patate douce.

artificiels qui drainent la plaine. Elle se développe ensuite dans les zones les moins bien drainées où le caractère marécageux limite la possibilité de mise en culture (Figure 44). Les espèces d'arbres ripicoles sont peu fréquentes et isolées (ex. *Taxodium mucronatum*). La strate herbacée domine, avec des espèces typiques, tel que *Juncus effusus* (jonc épars).



Figure 44 - Exemple de végétation aquatique en bordure de cultures près de la source de Cuarín.

Les zones de végétation aquatique ne sont pas mises à profit. Elles sont généralement évitées en dehors de celles qui jouxtent des sources d'eau pérennes ; lesquelles sont encore assidument fréquentées par les locaux.

3.5.1.4. La question de la végétation ancienne

L'occupation de la région de Zacapu depuis les derniers siècles avant notre ère a sans aucun doute modifié la végétation originelle. Nous verrons au cours de notre travail que les pratiques agricoles et plus généralement l'occupation préhispaniques ont vraisemblablement impacté lourdement la répartition des groupements végétaux au cours du temps. Nous ne disposons à ce jour d'aucune étude nous permettant de reconstruire la végétation de l'époque préhispanique. Comme nous l'avons évoqué (3.3.2), les données palynologiques des carottes lacustres sont en effet inutilisables pour ce qui concerne les deux derniers millénaires avant l'actuel (Pétrequin 1994). Quelques empreintes dans des revêtements de structure en argile attestent de la pérennité de certaines espèces arbustives (Pereira *et al.* 2013) et les restes carbonisés de maïs et de haricots témoignent des pratiques agricoles anciennes (Pereira *et al. ibid.*).

Pour son étude de la végétation de la région de Zacapu, Jean Noël Labat s'est toutefois efforcé de proposer des hypothèses de végétation originelle potentielle au regard des conditions bioclimatiques et de la pédologie (Labat 1992). Bien que trop peu précise pour notre investigation, l'étude suggère une répartition des groupements végétaux globalement similaire aux conditions actuelles, avec une nette dominance de la forêt de chênes. Ce travail indique aussi la présence d'une forêt dominée par les pins se développant vers le sud depuis la frange méridionale du Malpaís de Zacapu. Aujourd'hui encore, quelques pins isolés (*Pinus* sp.) peuplent encore les zones les plus élevées du Malpaís. Leur représentation a pu être plus importante à époques anciennes.

3.5.2. Usage des sols

En dehors des espaces naturels mentionnés, le reste de notre fenêtre d'étude est occupée par des champs cultivés et des zones habitées. L'agriculture aujourd'hui est pratiquée *de temporal*, *de riego*, ou *de humedad*. Nous présentons ici rapidement ces trois modes de mise en culture. Nous rentrerons dans plus de détails au regard de l'agriculture traditionnelle et ses spécificités dans le chapitre suivant. Précisons qu'une étude ethnographique des pratiques agraires dans le bassin de Zacapu a été réalisée dans les années 1980 (Gougeon 1991). Nous invitons le lecteur à s'y référer pour une présentation plus précise des pratiques actuelles.

3.5.2.1. Agriculture de temporal

L'agriculture *de temporal* est majoritaire dans les hautes terres (Figure 45). Il s'agit d'une agriculture saisonnière basée sur le régime des pluies. Le semis est réalisé au début de la saison humide (autour de mai-juin) et la récolte est faite entre novembre et décembre. Le maïs en monoculture y est largement majoritaire, de même que la mécanisation du labour et du semis. Dans quelques rares zones, le labour à la charrue est encore pratiqué. La récolte est quant à elle exclusivement manuelle. Ces dernières années, certains versants bas ont été défrichés pour l'arboriculture. Les parcelles ainsi ouvertes accueillent principalement des avocats, mais aussi quelques pêcheurs.

Au niveau spatial, la norme du *temporal* est le champ ouvert (*openfield*). Néanmoins, les territoires agricoles à l'échelle de la commune (*ejido*) ou du groupe de communes (*municipio*) sont souvent délimités par des murs en pierres sèches, qui reprennent généralement les anciennes frontières des *haciendas* coloniales.

Du point de vue végétal, le *temporal* laisse les sols à nu pendant la saison sèche. Sans être de rigueur, l'assolement biennal est pratiqué – voire la jachère pendant quelques années – et permet le cas échéant la régénérescence éphémère d'une strate herbacée.



Figure 45 - Exemple de paysage agricole des hautes terres, peu après la récolte en novembre.

3.5.2.2. Agriculture de riego par capillarité

L'agriculture *de riego*, littéralement « irriguée », caractérise la plaine lacustre. Elle s'est développée sur les terrains émergés à la faveur du drainage du paléolac. À Zacapu, l'irrigation des sols d'origine lacustre se fait par capillarité (Gougeon 1991 : 66). Cette technique consiste en la fermeture annuelle de l'exutoire du bassin à Villa Jiménez. Elle provoque la montée du niveau de la nappe phréatique, fournissant l'eau nécessaire à la mise en culture. Cette pratique permet un semis en mars, près de deux mois avant la saison des pluies. Pourtant, une seule récolte est réalisée car on privilégie un maïs de cycle long, récolté en décembre (Gougeon *ibid.*). Semis et labour sont mécanisés mais, là aussi, la récolte est manuelle.

L'agriculture *de riego* est caractérisée par le champ ouvert. Les délimitations de parcelles par des murs de pierres sèches sont occasionnelles mais rares. Le cas échéant, elles cernent plutôt des propriétés privées. Les canaux de drainage matérialisent par ailleurs souvent des limites de parcelles. Aux abords de ceux-ci se maintient une végétation aquatique (3.5.1.3).

3.5.2.3. Agriculture de humedad

Le dernier grand type répandu est l'agriculture dite *de humedad*, littéralement « d'humidité ». Au Mexique, cette appellation revêt différentes significations selon les auteurs et les agriculteurs (Whitmore et Turner II 2001). À Zacapu, elle est pratiquée dans les zones qui ne sont pas irriguées mais où l'humidité résiduelle des sols est suffisante pour permettre

une mise en culture avant le début de la saison des pluies. La plupart des parcelles *de humedad* se situent à proximité de la ciénega, dans des zones correspondant aux anciennes rives. Certaines faisaient jadis partie intégrante du lac mais correspondaient à des zones de faible profondeur, aujourd'hui mal connectées au réseau de canaux artificiels.

De façon remarquable, on rencontre aussi quelques parcelles cultivées *de humedad* dans les hautes terres. Les propriétés physiques des sols téphriques (Andosols et assimilés) favorisent le maintien d'une humidité résiduelle dans certains contextes géomorphologiques spécifiques (ex. certaines dépressions, pied de certains versants, zone de convergence des eaux souterraines) (West 1948 : 34) malgré la perméabilité de la roche sous-jacente. Ces propriétés permettent un semis dès le mois de mars (West *ibid.*). À Zacapu, dans les meilleurs contextes, les agriculteurs locaux parviennent exceptionnellement à obtenir une seconde récolte en hiver. Outre le maïs, on y cultive la luzerne (*Medicago sativa*), voire, dans un unique espace que nous avons observé, de la canne à sucre (*Sacharrum* sp.), pourtant exigeante en eau.

3.5.2.1. Joyas et ecuaros

Terminons en soulignant deux cas spécifiques : les *joyas* (joyaux en espagnol) et les *ecuaros* (*patio* en purépecha). Il s'agit de parcelles généralement de taille réduite et assez éloignées des villages. Aux yeux des agriculteurs, leurs caractéristiques agronomiques intéressantes justifient l'investissement nécessaire à leur exploitation.

Les *joyas* sont des terrains localisés dans des dépressions, entre ou au cœur des *malpais* ou au sommet des cônes scoriacés (Beals 1946 ; West 1948 ; Gougeon 1991). Elles se caractérisent par des sols d'origine téphrique (Andosols et assimilés), par essence légers, qui présentent une certaine humidité résiduelle. Ainsi, malgré leur relative difficulté d'accès, les *joyas* peuvent – comme les zones *de humedad* – être mises en culture avant la saison des pluies. Elles sont pour cela particulièrement appréciées des agriculteurs. West (1948) indique qu'elles peuvent être cultivées en continue. Beals (1946) comme Gougeon (1991) sont plus réservés et soulignent que seules les *joyas* extrêmement fertiles peuvent être exploitées sans jachère. Leur localisation, souvent associée à des affleurement, implique une mise en valeur manuelle.

Les *ecuaros* sont à l'inverse des terrains qui se caractérisent par des sols argileux et caillouteux (Gougeon 1991). Ils sont localisés dans des zones en pente. La piérosité des sols

fournit la matière première pour la délimitation des parcelles et la construction de terrasses (Michelet comm. pers.). Elle permet par ailleurs la conservation de la chaleur dans le sol (gradient thermique des pierres) (Gras 1994), et limite ainsi les écarts de température. La classe texturale argileuse assure le maintien d'un taux d'humidité raisonnable. Ainsi, bien que les rendements des *ecuaros* soient moins bons que ceux d'autres terrains, ils sont appréciés pour la sécurité que leurs caractéristiques assurent pour les espèces cultivées. Dans ces terrains, les récoltes ne souffrent ni de la sécheresse, ni des gelées tardives. À l'instar des *joyas*, les *ecuaros* doivent généralement être travaillés à la main.

3.6. SYNTHÈSE DU CHAPITRE 3

Retenons que l'environnement du Nord-Ouest du bassin de Zacapu est contrasté. À cheval entre domaine lacustre et volcanique, les conditions de chacun induisent une opposition sous quasiment tous rapports, entre hautes et basses terres. Au niveau géologique, les matériaux parentaux d'origine téphrique s'opposent aux dépôts lacustres. En géomorphologie, la dépression sédimentaire s'oppose aux reliefs volcaniques, récents et accidentés. L'hydrologie est contrastée entre la *ciénega* humide – très largement marécageuse à l'époque préhispanique – et les hautes terres, où les conditions sèches sont accentuées par la perméabilité du substrat volcanique. Même au niveau climatique, une différence sensible existe ; notamment au regard des gelées hivernales, plus fréquentes dans la dépression lacustre que sur les reliefs. En conséquence, au niveau pédologique, les sols téphriques, secs, s'opposent aux sols lacustres, en permanence en condition humide. De même, la végétation subséquente est très nettement séparée entre les groupements végétaux des hautes terres – chênes, prairies et espèces xérophytes – et les groupements ripicoles et lacustres, qui devaient dominer le bassin avant le drainage du lac. En résulte encore aujourd'hui une différence dans l'usage des sols des deux domaines.

Soulignons que la présente étude souffre de l'absence de reconstruction paléo-environnementale. La pérennité des conditions au cours des deux derniers millénaires constitue toutefois une hypothèse viable, bien que les maigres indices paléoclimatiques suggèrent des variations. La période qui nous intéresse (VII^e-XV^e siècle) a vraisemblablement été marquée par des épisodes secs plus ou moins durables. Soulignons aussi que l'activité puis

le drainage du lac sont deux facteurs qui ont contribué à occulter puis détruire les traces d'occupation. Nous entamons donc la recherche avec un évident contraste dans la conservation des vestiges entre les hautes terres, abandonnées au XV^e siècle et majoritairement restées inoccupées depuis (1.2.5), et les basses terres, où activités humaine et sédimentaire ont suivi leur cours jusqu'à aujourd'hui.

La question que nous soulevons maintenant, et qui guide la suite de l'étude, est de savoir comment cet environnement a été exploité au niveau agricole à l'époque préhispanique. Bien que nous soyons les premiers à nous poser cette question pour le cas très spécifique du nord du Malpaís de Zacapu, elle a bien entendu été soulevée avant notre travail. Elle a été soulevée pour la région de Zacapu, mais aussi ailleurs, dans des environnements comparables. Ainsi, avant de présenter notre méthodologie (chapitre 5), nous faisons une synthèse succincte des connaissances sur l'agriculture préhispanique dans les Hautes Terres volcaniques du Mexique central.

4. SYSTÈMES AGRAIRES PRÉHISPANIQUES DANS LES HAUTES TERRES VOLCANIQUES DU MEXIQUE CENTRAL

« *Cette province [Tlaxacla, à l'est de Mexico] renferme de nombreuses et belles vallées si bien cultivées que pas une parcelle de terre n'en est perdue.* »

Hernán Cortés, Seconde Lettre à Charles Quint (2007 [1520] : 90)⁸⁹.

Au sein des recherches sur les civilisations préhispaniques, l'agriculture ne s'est placée en véritable sujet d'étude qu'à partir des années 1950, notamment sous l'impulsion de Pedro Armillas (Rojas Rabiela 2001). Les sources sont multiples. Les textes préhispaniques (*codices*) fournissent des données de première main, mais les exemples sont rares, tardifs, et l'information souvent éparpillée dans un discours à caractère cultuel ou administratif. L'iconographie est aussi très riche, dès les époques les plus reculées (ex. représentation de plants de maïs au Préclassique moyen [1200-400 av. J.-C.] en bas-reliefs à Chalcatzingo [Grove 1984]). Mais l'interprétation des images est toujours un exercice périlleux.

L'essentiel de nos connaissances repose en fait sur les documents ethnohistoriques, rédigés à l'époque du contact ou peu après (XVI^e siècle) (Rojas Rabiela 1988, 1991, 2001 ; Whitmore et Turner 2001). À ce titre, la plus riche source d'informations est sans aucun doute l'*Histoire générale des choses de Nouvelle Espagne*, compilée dans les années 1570 par Bernardino de Sahagún (1577). Ce texte, bilingue espagnol-nahuatl, relate – parmi pléthore de sujets – les us des anciens Nahuas (Aztèques) et détaille notamment plusieurs aspects de leur pratique de l'agriculture. Outre ce texte, nous pouvons souligner les *Relaciones geográficas* (Acuña 1987 [1550-70] pour le Michoacán), les travaux du botaniste Francisco Hernández (1615), ou certaines chroniques plus tardives pour le cas du Centre-Ouest (Rea 1882 [1639] ; Beaumont 1932 [c. 1777]).

⁸⁹ Traduction de Désiré Charnay.

En parallèle, l'une des spécificités de la recherche mésoaméricaniste est d'utiliser largement l'ethnographie comme grille de lecture des époques anciennes. Les communautés indigènes perpétuant des pratiques ancestrales sont en effet encore nombreuses dans le Mexique d'aujourd'hui. Cette démarche est d'autant plus pertinente lorsqu'elle s'intéresse à des thématiques aussi fondamentalement pragmatiques que l'agriculture. En outre, en dépit de la mécanisation galopante et du développement des engrais, la pérennité des pratiques est à l'heure actuelle toujours de rigueur dans certaines communautés.

L'archéologie de l'agriculture à proprement parler – *i.e.* l'identification de traces matérielles des pratiques anciennes – ne tient finalement qu'une part assez réduite dans l'ensemble de ces connaissances. Aussi, bien qu'un effort soit fait pour inclure de plus en plus les découvertes archéologiques, la majorité des synthèses sur l'agriculture préhispanique s'appuient en priorité sur l'ethnohistoire et l'ethnographie, et sont d'ailleurs principalement signées par des ethnohistoriens ou des géographes (Donkin 1979 ; Rojas Rabiela 1988, 2001 ; Whitmore et Turner 2001 ; pour n'en citer qu'une poignée).

Ce chapitre fait la synthèse de ce que nous savons de l'agriculture préhispanique à Zacapu et dans des zones écologiques comparables. Nous souhaitons ainsi proposer un cadre d'interprétation aux données que nous présentons dans la suite de notre travail. Nous commençons par dresser un état des connaissances succinct sur l'agriculture dans les Hautes Terres volcaniques du Mexique central (4.1). Ainsi, nous laissons globalement de côté le cas des Basses Terres humides (notamment la zone maya), où les pratiques et les écosystèmes cultivés diffèrent. Nous présentons ensuite les informations plus spécifiques au Centre-Ouest, en mettant l'accent sur les données archéologiques (4.2). Nous revenons finalement sur la question de l'archéologie de la subsistance à Zacapu, à l'aune des résultats des travaux de nos prédécesseurs (4.3).

4.1.GÉNÉRALITÉS SUR L'AGRICULTURE DANS LES HAUTES TERRES VOLCANIQUES DU MEXIQUE CENTRAL

Cette sous-partie expose les spécificités de l'agriculture préhispanique du Mexique central telles qu'on les connaît à ce jour au travers de l'ethnohistoire, l'ethnographie, et l'archéologie. L'information présentée provient principalement de différents ouvrages de synthèse vers lesquels nous renvoyons le lecteur qui souhaiterait s'informer sur cette thématique générale. Il s'agit notamment des travaux d'Ángel Palerm et Eric Wolf (1972), Robert Donkin (1979), William Denevan (1980), Teresa Rojas Rabiela (1988, 1991, 2001 ; Rojas Rabiela et Sanders 1989) ou encore de Thomas Whitmore et William Turner II (2001). Dans cette présentation, nous nous focalisons principalement sur les aspects techniques de l'agriculture, lesquels sont susceptibles d'être documentés par l'archéologie.

4.1.1. Écosystème cultivé et système social productif mésoaméricain

Selon Mazoyer et Roudart (1997) – évoqués au chapitre premier –, le système social productif correspond à l'ensemble des moyens humains (ex. main-d'œuvre, savoir-faire...), inertes (outils) et vivants (ex. plantes, animaux...) mis en œuvre dans le cadre d'activités pour assurer la reproduction d'un système agraire donné. L'écosystème cultivé correspond quant à lui au milieu mis en culture. À l'échelle de la Mésoamérique à l'époque préhispanique, système social productif et écosystème cultivé diffèrent de ceux que l'on connaît en Europe occidentale à la même époque – de 1500 av. J.-C. à la fin du Moyen-Âge.

4.1.1.1. L'écosystème cultivé des Hautes Terres de la CVT

La question de l'écosystème zacapense a été abondamment discutée dans le précédent chapitre. Au-delà du cas de Zacapu, nous nous intéressons de manière plus générale dans ce travail à l'écosystème des Hautes Terres de la Ceinture Volcanique Transmexicaine. Du point de vue agronomique, ses spécificités sont :

- 1) les sols volcaniques issus de dépôts de cendre, qui présentent des caractéristiques et une évolution propres (Shoji *et al.* 1993) ;
- 2) la topographie accidentée induite par la superposition d'édifices volcaniques (cônes, coulées, dômes, boucliers, stratovolcans...), successivement formés au cours des 25 derniers millions d'années (Ferrari *et al.* 2012) ;

- 3) le climat subtropical tempéré à régime de mousson, marqué par une saison sèche de novembre à mai et une saison humide de juin à octobre (García 2004) ;
- 4) l'alternance, au niveau hydrologique, entre des zones à substrat volcanique perméable et des zones d'accumulation (bassins lacustres) ;

Ces spécificités sont autant de facteurs qui ont contribué à l'établissement de stratégies agricoles propres à cette partie de la Mésoamérique (Rojas Rabiela 2001). Soulignons dès à présent la richesse de cet écosystème. Nous ne sommes pas dans le cas d'un milieu extrêmement contraignant (hyper-aride ou hyper-humide). Il offre au contraire de nombreuses possibilités (agriculture de zones sèches, humides, sur sols anciens, sur sols jeunes...). L'exploitation de cette richesse écologique a par ailleurs été orientée par un système social productif, lui aussi propre au monde mésoaméricain.

4.1.1.2. Le système social productif mésoaméricain

En ce qui concerne le système social productif, les Hautes Terres du Mexique central ne constituent pas un espace dont les caractéristiques diffèrent grandement du reste de la Mésoamérique. En effet, les technologies et cultivars sont relativement ubiquistes au sein de l'aire mésoaméricaine et ont d'ailleurs très tôt contribué à la définition même de celle-ci (Kirchhoff 1943). Les spécificités du système social productif mésoaméricain sont :

- 1) L'existence d'un large corpus de plantes natives cultivées, propres à l'aire géographique (Byers 1967 ; Flannery 1986 ; Niederberger 1987 ; Piperno et Flannery 2001 ; McClung de Tapia et Zurita Noguera 2001 ; Zizumbo-Villarreal *et al.* 2012, 2016 ; entre autres), parmi lesquelles nous retiendrons spécialement :
 - le maïs (*Zea mays* L.) ;
 - le haricot (*Phaseolus* spp.) ;
 - la courge (*Cucurbita* spp.) ;
 - le piment (*Capsicum* spp.) ;
 - l'amarante – ou *quelite* en nahuatl – (*Amaranthus* spp.) ;
 - le chia (*Salvia hispanica*) ;
 - l'avocat (*Persea mexicana*) ;
 - l'agave ou maguey (*Agave americana*), propre aux Hautes Terres ;

- le figuier de barbarie ou nopal (*Opuntia* spp.), dont on consomme la cladode (raquette) et le fruit, la *tuna*, lui aussi caractéristique des Hautes Terres.
- 2) L'utilisation exclusive d'un outillage en bois et en pierre (obsidienne, basalte, andésite, dacite...), documenté par les textes (Rojas Rabiela 1988, 1991) mais très rarement par l'archéologie⁹⁰ :
- Il existe différents types de bâtons à fouir – ou *uictli* en nahuatl – correspondant grossièrement à une sorte de bêche, généralement monoxyle⁹¹, dont l'extrémité plus ou moins pointue peut être renforcée au feu (Figure 46). Des équivalents ethnographiques sont documentés dans le Centre-Ouest.
 - L'utilisation d'outils en pierre pour les travaux agraires est très probable mais n'est documentée ni par les textes, ni par l'archéologie (voir note 2).



Figure 46 - Représentations de bâton à fouir
(images issues de Sahagún [1577, livre IV : 145])

- 3) L'absence d'araire, de charrue, et de roues ;
- 4) L'absence d'animaux de trait et, par conséquent, un travail des champs exclusivement manuel ;
- 5) La pratique de la polyculture, dont l'expression la plus courante est l'association maïs-haricot ou le trio maïs-haricot-courge, connu aussi sous le nom de culture en *milpa*.

⁹⁰ La question de l'outillage est mal connue en archéologie mésoaméricaniste. Cette lacune s'explique en partie par la mauvaise conservation du bois. Toutefois, à l'égard du matériel lithique, les approches technologiques sont encore rares au Mexique et les approches fonctionnelles quasiment inexistantes en ce qui concerne les outils en pierre potentiellement associés à la sphère agricole. Aussi, est-il impossible pour l'heure de rapprocher les nombreux éléments en pierre (éclats, lames) retrouvés dans les zones potentiellement mises en culture à un outil ou à une pratique culturelle spécifique.

⁹¹ La partie utile peut exceptionnellement être renforcée de métal (alliage de cuivre) (Rojas Rabiela 1991).

Ces spécificités techniques ont, elles aussi, contribué à l'élaboration de modes de mise en culture particuliers. Soulignons d'emblée le fait qu'en l'absence d'animal et d'équipement de trait, les critères de sélection des espaces cultivables diffèrent de ceux mis en avant en Europe occidentale. Les conceptions sont presque inversées. De fait, les espaces accidentés ne contraignent pas la mise en culture manuelle, alors même que l'exploitation des zones planes aux sols lourds peut représenter un défi.

4.1.2. Typologie des stratégies agricoles

Nous reprenons ici la typologie des stratégies agricoles proposée par Whitmore et Turner (2001), qui définissent quatre grands types de systèmes agraires :

- 1) l'agriculture pluviale (*rainfed agriculture*) ;
- 2) l'agriculture en terrasses ;
- 3) l'agriculture irriguée ;
- 4) l'agriculture de milieu humide.

À cette liste, ces auteurs ajoutent les cas spécifiques de l'arboriculture et de l'horticulture. Cette typologie n'est pas la seule possible. Rojas Rabiela lui préfère la définition de quatre grandes familles de systèmes agraires en fonction de leur intensité (Rojas Rabiela 1988). Sont dans ce cas mises en regard – si ce n'est opposées – l'agriculture extensive et l'agriculture intensive. Dans cette conception, l'agriculture pluviale se place en théorie au bas de l'échelle de l'intensité et les systèmes les plus exigeants en travail, tels que les *chinampas* mexicains⁹², tout en haut (voir 1.3.1).

4.1.2.1. Arboriculture et horticulture

L'arboriculture et l'horticulture (la culture en jardin) sont des pratiques caractéristiques de la Mésoamérique (Whitmore et Turner 2001 : 76-77). C'est du moins ce qu'indiquent les documents ethnohistoriques où sont légions les mentions de jardins accolés aux maisons ou, de façon plus exceptionnelle, spécialement entretenus pour le compte de personnages de l'élite (Sahagún 1577 ; Hernández 1615 ; Acuña 1987 [c. 1570] ; pour ne citer que quelques sources). Les jardins constituaient une forme d'agriculture extrêmement répandue et dans laquelle étaient cultivés aussi bien des légumes et des condiments, que des plants de maïs ou des arbres fruitiers. Les vestiges de tels aménagements agraires – qui tenaient

⁹² Forme de champs surélevés mis en culture au travers du creusement de canaux de drainage dans une zone marécageuse, entre lesquels la fertile terre riche en matière organique est systématiquement et régulièrement amoncelée, permettant la culture en continu (Armillas 1949).

vraisemblablement une place centrale dans l'économie de subsistance mésoaméricaine – sont toutefois difficilement repérables archéologiquement. Les tentatives pour les identifier sont encore rares (Killion 1992a). L'agriculture intra-site ou *settlement agriculture* (Killion 1992b ; 1.3.3), documentée archéologiquement (voir 4.1.2.2), suggère par ailleurs que certaines pratiques agricoles préhispaniques pouvaient se rapprocher de l'horticulture. Certains auteurs vont jusqu'à considérer l'agriculture amérindienne en général comme horticole car elle était pratiquée exclusivement à la main (Krause 1932).

L'arboriculture prend pour sa part différentes formes (Whitmore et Turner 2001). En effet, hormis les jardins mentionnés, les textes rapportent fréquemment des cas d'agriculture quasiment incidente. Les arbres qui ont une valeur particulière (ex. fruits comestibles, fibres utiles...) sont protégés ou épargnés lors des défrichements, favorisant de fait leur sélection dans l'écosystème (Rojas Rabiela 1991). Parallèlement, certaines espèces présentant des qualités particulières sont entretenues, voire cultivées, au sein même d'autres cultures. C'est le cas par exemple du *mezquite* (*Prosopis* spp.) fixateur de l'azote (Acuña 1985 : 35, cité par Whitmore et Turner 2001 : 85 ; Wilken 1987). Une fois encore, l'identification archéologique de telles pratiques est difficile. Toutefois, certaines études botaniques – notamment dans la péninsule du Yucatán – suggèrent la sélection d'espèces d'arbres au sein des groupements végétaux actuels (Alcorn 1984 ; Dussol 2017).

4.1.2.2. Agriculture pluviale

L'agriculture pluviale – traduction littérale de *rainfed agriculture* – regroupe les modes de mise en culture dépendant des pluies et n'impliquant pas de modification importante du paysage (excluant de fait les ouvrages de concentration du ruissellement et les terrasses) (Whitmore et Turner 2001 : 111). Ce type d'agriculture a été très largement pratiqué à travers toute la Mésoamérique. On distingue généralement l'agriculture itinérante sur abattis-brûlis, à jachère longue (4 à 20 ans), et l'agriculture *de temporal*, dans laquelle le brûlis peut aussi être pratiqué mais où la jachère est courte ou inexistante (Rojas Rabiela 1988, 1991). En outre, l'abattis-brûlis est traditionnellement associé aux Basses Terres humides, et le *temporal*, aux Hautes Terres. Aujourd'hui encore, le *temporal* est la pratique la plus répandue dans les Hautes Terres Centrales (Sanders *et al.* 1979 ; Wilken 1987 ; West 1948). Il est par ailleurs fréquent que les agriculteurs brûlent les parcelles – en jachère ou non – peu avant le début de la saison des pluies (Brand 1951 : 130 et observations personnelles) ; fournissant ainsi des apports en potassium et en phosphate au sol (Nye et Greenland 1960 ; Sigaut 1975).

Par essence simple et peu encline à laisser des traces matérielles importantes, l'agriculture pluviale est mal documentée ; aussi bien dans les textes que par l'archéologie. Le *temporal* est néanmoins associé à une préparation plus importante du sol, qui suggère l'existence de traces potentiellement identifiables. L'ethnohistoire et l'ethnographie documentent notamment des champs cultivés en *surcos y camellones* (littéralement « billons et sillons ») (Rojas Rabiela 1991). Cette pratique consiste à semer les cultivars au fond des sillons établis au bâton à four. Puis, quelques semaines après, les pieds des plants sont buttés avec la terre des billons, inversant de fait l'alternance *surcos/camellones*. Deux contextes de conservation exceptionnelle en fournissent des exemples archéologiques. La fouille du site de Tetimpa (État de Puebla) – figé dans le temps par un dépôt de cendre issu du stratovolcan Popocatepetl – a ainsi révélé des billons et sillons réguliers entre les habitats (*settlement agriculture*), sur une surface totalement plane (Plunket et Uruñuela 1998 ; Figure 47). Le site de la Joya de Cerén (El Salvador) fournit un exemple similaire pour les Basses Terres (Sheets 2002).

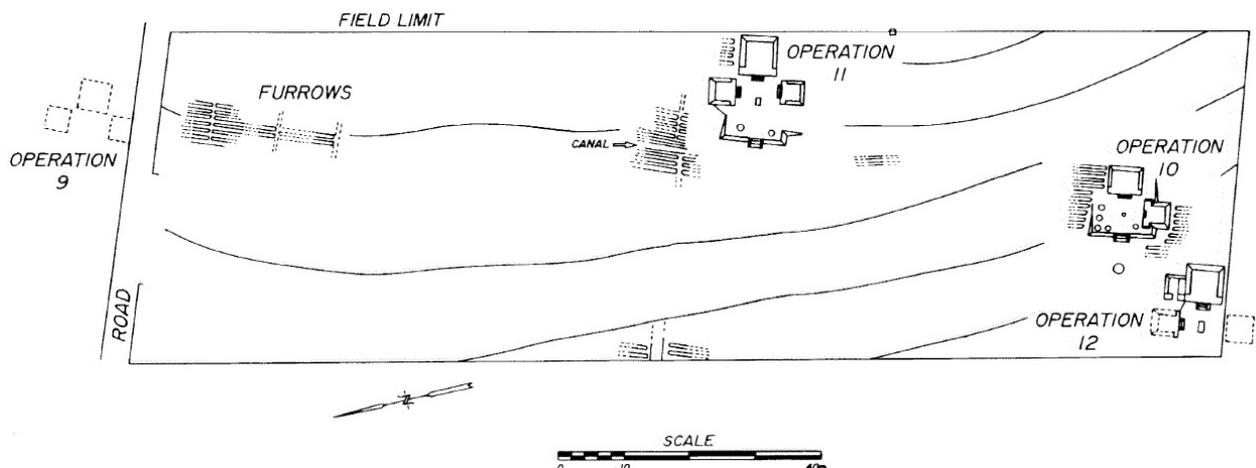


Figure 47 - Exemple de la proximité des champs (*furrows*) avec les habitats sur le site de Tetimpa (Puebla) (Issu de Plunket et Uruñuela 1998, fig. 6 : 295).

Outre ces cas exceptionnels, des études sédimentologiques récentes dans la région de Tlaxcala ont mis en évidence la possible pratique de l'abattis-brûlis au cours du premier millénaire avant notre ère sur la base de niveaux riches en charbon, associés à une érosion accrue subséquente (Borejsza *et al.* 2011 ; Lesure *et al.* 2013).

4.1.2.3. Agriculture de *humedad*

Déjà évoquée au chapitre précédent (3.5.2.3), l'agriculture *de humedad* constitue un intermédiaire entre les agricultures irriguées et pluviales (incluse dans cette dernière catégorie chez Whitmore et Turner [2001]). Ne nécessitant généralement pas d'aménagement

particulier, elle exploite l'humidité résiduelle qui se maintient dans certains sols à la faveur de contextes géomorphologiques particuliers. C'est notamment le cas des sols issus de dépôts de cendre volcanique lorsqu'ils cumulent 1) une position de stock de matière (dépression) et 2) un drainage interne suffisamment rapide pour ne pas provoquer la stagnation d'un surplus d'eau dans les sols. Dans les Hautes Terres du Mexique Central, de telles conditions sont réunies dans certaines *joyas* (ex. dans la Meseta Tarasca ou les hautes terres de Zacapu), sur les rives des lacs (ex. Pátzcuaro) ou au bord de rivières (ex. Rio Balsas). Mais les cas de figure sont nombreux. L'agriculture *de humedad* permet notamment un semis avant l'arrivée des pluies (autour de mars) (Beals 1946 ; West 1948).

4.1.2.4. Agriculture en terrasses

Le système d'agriculture en terrasses est parmi les mieux documentés. Trois raisons principales l'expliquent. D'abord, les vestiges sont souvent faciles à identifier – mais pas systématiquement. Ensuite, une grande partie des espaces cultivés en terrasses a été abandonnée au profit des fonds de vallées lors de l'introduction de la charrue et des animaux de trait au XVI^e siècle ; favorisant *a fortiori* leur préservation. Enfin, il s'agit d'un type d'aménagement exceptionnellement ubiquiste. On rencontre en effet, de très nombreux systèmes de terrasses depuis les milieux tropicaux humides du sud (Denevan 1980) jusqu'aux confins arides septentrionaux de la Mésoamérique (Trombold et Israde-Alcantara 2005).

Il est aujourd'hui communément admis que la fonction première des terrasses dans les Hautes Terres du Mexique central est la gestion des apports en eau ; plus encore que la limitation de l'érosion et des phénomènes de lixiviation/éluviation⁹³, ou l'épaississement des *solums* (Donkin 1979 ; Whitmore et Turner 2001 : 134-35). Du point de vue du travail du sol et de la temporalité des activités dans les Hautes Terres, la culture en terrasses se rapproche de l'agriculture *de temporal* (3.5.2.1 et 4.1.2.2). Elle peut toutefois être associée à des systèmes de canalisation du ruissellement en amont.

De nombreuses typologies des terrasses préhispaniques existent (Donkin 1979 ; Denevan 1980 ; Rojas Rabiela 1991 ; Whitmore et Turner 2001 ; entre autres). On distingue généralement trois types principaux :

⁹³ Appauvrissement du sol en nutriments (cations basiques) par migration au bas du profil (Duchaufour 2001).

- 1) les *sloping-field terraces* – littéralement, « terrasses de terrain en pente » – ne modifient que très faiblement le terrain, lequel garde ses paramètres morphométriques originels ;
- 2) les *bench terraces* – littéralement, « terrasses bancs/banquettes » – créent un espace nivelé en amont du mur de soutènement (profil en escalier) ;
- 3) les *cross-channel terraces* ou terrasses transversales de ravin (Niederberger 1987) barrent une zone d'écoulement relativement étroite (talweg) pour accumuler les sédiments entraînés vers l'aval par l'eau. Les *valley-floor terraces* – « terrasses de fond de vallée » – constituent un type analogue mais pour les talwegs plus vastes.

De nombreux autres types et sous-types ont été proposés. Nous établissons une typologie basée sur les contextes géopédologiques du Malpaís de Zacapu et ses environs au **chapitre 8**.

Bien que les fouilles de terrasses agricoles se multiplient à l'échelle de la Mésoamérique, elles demeurent bien moins abondantes que ne pourraient le laisser penser les nombreuses typologies et identifications de surface. Nous retiendrons entre autres pour la CVT, les travaux réalisés autour des sites de Teotihuacan (État de Mexico) (Evans 1985, 1990 ; Pérez Pérez 2003, 2007), Capilco et Cuexcomate (Morelos) (Smith et Price 1994), La Laguna (Tlaxcala) (Borejsza 2006 ; Borejsza *et al.* 2008), Calixtlahuaca (État de Mexico) (Smith *et al.* 2013), et, plus à l'ouest, sur le Cerro Barajas (Guanajuato) (Wusher 2003). Toutes ces études concordent pour mettre en exergue deux points principaux :

- 1) La facture des murs – en pierre ou, plus rarement, en terre – est loin d'être standardisée ; allant du plus simple alignement au soutènement bien maçonné à plusieurs assises. L'absence de mortier est la règle.
- 2) Les remaniements fréquents du sol en amont comme en aval du mur au cours de l'utilisation induisent une stratigraphie souvent chaotique.

À l'égard de ce second point, soulignons les travaux – en dehors de la CVT – de Jonathan Sandor sur l'impact du terrassement sur la pédologie (1992, 1998, 2006, entre autres). L'auteur note qu'en fonction de la nature des pratiques agraires et de la pédogénèse, le sol de la terrasse peut s'avérer très proche du sol originel ou au contraire largement modifié (Sandor 1998). Il établit notamment une synthèse des conséquences du terrassement en fonction des contextes géomorphologiques aménagés et des pratiques culturelles (Tableau 7).

| | Montagne | Terrain humide (<i>wet-field</i>) | Zone de ruissellement (<i>runoff</i>) | Rideaux/Linchet | |
|------------------------------------|---|--|--|---|---|
| Processus géomorphologiques | Réduction de la pente/nivellement ; colluvions. | Rizière (conditions anthraquic [sol inondé]) ; nivellement de la pente. | Sédimentation fluviale/colluvique épisodique ; réduction de la pente. | Colluvions après défrichement ; érosion intra-parcelles sous climat humide ; apports éoliens ; processus agriques (ici entendu comme « provoqués par la mise en culture ») (désagrégation, mouvement de sable, limon, argile) ; sédiments mélangés. | |
| Pratiques culturelles | Murs assez grands ; remblais ; fertilisation ; irrigation possible. | Retenues d'eau ; formation de mares ; engrais vert ; fertilisation ; ajout/création de sol. | Murs de contention relativement petits ; parfois, érosion délibérée. | Parcelles relativement petites ; murs de délimitation ; labours. | |
| Modifications du sol | | | | | |
| | Morphologie | Épaississement de l'horizon A ; horizons enfouis ; plaggen ; horizons anthropiques et argiques ; texture, pierrosité, structure et porosité modifiées. | Nouveau matériau de sol ; texture construite à surface argileuse ; épaississement du sol ; semelle de labour ; horizon argique. | Épaississement possible de l'horizon A ; horizons enfouis ; augmentation de l'humidité du sol et de la capacité au champs. | Épaississement possible de l'horizon A ; horizons enfouis ; homogénéisation par labours mais aussi éléments hétérogènes ; horizons agriques (revêtements argileux, fragments de croûte) ; éléments allochtones. |
| | Chimie | Cas documenté d'augmentation du taux de C organique, N, P ; modification de la CEC ; changement des variables du pH. | <i>Inverted gley</i> (horizons gleyiques de surface non connectés avec les horizons profonds) ; ferrolysis (Brinkman 1970) ; minéraux argileux altérés ; augmentation possible du taux de matière organique. | Exemples d'augmentation comme de baisse du taux de C organique, N, P et du pH. | Exemples d'augmentation comme de baisse du taux de matière organique et/ou de phosphore. |
| | Biologie | Modification de la faune et de l'activité des enzymes. | Organisme aquatique anaérobie. | Débris organique et apports microbiens par sédimentation. | Augmentation fréquente de l'activité biologique si apports organiques. |

Tableau 7 – Exemples de processus fréquents, de gestion du sol, et de modifications des propriétés pédologiques documentés dans différents types d'agriculture en terrasses anciennes ou traditionnelles (repris de Sandor [1998 : 6] [trad. de l'auteur]).

4.1.2.5. Agriculture irriguée

Pour Whitmore et Turner (2001 : 165-70), c'est l'apport en eau qui différencie l'agriculture irriguée de l'agriculture de milieux humides (1)). Dans la première, l'eau est puisée ou acheminée artificiellement à la parcelle. Dans la seconde, l'eau est omniprésente et il s'agit plutôt d'évacuer le surplus par drainage.

L'agriculture irriguée est relativement répandue en Mésoamérique mais n'a pas la même ampleur qu'en Europe ou en Amérique du Sud. Elle est généralement pratiquée à échelle réduite, à l'exception notable du cas du bassin de Mexico au Postclassique (Palerm 1962). De nombreux travaux synthétisent les informations concernant les ouvrages hydrauliques préhispaniques (Armillas 1949 ; Palerm 1962, 1973 ; Rojas Rabiela 1991, 2001 ; Doolittle 1990). Whitmore et Turner distinguent quatre types d'agriculture irriguée :

- 1) L'irrigation par capillarité (*subsurface irrigation*) consiste en la construction d'un aménagement permettant d'atteindre la nappe phréatique ; généralement *via* l'établissement du champ au fond d'un creusement. Ce type d'agriculture est pratiqué sur les rives de cours et points d'eau et s'apparente à la culture *de humedad* (4.1.2.3). Les *tecallis*, documentés par Pedro Armillas (1949) sur le cours moyen du Rio Balsas, constituent des exemples préhispaniques de ce type de pratique. Il s'agit de cuvettes d'environ 1 à 2 m de diamètre creusées à quelques pas les unes des autres sur les rives du fleuve, et cultivées pendant la saison sèche (Armillas *ibid.* ; Del Amo *et al.* 1988).
- 2) L'irrigation par inondation (*floodwater farming*) tire profit des crues à la saison humide pour acheminer l'eau sur les parcelles en bordure de cours d'eau temporaires ou pérennes⁹⁴. Ce type d'irrigation nécessite généralement – mais pas systématiquement – la construction de digues pour diriger ou contenir les eaux de crue. À cette fin, des barrages typologiquement proches des terrasses transversales de ravin et de fond de vallée (4.1.2.3) peuvent être aménagés. Gorenstein et Pollard (1983 : 146) suggèrent notamment que cette pratique documentée par l'ethnographie (Belshaw 1967 : 9) ait pu être utilisée sur les terrasses alluviales en amont du lac de Pátzcuaro à l'époque préhispanique.

⁹⁴ Whitmore et Turner excluent de l'irrigation par inondation le cas des rives de lac submergées de manière saisonnière, qu'ils classent dans les systèmes d'agriculture de milieux humides (2001 : 199).

- 3) L'irrigation par canaux (*canal irrigation*) utilise ces derniers pour acheminer l'eau à la parcelle cultivée. Elle nécessite la présence d'une source d'eau permanente et permet une meilleure gestion des apports (Doolittle 1990). Des canaux d'irrigations sont documentés dans la plupart des bassins de la CVT (Palerm 1962 ; Doolittle *ibid.* ; Sluyter 1994). Des exemples archéologiques ont notamment été mis au jour sur la rive sud-ouest du lac de Pátzcuaro (Fisher *et al.* 1999).
- 4) L'irrigation manuelle (*pot* ou *hand irrigation*) est traditionnellement pratiquée dans toute la Mésoamérique. Elle est généralement réservée à de petites parcelles car elle est coûteuse en temps et en travail (Kirkby 1973 : 42).

Seuls les systèmes de canaux ont pu être clairement identifiés par l'archéologie (O'Brien *et al.* 1980 ; Nichols 1987 ; Nichols *et al.* 1991 ; Fisher *et al.* 1999 ; pour ne citer que quelques exemples). Les autres systèmes d'agriculture irriguée sont autrement plus compliqués à mettre en lumière.

4.1.2.6. Agriculture de milieux humides

L'aménagement des milieux humides à des fins agricoles constitue une caractéristique de l'aire mésoaméricaine (Turner et Denevan 1985 ; Sluyter 1994). Dans les Hautes Terres, l'abondance de lacs et de zones marécageuses tout au long de la CVT (voir 3.1.1.1) a en effet entraîné le développement de systèmes de mise en culture pouvant dans certains cas s'avérer très sophistiqués. Whitmore et Turner (2001 : 195-227) distinguent deux⁹⁵ types d'agriculture de milieux humides en fonction de l'intensité de l'investissement nécessaire :

- 1) L'agriculture de zones temporairement émergées (*recessional and subsurface cultivation*) – faute de meilleure traduction – est pratiquée sur les rives des lacs et points d'eau de la CVT à la faveur de la baisse du niveau d'eau à la saison sèche. Ne nécessitant pas d'aménagement particulier – hormis de possibles digues et drains éphémères –, ce type d'agriculture laisse peu de traces pouvant être documentées par l'archéologie⁹⁶.

⁹⁵ Dans leur synthèse, ces auteurs définissent en réalité un troisième type à part pour les *chinampas* mexicains au regard de l'ampleur et la sophistication de ces aménagements (Whitmore et Turner 2001 : 196). Nous estimons que cette distinction n'a pas grand sens, notamment dans la mesure où des systèmes quasiment aussi sophistiqués d'agriculture intensive existaient ailleurs en Mésoamérique (Weigand 1993).

⁹⁶ Une étude pédologique ou sédimentologique fine pourrait peut-être permettre de telles identifications mais nous n'avons connaissance d'aucune approche de la sorte.

2) Les systèmes d'agriculture intensifs de milieux humides (*intensive wetland systems*) (Sluyter 1994) regroupent l'ensemble des autres pratiques, qui nécessitent notamment des ouvrages de drainage pérennes. L'objectif principal de ces systèmes est d'aménager un espace cultivable surélevé par rapport au niveau d'eau (Denevan et Turner 1974), d'où le terme générique de « champs surélevés ». Ils impliquent donc le creusement de canaux et l'accumulation de sol. Les *chinampas* mexicains en constituent l'exemple type (Armillas 1949 ; Palerm 1973 ; Rojas Rabiela *et al.* 1974 ; Wilken 1985). Leurs berges étaient soutenues grâce à des arbres délibérément plantés à cette fin et des systèmes hydrauliques complexes assuraient la gestion du flux et du niveau d'eau, ainsi que sa qualité. Les *chinampas* s'étendaient sur la *quasi* totalité de la frange sud du bassin de Mexico, sur les rives des lacs de Chalco, de Xochimilco (où ils perdurent aujourd'hui), et de Mexico. Ailleurs dans les Hautes Terres du Mexique central, d'autres systèmes similaires ont été documentés (Sluyter 1994). Ils sont de moindre ampleur que les *chinampas* mexicains, à l'exception notable d'importants ouvrages hydrauliques mis au jour sur les rives des points d'eau de la région de Teuchitlán (Weigand 1993).

Du point de vue archéologique, certains systèmes d'agriculture de milieux humides ont pu être étudiés. Toutefois, il s'agit généralement d'études de l'organisation spatiale des systèmes les plus sophistiqués, notamment *via* des images aériennes ou satellites (Frederick *et al.* 2005 ; Morehart 2012). Les fouilles de champs surélevés sont encore rares (Frederick 2007). Notons l'étude de Christopher Fisher sur les rives du lac de Pátzcuaro, où l'auteur affirme avoir identifié les canaux de champs surélevés et suggère une gestion évolutive des sols de rives dictée par les fluctuations du niveau du lac (Fisher 2000 ; Fisher *et al.* 2003).

4.1.3. La chasse, la pêche et la collecte

4.1.3.1. Collecte

En parallèle des activités agraires, nous devons évoquer l'une des particularités de l'économie de subsistance mésoaméricaine qui est de faire la part belle à la collecte en parallèle de la culture. L'ethnohistoire et l'archéologie prouvent en effet que la part de plantes sylvestres dans l'alimentation était non négligeable (Smith 1967 ; Niederberger 1987). La pratique de la collecte est par ailleurs largement perpétuée au sein des communautés indigènes actuelles (voir notamment Toledo *et al.* 1980 ; Caballero 1982 ; Caballero & Mapes

1985 pour le cas des Purépechas du Michoacán). Dans son travail sur le bassin de Mexico, Christine Niederberger dresse un inventaire des plantes ripicoles mentionnées dans l'*Histoire générale* de Sahagún (1577) (Niederberger 1987 : 114-116). L'auteur relève l'usage des :

- Amaranthacées - Chénopodiacées ;
- Graminées ;
- Composées ;
- Portulacacées ;
- Oxalidacées ;
- Scrophulariacées ;
- Solanacées ;
- Nymphéacées ;
- Ombellifères.

À cette liste s'ajoute un grand nombre de plantes sylvestres non spécifiques aux milieux lacustres. Sans chercher aucunement l'exhaustivité, relevons notamment :

- le *camote* (*Ipomoea* sp.), une espèce native de patate douce, dont plusieurs types sont documentés par l'ethnohistoire (Sahagún 1577 : 256-9) ;
- la *jícama* (*Pachyrhizus erosus*), une racine comestible ;
- la *chalihuesca* (*Dahlia coccinea*), une fleur sauvage dont les racines sont comestibles ;
- le *talayote* (*Cynanchum racemosum*), un arbuste dont on consomme les fruits ;
- le *cerezo* ou *capulín* (*Prunus serotina*), une sorte de prunier sauvage.

4.1.3.2. Chasse et pêche

Il convient finalement de mentionner la chasse et la pêche qui tiennent une place plus ou moins importante selon les écosystèmes au sein des activités de subsistance préhispaniques. Notre propos n'est pas ici d'entrer dans le détail des types de chasse, de pêche, ou des espèces capturées. Le lecteur pourra en trouver une synthèse chez Manin (2015). Soulignons toutefois la pratique répandue et documentée du *garden-hunting* (Linares 1976), intimement liée aux activités agricoles, puisqu'il s'agit de l'ensemble des stratégies de capture prenant place lors des travaux des champs.

4.1.4. Connaissances préhispaniques des sols

Un dernier sujet qui se doit d'être (ré-)évoqué est la connaissance des sols dans les sociétés préhispaniques. Nous l'avons mentionnée (3.4.2.2), l'ethnopédologie est aujourd'hui un

domaine de recherche à part entière (Barrera-Bassols et Zinck 2002). En outre, il est admis que cette connaissance a des racines anciennes, au sein même des sociétés qu'étudie l'archéologie (Sandor *et al.* 2006 ; Barrera-Bassols *et a.* 2006b). À cet égard, le monde mésoaméricain bénéficie de données ethnohistoriques d'une exceptionnelle valeur. Plusieurs documents du XVI^e siècle permettent en effet de reconstituer un savoir préhispanique à l'évidence sophistiqué chez les Nahuas (Williams 1975, 1982, 1992, 1994, 2006). Un inventaire des sources connues est disponible (Williams 2006 : 17-8). Contentons-nous ici de citer une fois encore l'*Histoire générale* de Sahagún, dans laquelle sont décrits pas moins de 42 types de sols (1577 : 452-81). Retenons que les questions de fertilité et d'utilité agricole sont des aspects récurrents dans les descriptions. Au regard de la richesse des taxonomies purépechas actuelles (Barrera-Bassols *et al.* 2006a), il est vraisemblable que des connaissances similaires aient existé chez les Tarasques préhispaniques.

4.2. ETHNOHISTOIRE ET ETHNOGRAPHIE DE L'AGRICULTURE DANS LE CENTRE-OUEST

Une grande partie des connaissances sur l'agriculture préhispanique des Hautes Terres du Mexique central présentées ci-dessus est issue de documents provenant ou concernant le Haut Plateau Central, noyau de l'Empire aztèque. Dans l'Occident, les informations sont moins abondantes. L'absence de système d'écriture est une chose, mais la raison principale est le corpus largement plus réduit de sources ethnohistoriques concernant l'Occident. En outre, dans les quelques documents connus, l'agriculture n'est mentionnée que de façon secondaire. Face à ce déséquilibre dans la richesse de l'information, les études ethnographiques relativement nombreuses et pour certaines antérieures à la mécanisation de l'agriculture (Beals 1946 ; Foster 1948 ; West 1948 ; Brand 1951) offrent des renseignements précieux et apportent un cadre d'interprétation pour aborder le passé. Elles sont toutefois majoritairement

focalisées sur les communautés purépechas de la Meseta tarasca et du bassin de Pátzcuaro – au détriment de régions adjacentes rapidement métissées, comme Zacapu⁹⁷.

Dans cette sous-partie, nous faisons une synthèse des connaissances sur l'agriculture traditionnelle et ancienne dans le Centre-Ouest du Mexique au regard des données ethnohistoriques (4.2.1) et ethnographiques (4.2.2).

4.2.1. Données ethnohistoriques

Malgré une différence quantitative par rapport au Haut Plateau Central, le Centre-Ouest bénéficie de nombreuses sources ethnohistoriques dont certaines renseignent sur la pratique de l'agriculture et les activités de subsistance à l'époque du Contact. Les informations sont toutefois majoritairement indirectes car aucun document ne traite spécifiquement de ces sujets. Par exemple, au cours de son enquête préalable à la répartition d'*encomiendas*⁹⁸ au Michoacán en 1523, Antonio de Carvajal dénombre les maisons des villages traversés et certains aspects de leur environnement, à commencer par les sources d'eau les plus proches (Warren 1977 [1523]). Deux sources font exception de par leur richesse informative : la *Relation de Michoacán* (Alcalá 2000 [c. 1540]) et les *Relaciones geográficas* (Acuña 1987 [c. 1570-80]). Des mentions directes de pratiques d'agriculture, de chasse, ou de collecte, y sont faites. Notons par exemple l'évocation de cultures de maïs irrigués (*sementera de maiz de regadío*) aux abords du lac de Pátzcuaro dans la *Relation* (Alcalá 2000 : 486). En outre, sont aussi mentionnées des pratiques alimentaires et certaines plantes cultivées. À cet égard, une autre source importante est le *Dictionnaire de langue tarasque* du frère Maturino Gilberti (1990 [1559]), qui atteste notamment l'utilisation de certaines espèces végétales au XVI^e siècle.

Plusieurs auteurs ont déjà réalisé des synthèses des plantes consommées et des activités de subsistance mentionnées dans les sources ethnohistoriques du Centre-Ouest (Brand 1951 ; Caballero 1982 ; Gorenstein et Pollard 1983 ; Williams 2014). Soulignons toutefois que ces travaux se sont essentiellement focalisés sur les milieux lacustres, au relatif détriment des zones de hautes terres⁹⁹. Retenons notamment la liste des plantes utilisées dans le bassin de Pátzcuaro au Postclassique récent établie par Gorenstein et Pollard (*ibid.* : 169-72) :

⁹⁷ Dans les années 1940, West rapporte seulement cinq villages – sur 16 – dont la majorité de la population parle le purépecha dans les *municipios* de Zacapu et Coeneo (Azajo, Zipiajo, Naranja, Tarejero et Tiríndaro) (West 1948 : 20) ; soit environ 30% de la population totale du bassin (6199 locuteurs pour 20494 habitants).

⁹⁸ Propriété terrienne octroyée aux Espagnols à la suite de la Conquête (Mazin 2005).

⁹⁹ Relatif car des mentions de pratiques dans les hautes terres sont tout de même faites.

1) Plantes domestiques :

- maïs (*Zea mays* L.) ;
- amarante (*Amaranthus paniculatus*) ;
- haricot (*Phaseolus vulgaris*) ;
- piment (*Capsicum frutescens*) ;
- courge (*Cucurbita pepo*) ;
- agave (*Agave* spp.) ;
- tomate (*Physalis philadelphica* et *Solanum lycopersicum*¹⁰⁰) ;
- figuier de barbarie (nopal) (*Opuntia ficusindica*) ;
- chayote (*Sechium edule*) – espèce de cucurbitacée ;
- chirimoya (*Annona cherimola*) – fruit ;
- zapote blanco (*Casimiroa edulis*) – fruit ;
- avocat (*Persea mexicana*) ;
- capulín (*Prunus capuli*) ;

Nous ajoutons à cette liste deux plantes natives connues pour être cultivées (West 1948 : 43) :

- camote (*Ipomoea* sp.) ;
- jícama (*Pachyrhizus erosus*).

2) Plantes sauvages :

- Chénopodes (*Chenopodium* spp.) – famille des amaranthacées ;
- Baies, dont potentiellement l'aubépine (*Crataegus mexicana*).

La liste des plantes sauvages utilisées proposée par Gorenstein et Pollard est très courte. Il est probable que de nombreuses autres espèces sylvestres aient été consommées, comme le suggère certaines études ethnographiques (Caballero et Mapes 1985 ; voir *infra*).

En dehors des plantes, les pratiques agraires en elles-mêmes sont moins bien documentées. La raison est sans doute la rareté des mentions. Toutefois, dans leur synthèse pour l'ensemble de la Mésoamérique, Whitmore et Turner (2001) évoquent pour chaque type d'agriculture les données disponibles pour l'Occident, généralement issues de sources ethnohistoriques (*cf.* 4.1.2). Sans rechercher l'exhaustivité, soulignons que la *Relation de Michoacán* et les

¹⁰⁰ Gorenstein et Pollard (1983) ne précisent pas les espèces. Or les genres *Solanum* et *Physalis* présentent de nombreuses espèces dont certaines ne sont pas comestibles. Nous ajoutons donc cette précision à la lumière des recherches conduites dans l'Occident sur l'origine des espèces cultivées (Zizumbo-Villarreal *et al.* 2012, 2016).

Relaciones geográficas attestent la pratique de l'agriculture pluviale (ex. Acuña 1987 : 110 ; Alcalá 2000 : 435¹⁰¹, 571), en terrasses (ex. Acuña *ibid.* : 104) et irriguée (ex. Alcalá 2000 : 486, 571). West a par ailleurs réalisé un travail basé sur les Archives Générales de la Nation (*Archivos Generales de la Nación*, AGN) (West 1948). Il souligne notamment qu'avant l'introduction de la charrue, les pentes étaient autrement plus importantes pour l'agriculture que les fonds de vallées (West 1948 : 36). Il cite à l'appui un texte de 1599 dans lequel il est dit que les indigènes de la région de Tingambato cultivaient sur les pentes pour éviter les gelées (AGN 1599, cité par West *ibid.* : 36).

4.2.2. Données ethnographiques

Notre connaissance de la riche information ethnographique sur le Centre-Ouest est loin d'être exhaustive¹⁰². Néanmoins, en ce qui concerne l'agriculture, il semble que deux zones aient été largement privilégiées : le bassin de Pátzcuaro et la Meseta tarasca, où se concentre aujourd'hui la majorité des communautés purépechas traditionnelles. Ces zones constituent des milieux qui diffèrent légèrement de la région de Zacapu. Par exemple, la pluviométrie est plus importante à Pátzcuaro (autour de 1000 mm/an contre 800 mm/an à Zacapu [INEGI]) et l'altitude est plus élevée dans la Meseta (au-dessus de 2400 m), induisant une forêt de pins notablement plus importante (Rzedowski 1978 ; Labat 1995). Malgré ces variations, Zacapu et ces régions adjacentes sont globalement comparables, notamment du point de vue de la pédologie, assez proche de par l'origine volcanique des sols (3.1.1.2).

Nous listons ci-après les études ethnographiques consultées qui compilent, de façon plus ou moins exhaustive, des pratiques agricoles traditionnelles :

- Beals 1946 : village de Cherán, Meseta ;
- West 1948 : ensemble de la zone tarasque (Meseta et régions alentours) ;
- Foster 1948, 1967 : Tzintzuntzan, bassin de Pátzcuaro ;
- Brand 1951 : Quiroga, bassin de Pátzcuaro ;
- Belshaw 1967 : Huecorio, bassin de Pátzcuaro ;
- Donkin 1979 : visites du bassin de Pátzcuaro et de la vallée de Chilchota ;
- Toledo *et al.* 1980 ; Caballero 1982 ; Caballero et Mapes 1985 : bassin de Pátzcuaro ;

¹⁰¹ Ce passage de la *Relation de Michoacán* est discuté au chapitre 9.

¹⁰² Un scrupuleux travail historiographique des études ethnographiques non systématiques de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle (ex. Lumholtz 1987 [1902]) permettrait sans doute de récolter de nombreuses informations sur les pratiques agricoles.

- Gorenstein et Pollard 1983 : Pátzcuaro, Quiroga, Tzintzuntzan, et Eronguariquaro, bassin de Pátzcuaro ;
- Motte-Florac 1988 : Meseta et régions alentours ;
- Gougeon 1991 : Tirindaro, bassin de Zacapu ;
- Arnauld *et al.* 1993 ; Arnauld 1996 : Ouest et sud du bassin de Zacapu ;
- Barrera-Bassols 2003 : San Francisco Pichátaro, Meseta.

Au regard de ces travaux, nous pouvons dégager de grandes tendances :

1) Écosystème cultivé. La majorité des espaces cultivables à proximité des villages est utilisée. Il existe quatre types de parcelles cultivées :

- Les jardins accolés aux maisons appelés *solares* selon la terminologie espagnole traditionnelle (Beals 1946 ; Foster 1948). On y pratique une forme d'horticulture à la main. Les *solares* accueillent aussi bien des légumes que quelques plants de céréales, comme le maïs.
- Les parcelles de plus grande surface sont regroupées sous le terme générique de *milpas*¹⁰³ et se situent dans un rayon généralement inférieur à 3 km à pied des habitats mais qui peut aller jusqu'à 11 km (Brand 1951 : 128).
- Les *ecuaros* (ou *ekuaru*) constituent un type de parcelle généralement éloigné des maisons (jusqu'à 1h de marche) et de superficie réduite (Beals 1946 ; Foster 1948 ; Gougeon 1991). Ils sont implantés dans les pentes, sur des sols pierreux. L'épierrement partiel permet la délimitation de parcelles et/ou la construction de terrasses. Les *ecuaros* sont particulièrement appréciés pour la sécurité des récoltes qui s'y font. La pierrosité permet de maintenir une certaine humidité dans les sols et évite les abaissements de température trop brusques¹⁰⁴.
- Enfin, les *joyas* constituent le dernier type d'espace cultivé. Particulièrement appréciées aussi, elles correspondent à des poches isolées de sol fertile issus de dépôts téphriques récents (Beals 1946 : 20-1). Elles se situent généralement loin des villages actuels, dans les dépressions entre les affleurements rocheux des *malpaises* ou au sommet des cônes scoriacés.

¹⁰³ Si la polyculture (maïs-haricot-courge) domine la *milpa* traditionnelle, le terme est aujourd'hui appliqué de façon générique à la parcelle de maïs cultivée, sans nécessairement la présence d'autres cultivars.

¹⁰⁴ Ces constats ethnographiques font échos aux études réalisées sur les sols caillouteux (Gras 1994).

Sur les pentes les plus marquées, la forêt de pins est maintenue en l'état. Au regard des variations dans la couverture pédologique, les stratégies d'exploitation diffèrent entre le bassin de Pátzcuaro – aux rives lacustres fertiles – et la Meseta – dominée par les Andosols (DETENAL 1982b).

2) Types de mise en culture.

- Dans le bassin de Pátzcuaro, l'agriculture la plus rentable est irriguée ou *de humedad*, sur les rives. En dehors, le *temporal* est la règle. L'agriculture sur terrasses persiste par endroits mais a très largement été abandonnée (West 1948 : 38 ; Donkin 1979 : 56-8). Pour les locaux, la qualité des terres est ensuite globalement dégressive à mesure que l'on monte en altitude. Cette dépréciation tient principalement à l'érosion des versants. Quelques parcelles isolées dans des zones d'alluvions permettent l'agriculture *de humedad* – humidité résiduelle – et sont particulièrement appréciées pour leur productivité.
- Dans la Meseta, le *temporal* domine. Certaines zones d'Andosols et certaines *joyas* conservent une humidité résiduelle qui permet une agriculture *de humedad* avec semis en mars (West 1948 : 36).
- À Zacapu, l'agriculture traditionnelle a globalement disparu au profit d'une agriculture plus ou moins mécanisée pour les labours. Les récoltes demeurent manuelles. Le *temporal* domine les hautes terres alors que la plaine lacustre est irriguée par capillarité (Gougeon 1991 ; 3.5.2). Notons toutefois l'existence de champs surélevés actuellement en usage sur les rives de la lagune de Zacapu. S'ils perpétuent une pratique ancienne, leur édification est récente¹⁰⁵ (Arnauld 1996). Quelques *joyas* continuent d'être exploitées dans les *malpaises* quand leur accès est relativement aisé. De même, certains *ecuaros* sont toujours cultivés.

3) Cultivars. La plupart des auteurs soulignent l'utilisation de plusieurs variétés de maïs en fonction des contextes pédologiques exploités (voir notamment West 1948 : 34-35). Hormis le maïs, sont aussi cultivées pour la consommation, différentes espèces natives de haricots et de courges, l'amarante, le *camote*, ou la *jícama* (voir West *ibid.*) ; ainsi que le blé, l'orge,

¹⁰⁵ Les purépechas du sud du bassin de Zacapu soulignent le fait qu'ils n'ont jamais éprouvé le besoin de cultiver les rives de lac (Arnauld 1996 : 72).

et quelques espèces pareillement introduites post-Conquête. Bien que la monoculture soit de plus en plus courante à l'heure actuelle, la polyculture est traditionnellement la norme. On cultive généralement le trio maïs-haricot-courge. Dans les années 1940, l'amarante était encore fréquemment plantée en périphérie des *milpas* dans la Meseta (West 1948).

- 4) Plantes sylvestres. Outre les plantes cultivées, Caballero et Mapes (1985) fournissent une liste très complète des plantes sylvestres utilisées par les Purépechas actuels.
- 5) Outillage agricole. Différents types de charrues sont utilisés et le tracteur s'est grandement répandu dans la seconde moitié du XX^e siècle. Cependant, une agriculture manuelle avec outils en bois – ou bois et métal – est perpétuée aujourd'hui encore dans certaines zones fertiles inaccessibles aux machines et aux animaux.
- 6) Cycle cultural. La temporalité des activités peut varier légèrement selon les types de sols et les cultivars. Beals propose la synthèse mensuelle suivante pour les champs de maïs dans la Meseta (1946 : 21) :
 - janvier : début du second labour possible pour les sols cultivés *de humedad* (le premier a lieu après la récolte autour de novembre).
 - février : second labour.
 - mars : début du semis (maïs, parfois avec haricot et courge) dans les zones d'agriculture *de humedad* (sols téphriques à humidité résiduelle et sols de rives en-dehors de la Meseta).
 - avril : continuation du semis des zones *de humedad* et entretien des champs ; semis de légumes et de maïs dans les jardins.
 - mai : semis des zones *de temporal* avec l'arrivée des pluies ; entretien des champs.
 - juin : entretien des champs.
 - juillet à septembre : entretien des champs ; sarclage si nécessaire.
 - octobre : entretien des champs ; premier labour des champs s'ils sont en jachère.
 - novembre : récolte suivie d'un labour.
 - décembre : récolte dans les parcelles tardives (altitude) et labour.

Nous n'entrons pas ici dans le détail des nombreuses informations supplémentaires qu'on peut trouver dans les études ethnographiques susmentionnées. Une synthèse est disponible pour le cas du maïs chez Baden et Beekman (2011). Soulignons simplement qu'il y est notamment fait mention de fertilisation par ajout d'engrais (nutriments pour les plantes), d'amendement (amélioration du sol), ou encore de surveillance des champs pendant les étapes critiques du cycle cultural (semis et pré-récolte notamment).

**

Les données ethnohistoriques et ethnographiques fournissent une base d'interprétation pour aborder l'époque préhispanique. Paradoxalement toutefois, les archéologies de l'agriculture et de la subsistance sont mal documentées pour le Centre-Ouest.

4.3. ARCHÉOLOGIE DE L'AGRICULTURE ET DE LA SUBSISTANCE DANS LE CENTRE-OUEST ET À ZACAPU

Peu d'études archéologiques fournissent des informations sur l'agriculture préhispanique dans le Centre-Ouest. Deux corpus de données existent : les preuves directes de pratiques agraires (ex. structures, outils, modifications du milieu...) et les preuves indirectes (ex. restes botaniques [en dehors des champs], indices bioarchéologiques...). La majorité de l'information provient d'observations plus ou moins précises réalisées au cours de campagnes de prospection à large échelle (Bassin de Pátzcuaro et Centre-Nord [région de Zacapu] essentiellement). Les fouilles de vestiges associés à la sphère agricole sont quant à elles encore peu nombreuses. Soulignons d'ores et déjà que la question de la datation constitue de fait un problème.

Les fouilles conduites hors des zones agraires, dans le Malpaís de Zacapu et dans les régions adjacentes, fournissent des preuves indirectes de l'agriculture et plus généralement de l'organisation de la subsistance. Au même titre, des indices ressortent des précises approches spatiales conduites au sein des centres urbains du Malpaís. À l'égard des fouilles au sein de notre fenêtre d'étude, précisons que la majorité des données provient des centres urbains (Mich. 95 et 31 surtout). L'exploration de leurs environs demeure encore sporadique malgré la multiplication des sondages ces dernières années (voir chapitre 7). Ainsi, notre perception des stratégies de subsistance est en grande partie limitée au Postclassique moyen.

Dans cette dernière sous-partie, nous commençons par faire la synthèse des connaissances sur l'archéologie de l'agriculture dans le Centre-Ouest (4.3.1). Nous nous intéressons ensuite aux indices qui concernent plus largement la subsistance à Zacapu (4.3.2).

4.3.1. Archéologie de l'agriculture dans le Centre-Ouest

De manière générale, les vestiges matériels associés à l'agriculture préhispanique n'ont, à ce jour, reçu qu'une attention limitée dans le Centre-Ouest. Nous distinguons trois grandes catégories de vestiges :

- les aménagements agraires (4.3.1.1) regroupent l'ensemble des modifications du paysage pour permettre la mise en culture ;
- l'outillage (à ce jour exclusivement lithique) (4.3.1.2) ;
- et les indices indirects (4.3.1.3), qui regroupent l'ensemble des vestiges découverts hors contexte agricole mais qui attestent d'une manière ou d'une autre de la pratique de l'agriculture (notamment les restes botaniques d'espèces cultivées et les indices bioarchéologiques de consommation de cultivars).

4.3.1.1. Aménagements agraires

À l'heure actuelle, trois types d'aménagements agraires préhispaniques sont connus dans le Centre-Ouest : les terrasses, les canaux d'irrigation/drainage et les structures de stockage.

▪ *Terrasses*

Malgré la fréquence des mentions de réseaux de terrasses autour des sites (Faugère 1996 ; Darras 1999 ; West 1948 ; Donkin 1979 ; Gorenstein et Pollard 1983), les fouilles de tels aménagements demeurent rares.

À Pátzcuaro, à partir d'observations de surface, Donkin mentionne des terrasses dont la plupart sont abandonnées mais ne s'aventure pas à proposer une datation préhispanique (Donkin 1979 : 56-7). L'auteur note des *bench terraces* munis d'imposants murs de contention, des *sloping-field terraces*, ainsi que des réseaux de terrasses morcelés pour la construction desquels « [...] l'excavation a été plus importante que la construction de mur en pierre »¹⁰⁶ (Donkin *ibid.*). De la même manière Gorenstein et Pollard (1983), comme Fisher

¹⁰⁶ « [...] in which [the process of terrace construction] excavation has been more important than the building of stone walls. »

après elles (2000, 2005, 2007 ; Fisher *et al.* 1999), soulignent l'existence d'importants réseaux de terrasses préhispaniques autour du bassin. Aucun de ces auteurs ne fournit toutefois de données quantitatives, de typologie précise, ou de datation fiable. Fisher et l'équipe du projet LORE-LPB mentionnent par ailleurs la présence de terrasses et d'autres aménagements sur le site de *malpaís* d'Angamuco, à environ 8 km au sud-est de Tzintzuntzan, dans les hautes terres qui entourent le bassin (Fisher *et al.* 2017). L'inscription de ces aménagements au sein même de l'établissement daté du Postclassique moyen, suggère leur contemporanéité avec celui-ci.

Dans la région de Zacapu, les réseaux de terrasses à proximité des sites sont brièvement décrits par certains auteurs (Migeon 1991, 2015 ; Faugère 1996 ; Darras 1999). Beaucoup ont notamment été observés dans la zone du Versant méridional du Lerma (voir par exemple Mich. 385 dans Faugère 1996 : 56). Outre l'espacement variable allant de 2 m à une dizaine (Darras 1999 : 168), peu d'informations permettent d'identifier le type de ces terrasses. Au regard des plans, des descriptions, et des rares photographies, il semble que les *sloping-field* et *bench terraces* soient majoritaires. Migeon documente notamment des terrasses (*bench*) à vocation agricole probable au sein du Malpaís de Zacapu, à l'intérieur de la coulée volcanique sur laquelle est implanté le centre urbain de Mich. 23 (Migeon 1991 ; 2016 : 40). Le même constat a été fait au sein du centre de Mich. 95 (Piaux 1989 ; Migeon 1991 ; Forest 2014). De manière générale, des réseaux de terrasses sont plus ou moins clairement identifiés dans l'ensemble du Centre-Nord. Ils sont associés à des zones d'habitat de toutes les époques, depuis le Classique (voir par exemple Mich. 29 et 30 dans Migeon 1991) jusqu'au Postclassique moyen.

À une trentaine de kilomètres à l'ouest du bassin de Zacapu, Donkin décrit un système de *valley-floor terraces* vraisemblablement ancien, qui borde le rio Chilchota (Donkin *ibid.* : 57-8). L'auteur souligne en outre que des terrasses préhispaniques sont mentionnées dans cette zone dans les *Relaciones geográficas (Relación de Chilchota)* (Acuña 1987 : 104).

Juste au nord du Rio Lerma, aux confins du Centre-Nord, le Cerro Barajas a lui aussi été aménagé de nombreuses terrasses, dont certaines sont agricoles (Migeon et Pereira 2007). Un des réseaux a été étudié en détail et exploré par sondages (Wusher 2003). Quatre terrasses ont été fouillées, dont deux sont interprétées comme potentiellement agricoles. Celles-ci sont constituées d'une simple accumulation linéaire de pierres de grandes dimensions. Dans les deux cas, la stratigraphie en amont du mur de contention est comparable à un profil

pédologique naturel. Néanmoins, la présence de tessons sous l'aménagement de pierres dans une des terrasses prouve que le sol en amont correspond à une accumulation postérieure anthropique ou naturelle. Outre cette étude, notons plus généralement que de nombreuses terrasses agricoles ont pu être identifiées tout au long du cours moyen du Rio Lerma, entre Tarandacuaio (Guanajuato) et La Piedad (Michoacán) (Cárdenas García 1996, 1999).

- *Canaux de drainage et d'irrigation*

Nonobstant les nombreux lacs et zones marécageuses du Centre-Ouest, les vestiges d'irrigation et d'aménagement de milieux humides préhispaniques sont rares. On sait pourtant que des aménagements de ce type existaient dès le Classique, plus à l'ouest, au sein de vastes dépressions marécageuses proches de Guadalajara (Jalisco) (Weigand 1993, 1994). Aux confins septentrionaux du Centre-Ouest, Efraín Cárdenas García (1996) évoque par ailleurs la possibilité d'une agriculture *de humedad* dans certaines zones de la plaine alluviale du Lerma. L'hypothèse se base sur les caractéristiques pédologiques de la zone mais aucune trace matérielle n'est connue. Rappelons aussi l'existence de champs cultivés actuellement en usage sur le pourtour de la Lagune de Zacapu mais dont l'ancienneté n'est pas démontrée (Arnauld 1996).

Les seuls indices archéologiques probants de la pratique d'une agriculture irriguée ou drainée se trouvent dans le bassin de Pátzcuaro. Nous avons en effet déjà évoqué l'identification de vestiges de canaux dans des tranchées de sondage sur la rive sud-ouest du lac (Fisher 2007 ; Fisher *et al.* 1999, 2003). Les auteurs voient dans cette découverte les indices d'un système d'agriculture irriguée ou de champs surélevés préhispaniques, qui font, en outre, écho à des mentions de la *Relation de Michoacán* (Fisher 2007 : 95). Néanmoins, les chercheurs rappellent à juste titre que ces observations ne peuvent être extrapolées à l'ensemble du bassin.

- *Structures de stockage*

Il existe plusieurs types de structures de stockage identifiables archéologiquement (Bortot *et al.* 2012). Ces greniers, documentés par l'ethnographie et l'ethnohistoire, sont fondamentalement associés à la conservation des denrées agricoles (voir notamment les illustrations dans Alcalá 2000) – mais pas systématiquement. Dans le Centre-Ouest, ces structures bénéficient d'une bonne documentation grâce à trois contextes : le Cerro Barajas

(Bortot 2007, 2012), le Malpaís de Zacapu (Michelet et Forest 2012 ; Forest 2014), et le *malpaís* d'Angamuco (Ahrens 2013).

Sur le Cerro Barajas, 75 structures souterraines ont pu être interprétées comme des aménagements destinés au stockage (Bortot 2007, 2012). De plan quadrangulaire, elles sont construites en dalles de pierres volcaniques et aménagent un volume moyen de 5 à 6 m³. Il est possible que certaines aient été dotées d'un revêtement interne à la chaux pour repousser les nuisibles. La découverte ponctuelle de vestiges botaniques atteste par ailleurs l'usage d'au moins une partie du corpus pour stocker des denrées alimentaires (*Chenopodium* sp. et/ou *Amaranthus* sp.) (Bortot 2012 : 116). Les structures souterraines du Barajas sont probablement contemporaines de l'occupation principale de l'établissement datée de l'Épiclassique (Migeon et Pereira 2007). Un exemple de structure de stockage typologiquement assez similaire a par ailleurs été observé dans la zone du Versant Lerma sur le site de Mich. 103 (Bortot 2007).

Dans les centres urbains postclassiques du Malpaís de Zacapu, plusieurs dizaines de petits aménagements circulaires en pierres – d'un diamètre généralement inférieur à 2 m – ont été identifiés (Piaux 1989 ; Migeon 1991 ; Michelet et Forest 2012 ; Forest 2014). À peine visibles en surface, assez systématiquement à proximité de maisons, ils sont interprétés comme des bases de greniers aériens – ou *cuexcomates* selon la terminologie nahuatl (Pereira et Forest 2010 : 97-104 ; Pereira *et al.* 2012 : 15-21). La fouille de plusieurs de ces structures indique que la base circulaire en pierre constitue le principal vestige d'une construction en terre crue (Pereira *et al.* 2012 : 17). Les fragments carbonisés de la superstructure ont parfois été retrouvés imprimés des négatifs de végétaux qui servaient probablement de clayonnage. La fonction de stockage n'est pas toujours évidente, notamment au regard de la variabilité des diamètres observés (Forest 2014 : 229). Néanmoins, la localisation à côté des maisons va dans ce sens. Par ailleurs, la découverte de fragments de haricot et de maïs attestent du stockage de ressources vivrières pour certains exemplaires (Pereira *et al.* 2012 : 18 ; Elliott 2012). Michelet et Forest (2012 : 136) n'excluent toutefois pas la possibilité que ces structures aient aussi pu conserver d'autres biens. Par ailleurs, la fonction culturelle de certaines structures circulaires – plus grandes cependant – rajoute à la difficulté de l'interprétation (Pereira *et al.* 2013 : 75-82). Les structures étudiées sur le site d'Angamuco dans le bassin de Pátzcuaro sont typologiquement très proches de celles de Zacapu (Ahrens 2013). Plus de 200 individus ont été identifiés et semblent associés là encore au Postclassique moyen. Aucune fouille n'a cependant été conduite pour l'attester.

Forest (2014 : 202-3) souligne finalement l'existence de structures pluricellulaires dans la partie nord-est de Mich. 31. De part leur position sur l'axe de circulation principal du site, l'auteur suggère que ces structures ont pu être utilisées pour le stockage.

4.3.1.2. Outillage

Il existe très peu de données concernant l'outillage agricole pour le Centre-Ouest. Comme nous l'avons évoqué, une grande partie de celui-ci devait être en bois (4.1.1.2), lequel a globalement disparu sous le climat subtropical tempéré de cette partie du Mexique. En revanche, deux gammes d'outils lithiques sont généralement associées aux activités agricoles dans les publications : les outils sur éclats (obsidienne, basalte, andésite, dacite...) et les outils en roches vacuolaires servant à la mouture (*manos*, *metates*, *molcajetes* et *morteros*¹⁰⁷) (Piaux 1989 ; Migeon 1991 ; Faugère 1996 ; Darras 1999 ; Forest 2014 ; Buffet 2018).

Aucune étude tracéologique ou technique ne nous renseigne clairement sur la fonction des outils sur éclats. Leur vocation agricole est généralement déduite de leur lieu de découverte, lorsqu'ils sont retrouvés dans de possibles champs (ex. réseaux de terrasses).

Manos, *metates*, *morteros* et *molcajetes* sont quant à eux associés à la mouture (Nelken-Terner 1968, cité par Faugère 1996 : 111). Des outils similaires sont encore largement en usage aujourd'hui (voir par exemple Chevrel *et al.* 2015). Une étude a été réalisée sur du matériel de mouture retrouvé fortuitement à Carapan (Michoacán), à quelques 25 km de Zacapu (Cabrera Castro 1995). Plus récemment, une investigation s'est intéressée à la différenciation des fonctions d'un corpus d'outils de mouture du site de Mich. 215 (*lomas* de Zacapu), notamment sur la base d'indices tracéologiques (Buffet 2018).

4.3.1.3. Preuves indirectes de l'agriculture

Les preuves indirectes de l'agriculture dans le Centre-Ouest sont les restes botaniques retrouvés en fouille et les résultats de récentes analyses isotopiques. Il n'existe à ce jour aucune investigation archéobotanique systématique pour le Centre-Ouest. Rappelons toutefois les travaux de paléolimnologie menés à Zacapu (Pétrequin 1994) ou à Pátzcuaro (Bradbury 2000 ; Metcalfe *et al.* 2007), qui fournissent notamment des indices de défrichement. La

¹⁰⁷ Comme son nom l'indique, la *mano* est une petite pierre qui est utilisée avec la main contre une roche de plus grandes dimensions – le *metate*, le *molcajete* ou le *mortero*. Ces derniers sont des formes de mortier. Le *metate*, large et plat, est utilisé pour broyer par un mouvement de va-et-vient. *Molcajetes* et *morteros*, généralement circulaires et concaves, sont utilisés pour moudre par un mouvement de percussion/pression/friction.

résolution chronologique est cependant trop vague pour fournir des supports de réflexion pertinents.

Les données les plus probantes viennent de la fouille du centre urbain de Mich. 31, dans le Malpaís de Zacapu. Parmi les bases circulaires de grenier fouillées, certaines ont en effet permis de mettre au jour des vestiges de maïs et de haricot (Pereira et Forest 2010 ; Pereira *et al.* 2012 : 15 ; Forest 2014 : 230). L'étude archéobotanique préliminaire réalisée par Michelle Elliott sur les restes de la structure incendiée BC121 a révélé la prédominance des haricots par rapport aux grains de maïs (Elliott 2012 : 98-100). L'auteur estime que la sous-représentation de la céréale pourrait être due à une utilisation différente du grenier selon les années ou les époques (Elliott 2017 : comm. pers.). Les grains de maïs pourraient constituer un résidu de l'utilisation précédente du grenier.

Toujours sur Mich. 31, la fouille d'une petite cavité naturelle aménagée a mis au jour quatre fragments d'épis de maïs carbonisés au sein d'un niveau cendreux (Manin 2013). Dans un travail précédent (Dorison 2013 : 83-85), nous avons mis en exergue les similarités morphologiques entre ces individus – dont un est quasiment complet – avec celles de variétés de maïs anciennes susceptibles d'avoir été consommées au Postclassique moyen (Wellhausen *et al.* 1952). Le contexte de découverte est probablement rituel et atteste par ailleurs une certaine valeur symbolique de la céréale (Manin 2013).

Finalement, une récente étude isotopique réalisée sur les restes de dindons (*Meleagris gallopavo*) retrouvés sur Mich. 31 indique que ces derniers ont été nourris avec des plantes qui font leur photosynthèse en C4¹⁰⁸ (Manin *et al.* 2018). En d'autres termes, l'étude prouve que le maïs constituait très probablement la base de l'alimentation de ces animaux. Par ailleurs, des tests isotopiques non publiés effectués par Manin sur des restes humains de Mich. 31 suggèrent aussi la consommation de maïs en grande quantité (Manin 2018 : comm. pers.). Les plantes en C4 sont en effet représentées à près de 80% dans la diète potentielle qui ressort des analyses. En outre, ces résultats très préliminaires coïncident assez bien avec la diète hypothétique proposée par Pollard (1982) sur la base de documents ethnohistoriques (voir aussi Gorenstein et Pollard 1983 : 169-73).

¹⁰⁸ Le maïs est le représentant par excellence de ce type de photosynthèse pour le Mexique préhispanique.

4.3.2. Archéologie de la subsistance à Zacapu

Au-delà des indices d'agriculture, il est important de faire un point sur la gestion des ressources dans une perspective de subsistance. Nous nous concentrons ici sur les indices retrouvés à Zacapu. Au regard de cette problématique, trois jeux de données fournissent des informations notables :

- 1) l'organisation socio-spatiale intra-site et les structures associées à la subsistance dans les établissements (foyers et greniers) ;
- 2) les stratégies d'approvisionnement en matière première ;
- 3) les ressources animales et leur traitement.

La majorité des informations proviennent des fouilles des centres urbains du Malpaís de Zacapu (Mich. 95 et Mich. 31), complétées par d'autres travaux plus ponctuels. La vision présentée est donc essentiellement valide pour le Postclassique moyen et les hautes terres.

4.3.2.1. Organisation socio-spatiale et structures associées à la subsistance

- *Organisation socio-spatiale*

La fouille de Mich. 95 dans les années 1980 a mis en exergue une organisation en quartiers (*barrios*), articulés autour des noyaux culturels que sont les soubassements pyramidaux (Michelet *et al.* 1988 ; Puaux 1989 ; Migeon 1991). Dès cette époque, ces quartiers ont été perçus comme des éléments structurants pour l'organisation des tâches domestiques et de la subsistance. Plus tard, Marion Forest a étudié l'organisation socio-spatiale de Mich. 31, qu'elle a mis en regard avec Mich. 95 (Forest 2014). Elle a démontré l'existence d'une dichotomie sur Mich. 31 entre *barrios* communs et *barrios* privilégiés ou d'« élites », proches des lieux de culte (Forest *ibid.* : 325-415). Les premiers, denses et caractérisés par des habitations relativement réduites (12 à 30 m²), sont organisés en parcelles nivelées sur lesquelles reposent une ou plusieurs maisons. Selon Forest, chaque parcelle matérialiserait l'espace domestique partagé par une famille ou un ensemble de personnes liées par la parenté. Constitués aussi de parcelles terrassées, les seconds *barrios* de Mich. 31, privilégiés, moins denses, présentent quant à eux de grandes habitations (au-delà de 50 m²), autour desquels gravitent des habitats modestes. Forest suggère que ces habitats modestes assurent au moins une partie des activités domestiques nécessaires au fonctionnement de ces maisons privilégiées (peut-être sur la base de services). Ainsi, selon Forest, les activités domestiques sur Mich. 31 sont organisées à l'échelle familiale (nucléaire ou élargie), au sein de l'espace

borné de la parcelle d'habitat. L'auteur montre que cette structuration particulière des espaces se répète sur les autres centres du Malpaís. Toutefois, chacun semble présenter ses propres spécificités, notamment au regard de la nature des terrains aménagés.

- *Les foyers*

À l'échelle de la structure d'habitat, les foyers constituent des témoins des activités de subsistance. Dans les centres urbains, pratiquement chaque maison est dotée de son foyer central (Migeon 1990, 2015 : 133 ; Stevanato 2015). Ils sont avant tout associés à la cuisson des aliments. Ils indiquent que la cuisine se faisait à l'échelle de la maison. Toutefois, certaines grandes maisons présentant moins de vestiges domestiques (Forest et Jadot 2012), ont pu posséder un foyer pour le chauffage ou l'éclairage (*etc.*), plus que pour la subsistance. Par ailleurs, sur certaines parcelles nivelées de Mich. 31, la maison principale peut être complétée par une seconde structure cellulaire (moins de 10 m²), elle aussi pourvue d'un foyer (Forest 2014). Ces structures annexes ont été interprétées comme des cuisines.

- *Le stockage*

La question des structures de stockage a déjà été traitée ci-avant (4.3.1.1). Soulignons simplement ici que la majorité des bases circulaires sur Mich. 31 et Mich. 95 est systématiquement liée à une habitation ou à un groupe de maisons (Michelet et Forest 2012). Une partie du stockage semble donc s'organiser au Postclassique moyen à l'échelle de la maisonnée. En parallèle, rappelons qu'il a été proposé que certaines structures pluricellulaires sur Mich. 31 ont aussi pu avoir cette fonction (Forest 2014 : 203). Le cas échéant, il s'agirait d'une forme communautaire de gestion des ressources.

L'intra-site nous renseigne ainsi sur l'organisation de la subsistance au sein des grands établissements postclassiques du Malpaís. Son premier échelon semble être la maisonnée, parfois matérialisée par l'espace terrassé associé aux habitats. Toutefois, Forest souligne que de forts liens semblent exister à l'échelon du quartier (Forest 2014 : 465). Une telle finesse d'investigation intra-site n'existe pas ailleurs dans la région et pour des sites plus anciens.

4.3.2.2. Acquisition de matières premières

Certaines études sur la culture matérielle apportent des indications sur l'ampleur des stratégies d'approvisionnement en matières premières (Darras 1999 ; Jadot 2016a ; Darras

et al. 2015, 2017). Elles donnent donc une idée de l'investissement que les habitants de la région étaient prêts à fournir pour leur subsistance.

Les travaux sur l'exploitation de l'obsidienne (Darras 1999, 2008, 2012) et de la dacite (Darras *et al.* 2017) montrent l'envergure des réseaux d'acquisition de matières premières lithiques pour l'élaboration d'outils. D'après Darras, l'Épiclassique et le Postclassique ancien sont marqués par une systématisation de l'exploitation des gîtes d'obsidienne du massif de Zináparo-Prieto (Darras 1999 : 183). Elle se matérialise par la construction *in situ* d'ateliers où la chaîne opératoire complète peut être reconstituée. Ces pratiques indiquent que les artisans s'établissaient au minimum plusieurs jours près du gîte exploité. À l'inverse, le Postclassique moyen-récent est caractérisé par l'abandon de ces ateliers spécialisés et par un traitement de la matière première non plus sur place, mais dans des sites plus proches des centres urbains du Malpaís (Darras *ibid.*). En ce qui concerne la dacite, un gisement à proximité du Malpaís indique une exploitation *via* des mines-ateliers où les outils sont dégrossis, voire finalisés, dès le Classique (Darras *et al.* 2015 : 144-145 ; Quezada 2016 ; Darras *et al.* 2017). L'exploitation semble augmenter sensiblement au Postclassique moyen.

De la même manière, par son approche diachronique de la technologie céramique (du IX^e au XV^e siècle), Elsa Jadot démontre qu'à toute période la production d'objets et l'acquisition d'argile se font avant tout à l'échelle locale, à proximité des sites d'habitat (Jadot 2016a : 512-513). Chaque site utilise une ou plusieurs sources qui lui sont propres. Toutefois, l'auteur met aussi en exergue l'existence de réseaux d'approvisionnement en produits finis à plus longue distance ; depuis le bassin de Pátzcuaro, le Versant Lerma, le Haut Plateau Central et même – probablement *via* des échanges multiples – depuis la zone maya (Jadot *ibid.*).

Ces investigations permettent de souligner deux points en ce qui concerne la subsistance :

- 1) La proximité est un critère essentiel pour l'approvisionnement et la production – mais pas systématiquement.
- 2) L'acquisition des matières premières ou des produits finis est en effet susceptible d'être mise en place au niveau régional, voire méso-régional, *via* des réseaux.

Il est donc envisageable que des réseaux aient aussi pu permettre l'approvisionnement en denrées périssables – voire vivrières – aujourd'hui quasiment absentes des corpus archéologiques.

4.3.2.3. Ressources animales

Hormis une étude ponctuelle sur le site classique de Mich. 66 (Arnauld *et al.* 1993), les principales connaissances disponibles sur l'exploitation des ressources animales sont le résultat de la thèse d'Aurélié Manin (2015). Cette étude documente l'utilisation de ces ressources sur trois sites : Mich. 31 pour le Postclassique moyen, Mich. 23 pour Postclassique ancien, et le site palustre de Mich. 215 pour l'Épiclassique.

Outre l'usage rituel attesté dans certains contextes, les espèces animales semblent avoir été destinées de manière générale à la consommation. L'essentiel du spectre de faune exploité est constitué d'espèces locales, acquises à proximité des sites (Manin 2015 : 330). La part d'espèces allochtones est réduite. En pourcentage du nombre de restes identifiés (NRd), les espèces retrouvées sur Mich. 215, proviennent en majorité du milieu lacustre qui environne l'établissement (ex. *Kinosternon* sp.). Sur Mich. 23 les espèces des hautes terres dominant, comme le cerf (*Odocoileus* sp.) ou les lagomorphes (Manin *ibid.* : 221-225). Il en va de même sur Mich. 31, nonobstant une nette différence avec les périodes antérieures : l'exploitation du dindon domestique (*Melearis gallopavo*) (Manin *ibid.* : 257). Notons que malgré sa proximité avec le paléolac (environ 2 km), les espèces aquatiques ne représentent qu'une part assez faible du corpus de Mich. 31 (8,2%) (Manin *ibid.*, tableau M.3 : 635).

L'étude de Manin renseigne aussi sur les stratégies d'acquisition des différentes espèces. L'auteur met notamment en exergue une différenciation entre le piégeage, ou plus largement le *garden-hunting* (Linares 1976)¹⁰⁹, essentiellement pratiqué au cours des activités agricoles, et la chasse, globalement ritualisée (Manin 2015 : 325). Elle note ainsi dans chacun des sites susmentionnés une proportion importante d'espèces potentiellement acquises par *garden-hunting* (Manin *ibid.* : 639). Soulignons particulièrement les assemblages de Mich. 215 (plus de 80%) et Mich. 31 (au moins 40%)¹¹⁰. Ces chiffres sont autant d'indices qui révèlent l'existence de nombreuses zones cultivées à proximité des sites et renforcent l'idée selon laquelle l'acquisition des ressources se faisait avant tout à l'échelle locale, même au sein des sites urbains du Postclassique moyen. Par extension, la part importante des espèces capturées par *garden-hunting* suppose que l'agriculture tenait une place importante dans les stratégies de subsistance.

¹⁰⁹ Le *garden-hunting* peut impliquer l'utilisation de pièges, de sarbacanes, de lance-pierres ou de bâtons (Katz 2006, cité par Manin 2015 : 325)

¹¹⁰ Précisons que ce sont là les chiffres pour les espèces exclusivement acquises par *garden-hunting*. Si l'on ajoute les espèces qui peuvent être acquises soit par *garden-hunting*, soit par la chasse, les proportions sont plus importantes.

Enfin, mentionnons qu'au-delà des données isotopiques (4.3.1.3), les assemblages fauniques retrouvés en fouille fournissent des indices pour discuter de la diète préhispanique. Ces indices résultent de la comparaison des proportions de restes fauniques entre une unité d'habitat socialement modeste de Mich. 31 (UT2, Forest et Lefebvre 2010) et une unité plus élevée (UT3, Forest et Jadot 2012 ; Jadot *et al.* 2013). L'absence totale de reste de faune dans l'UT2 contraste avec la profusion (près de 2000 restes) retrouvée dans une zone de rejet de l'UT3 (Forest 2014 : 368 ; Manin 2015 : 238). Si l'éventualité de l'existence d'une poubelle plus éloignée pour l'UT2 n'est pas à exclure, l'absence de faune constitue peut-être l'expression matérielle d'une différence dans les pratiques alimentaires entre les habitants du site. Les occupants de l'unité d'habitat modeste auraient eu, le cas échéant, un régime alimentaire moins carné.

En résumé, l'étude de l'organisation intra-site, de la culture matérielle et des restes faunistiques et botaniques convergent vers un même constat : la subsistance s'organisait principalement à l'échelle locale du Classique au Postclassique moyen. Par ailleurs, malgré des lacunes indéniables en archéobotanique – que nous ne comblerons malheureusement pas dans ce travail –, il apparaît relativement clair que l'agriculture se trouvait au cœur de la subsistance des sociétés qui peuplaient le Malpaís à l'époque préhispanique.

PARTIE 2 - MÉTHODOLOGIES, TERRAIN & LABORATOIRE

JENES TAASQUES JOUANT À "LE SOL, C'EST DE LA LAVE" SUR MALPAIS TRIBTO



5. MÉTHODOLOGIES

Les principaux objectifs de notre étude sont les suivants :

- 1) Mettre à jour et homogénéiser les connaissances sur l'occupation humaine de la partie nord du Malpaís de Zacapu et ses environs dans la diachronie ;
- 2) Mieux définir les caractéristiques du milieu physique ;
- 3) Identifier et caractériser les indices archéologiques des modalités de son aménagement à des fins agraires ;
- 4) Établir une chronologie de ces aménagements agraires pour discuter de leurs liens avec des processus sociétaux et environnementaux dans la diachronie.

Dans ce présent chapitre, nous précisons dans un premier temps les choix d'ordre technique que nous avons faits, au regard de la masse des données – notamment après l'acquisition d'imagerie LiDAR en 2015 – et de la superficie à couvrir (5.1). Ces choix ont notamment été motivés par des questions d'échelles (5.1.2 et 5.1.3). Dans un deuxième temps, nous présentons les deux méthodologies complémentaires employées. La première relève de l'archéologie spatiale (5.2) ; la seconde de l'étude des sols (5.3). Au travers de la présentation des aspects « classiques » de ces approches – par essence différentes, car formalisées au sein de disciplines distinctes –, nous détaillons en outre notre mise à profit de l'imagerie numérique et des logiciels de système d'informations géographiques (SIG). Ces aspects constituent des points forts de notre travail, qui nous ont permis de corréler avec pertinence les résultats des opérations de terrain.

5.1. CORPUS ET ÉCHELLES

5.1.1. Délimitation de la fenêtre d'étude et choix du corpus

Nous avons vu au chapitre 2 certains aspects culturels qui ont motivé le choix du nord du Malpaís comme point de départ de notre investigation (2.3). La zone constitue une entité culturelle considérée homogène au Postclassique moyen – Mich. 31, 38 et 95-96 (Migeon 1991). Elle se distingue de la partie sud du Malpaís – Mich. 23 et environs. En outre, avant 2013, elle était mal connue archéologiquement en dehors des établissements urbains.

Parallèlement, des aspects écologiques ont aussi orienté notre choix. La coulée du Capaxtiro définit une séparation naturelle entre le Nord et le Sud du Malpaís. Par ailleurs, l'environnement nécessitait d'être réévalué dans une perspective anthropologique.

Ainsi, au regard de nos objectifs, il s'agissait techniquement de délimiter une fenêtre géographique combinant des aspects culturels, environnementaux, et pratiques. Cette aire devait :

- 1) permettre d'évaluer avec pertinence l'ampleur de l'occupation autour des centres urbains ;
- 2) être représentative des contextes écologiques au sein desquels les types d'agriculture préhispanique documentés (chapitre 4) étaient susceptibles d'avoir été mis en place ;
- 3) être connue archéologiquement sous d'autres aspects que ceux que nous souhaitons développer pour fournir une assise solide à la recherche ;
- 4) se restreindre à une surface exploitable dans le cadre de la thèse, dans la perspective d'une étude à l'échelle locale (voir 5.1.2.1).

En ce qui concerne la nécessité d'aborder un espace avec des antécédents de recherche solides, le cadre idéal avait été défini par les investigations menées sur Mich. 95 (Michelet *et al.* 1989 ; Puaux 1989 ; Migeon 1991, 1998, 2015 ; Michelet 1998 ; Forest 2014) et Mich. 31 (Forest 2014 ; Pereira et Forest 2009a, 2009b, 2010 ; Pereira *et al.* 2012 à 2015 ; Pereira et Padilla 2018).

En parallèle, notre master (Dorison 2013) avait permis une première appréciation l'anthropisation autour des centres urbains et avait mis en exergue l'importance potentielle de plusieurs zones :

- D'une part, le site de Mich. 68 et la découverte de Mich. 31N, 410 et 417 – localisés sur le chemin d'accès naturel depuis Mich. 31 vers l'ancien lac (Figure 48) –, avait fait germer l'hypothèse d'une ouverture du centre urbain sur le milieu lacustre ; probablement pour en exploiter la faune et les végétaux, mais peut-être aussi pour l'agriculture.
- D'autre part, à l'ouest de Mich. 31 et au nord de Mich. 38, les sites mal documentés de Mich. 317, 318 et 319 demandaient à être réévalués.
- En contrepartie, ce travail avait aussi permis de mettre en exergue la rareté des vestiges au-delà d'un seuil d'environ 2 km au nord de Mich. 31.
- Finalement, la cartographie GPS entamée par Véronique Darras et Laure Déodat en 2011 avait ouvert des perspectives quant à une occupation contemporaine du phénomène urbain sur les îles du Nord-Ouest du bassin – Mich. 34-70 (Pereira 2012).

Les données archéologiques nous invitaient donc à délimiter une fenêtre qui couvrirait l'ensemble de ces sites, formant ainsi une bande depuis le volcan de Las Flores jusqu'aux îles du paléolac.

Cette zone faisait aussi sens au niveau environnemental. Elle permettait d'aborder la richesse écologique autour des centres urbains. D'ouest en est, nous touchions ainsi :

- 1) aux étendues planes des hautes terres où se développent des Vertisols ;
- 2) à des coulées volcaniques de différents âges au sein du Malpaís, caractérisées par des Leptosols ponctués de poches d'Andosols ; et
- 3) au milieu lacustre, qui présente des Histosols, des Vertisols et des Phæozems.

Enfin, l'accessibilité de la zone depuis la route actuelle et la distribution des chemins, permettaient une investigation quotidienne. Tous les espaces à prospecter à pied pouvaient être reliés par 4x4 en 45 min à 1h30 environ depuis la base de Zacapu. En l'absence de route dans la partie occidentale des hautes terres, l'accessibilité était plus limitée.

Considérant que l'échelle locale correspond à un temps de marche d'environ 30 min depuis les limites d'un site (5.1.2.1), nous avons arrêté notre choix sur une fenêtre d'étude de 81 km² (Figure 48). Nous l'avons bornée :

- au nord par la route qui relie les villages actuels de Los Espinos et Caurio, et qui matérialise la ligne de partage des eaux entre les bassins de Zacapu et Zipimeo (3.3.1) ;
- à l'ouest par le cerro de Las Flores ;
- au sud par la frange nord de la coulée de l'Holocène du volcan Capaxtiri, dont une partie a été aménagée et fait partie du centre urbain de Mich. 95-96 ;
- et à l'est par l'ancienne île d'El Llano.

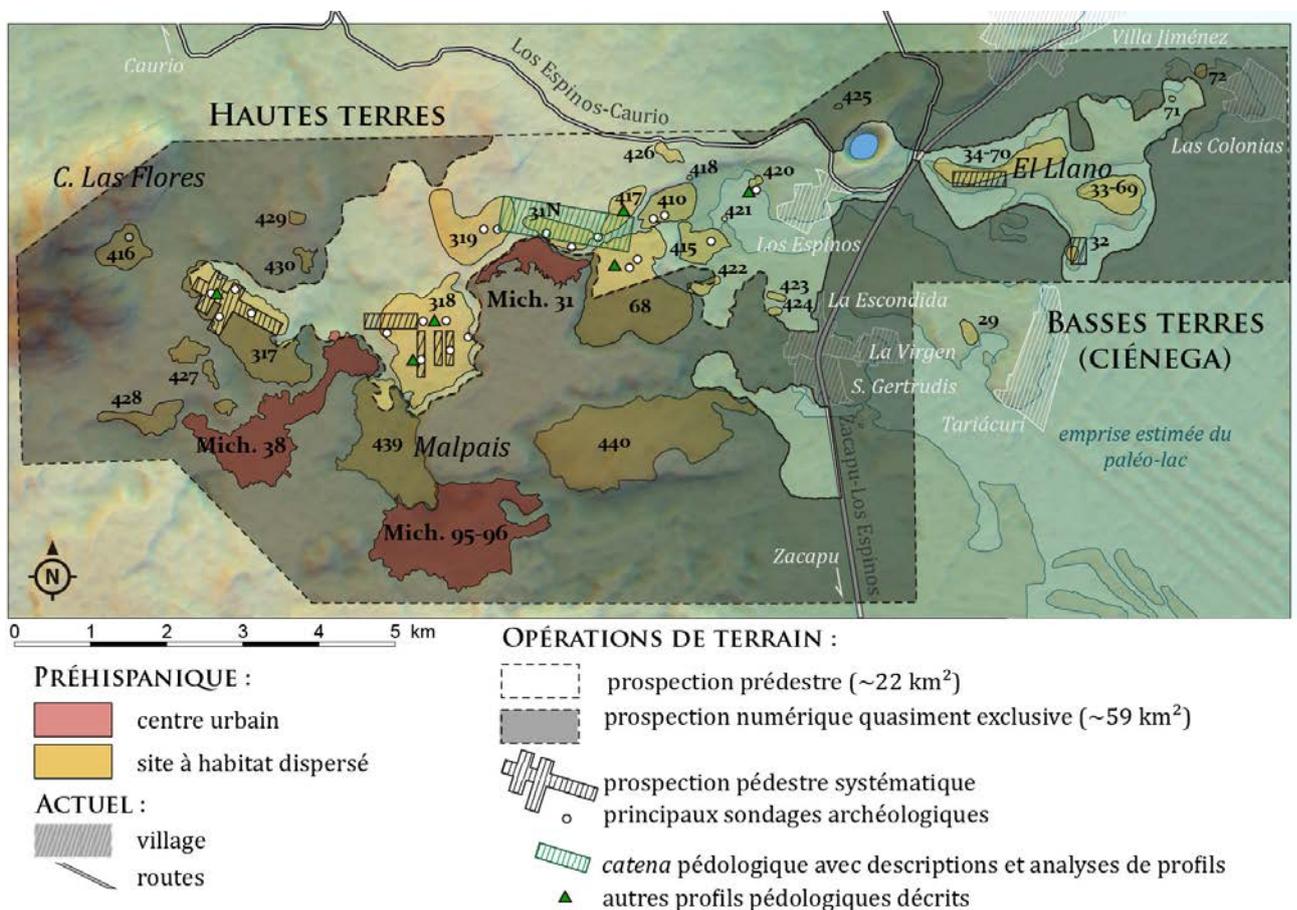


Figure 48 – Fenêtres d'investigation.

Au sein de cette fenêtre, le corpus des sites archéologiques étudiés s'est constitué progressivement, à l'aune des découvertes qu'a apporté chacune des campagnes de terrain. Ainsi, à l'initiation de notre travail en 2013, la fenêtre comportait 17 sites (Tableau 8, cf. chapitre 7 pour les secteurs). Au terme de notre thèse, elle en compte 31.

| Secteur | Nombre de sites avant 2013 | Code |
|------------------------|----------------------------|--|
| Îles | 7 sites | Mich. 32, 33, 34, 69, 70, 71, 72 |
| Rives | 0 site | - |
| Infiernillo-Milpillas | 2 sites | Mich. 38, 95-96 |
| Ouest | 1 site | Mich. 317 |
| Prieto | 7 sites | Mich. 31, 31N, 68, 318, 319, 410, 417 |
| Nombre actuel de sites | | |
| Îles | 5 sites | Mich. 32, 33-69, 34-70, 71, 72 |
| Rives | 6 sites | Mich. 420, 421, 422, 423, 424, 415 |
| Infiernillo-Milpillas | 4 sites | Mich. 38, 95-96, 439, 440 |
| Ouest | 6 sites | Mich. 317, 416, 427, 428, 429, 430 |
| Prieto | 10 sites | Mich. 31, 31N, 68, 318, 319, 410, 417, 418, 425, 426 |

Tableau 8 - Nombre de sites archéologiques par secteurs à l'initiation de notre travail de thèse et actuellement.

5.1.2. Échelles d'investigation, en théorie

Dès 2013, les avancées en matière de technologies de géoréférencement (GPS, SIG et MNE notamment) nous laissaient entrevoir la possibilité d'une imbrication de différentes échelles d'investigation ; de la structure archéologique à la région. Au sein des 81 km² de la fenêtre, nous souhaitions reprendre la méthodologie déjà éprouvée lors de notre mémoire de master (Dorison 2013), qui permettait l'obtention à moindre coût d'une cartographie à l'échelle de la structure sur la base d'un enregistrement GPS (5.2.2.3). Le traitement sur SIG rendait déjà possible l'analyse spatiale à différentes échelles. Cependant, cette méthodologie avait été mise en place par Marion Forest pour la cartographie du cas bien particulier de Mich. 31 (Forest 2014). La végétation très peu développée de la coulée volcanique récente¹¹¹ sur laquelle repose ce site fournissait un contexte avantageux pour l'identification des vestiges. En dehors de ce contexte, nous nous étions heurté à un certain nombre de limites aux alentours du centre urbain. Ces difficultés étaient essentiellement liées à des couverts végétaux plus denses et donc difficiles d'accès. Par ailleurs, l'ampleur de la fenêtre envisagée, bien plus vaste que les 38 ha de Mich. 31, impliquait nécessairement de modifier la méthodologie. Face à l'impossibilité de cartographier de manière exhaustive l'ensemble de la fenêtre à l'échelle de la structure, il nous a fallu faire des choix dans nos prospections dans les premiers temps de notre travail. Ceci étant, l'acquisition des données LiDAR à l'automne 2015 a ouvert un champ élargi de possibilités pour la cartographie, tout en nécessitant un nouveau remodelage de la méthodologie de prospection.

¹¹¹ IX-X^{ème} s. apr. J.-C. (Maghoub *et al.* 2018), voir chapitre 3.

Parallèlement, le développement depuis 2012 de notre approche géoarchéologique – laquelle fait intervenir les paradigmes de la géomorphologie et de la pédologie – nous a rapidement conduit à réfléchir sur d'autres échelles encore ; du profil pédologique à l'environnement morphogénétique. De fait, nous avons déjà effleuré l'idée de cartographie d'unités spatiales en fonction de leurs caractéristiques agronomiques (Dorison 2013 : 82). Notre expérience acquise ces dernières années en étude des sols et en géomatique, ainsi que l'obtention des données LiDAR, nous permet aujourd'hui d'aborder la cartographie des géoformes du nord du Malpaís avec une précision et une maturité tout autres.

Ainsi, au regard de notre désir de combiner archéologie et sciences de la Terre, l'une des difficultés de notre étude était d'établir un dialogue entre ces domaines. Ce dialogue passait notamment par l'équivalence des échelles d'investigation, des paradigmes de l'archéologue – anthropocentrés dirait-on –, à ceux du pédologue et du géomorphologue (si l'on nous concède le droit de les réunir strictement ici pour des raisons pratiques). Nous présentons ci-après une synthèse des échelles et des concepts sous-jacents pour chaque domaine d'étude.

5.1.2.1. Échelles archéologiques

La question des échelles en archéologie a déjà été discutée à de nombreuses reprises, notamment dans les travaux sur l'acquisition des ressources (Vita-Finzi et Higgs 1970 ; Higgs 1972 ; Kirkby 1973 ; Flannery 1976 ; Sanders *et al.* 1979 ; Roper 1979 entre autres). À la lumière de cette littérature, nous suivons la proposition générale d'établir un seuil tacite d'environ 5 km autour des limites d'un site (2h de marche aller-retour) pour ce qui est de l'acquisition des ressources de première nécessité (nourriture et eau notamment). Au-delà se trouvent les ressources qui ne nécessitent pas d'acquisition quotidienne (ex. matières premières, sel...).

Nous définissons 7 échelles archéologiques. Toutes présentent une part de subjectivité, car elles ont avant tout été définies par nos soins au regard de notre connaissance du terrain. Par ailleurs, toutes présentent une dimension anthropologique, car elles doivent avoir du sens pour les sociétés que nous étudions. Nous avons ainsi favorisé les temps de déplacement dans leur élaboration ; à l'instar de nos prédécesseurs dans ce domaine (Vita-Finzi et Higgs 1970 ; Higgs et Vita-Finzi 1972 ; Flannery 1976).

▪ *Échelles intra-site*

1) Échelle de la structure.

Quelques dizaines de mètres carrés¹¹².
Échelle cartographique préférentielle de 1 : 100^e.

Elle sera ici notre échelle archéologique irréductible. Elle s'intéresse à une structure archéologique unique (ex. bâtiment cellulaire, terrasse...) ainsi que son environnement direct. Nous considérons que les activités humaines liées à un bâtiment ne se limitent pas strictement à l'espace circonscrit par ses murs. Les vestiges d'activités observés en dehors de cet espace dans un rayon maximum de 10 m sont considérés comme faisant partie de l'échelle de la structure, à la condition *sine qua non* qu'ils ne puissent être également associés à des structures voisines. Le cas échéant, nous considérons que l'on passe à l'échelle du groupe de structures (voir catégorie suivante). Le niveau d'investigation préférentiel est la fouille (sondage dans notre cas), le dessin ou, au minimum, le croquis. Il n'est atteint que pour les espaces fouillés ou cartographiés à partir d'observations de terrain dans notre étude.

2) Échelle du groupe de structures.

Une à plusieurs centaines de mètres carrés¹¹³.
Échelle cartographique préférentielle entre 1 : 100^e et 1 : 1000^e.

Elle correspond à un ensemble de plusieurs structures liées entre elles par une caractéristique spatiale structurante (ex. proximité, organisation spatiale [autour d'une place, d'un patio, parallélisme...]). S'ajoute un facteur fonctionnel (ex. groupe domestique, civique...).

3) Échelle du site.

Plusieurs hectares.
Échelle cartographique préférentielle entre 1 : 1000^e et 1 : 10000^e.

Commençons par clarifier ce que nous entendons par « site ». Nous considérons d'abord que la topographie constitue un indicateur pertinent pour borner un établissement archéologique. Un escarpement peut fournir une limite. En l'absence de tels marqueurs, nous admettons qu'un site archéologique prend fin dès lors qu'on constate dans sa périphérie un espace dépourvu de vestiges. Nous fixons arbitrairement cet espace à 200 m.

¹¹² Sur la base d'une structure d'habitat de taille standard fixée à environ 10 m².

¹¹³ Sur la base d'un groupe de structure type d'une taille standard fixée à 10 m².

L'échelle du site correspond à l'espace où ont lieu des activités et interactions sociales entre individus se considérant comme appartenant à un même village ou une même ville. Les moins optimistes s'accorderont à dire qu'il n'est pas rare que ce degré de connaissances ne soit pas atteint en archéologie. Ils ont malheureusement raison. La superficie représentée par l'échelle du site est donc généralement délimitée de manière arbitraire sur des critères topographiques et/ou de proximité entre les structures.

- *Au-delà des limites du site*

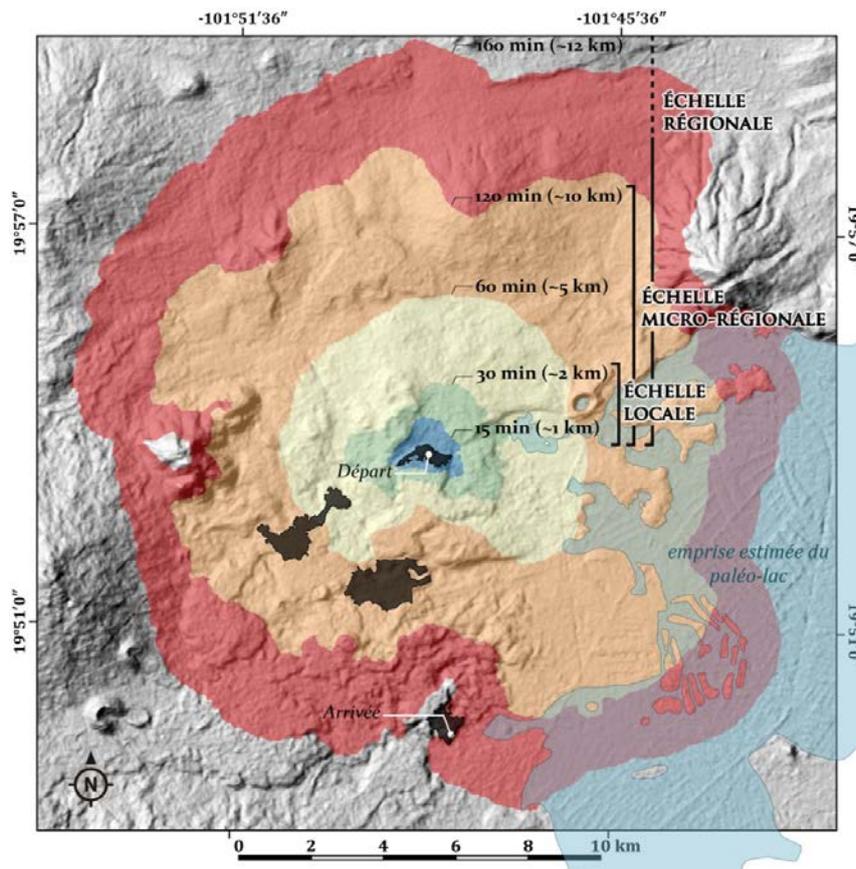


Figure 49 - Exemple de temps de parcours/distance de Mich. 31 à Mich. 23.

4) Échelle locale.

Dans un rayon de 2 à 3 km autour des limites d'un site.
Échelle cartographique préférentielle autour de 1 : 10000°.

Entre 2 et 3 km, soit 25 à 30 minutes de marche¹¹⁴ depuis les limites de leur village (ou ville), les populations qui habitaient le Malpaís avaient accès aux ressources fondamentales, telles que l'eau et les cultures. Cette échelle renvoie à la proposition faite par Flannery pour San José Mogote (Flannery 1976 : 107). Nous considérons qu'un tel déplacement pouvait se

¹¹⁴ Pour un individu se déplaçant à une vitesse moyenne de 5 km/h.

faire en complément d'autres activités dans une seule et même journée, voire être répété plusieurs fois. Cette zone tampon correspond aux espaces adjacents au site.

5) Échelle microrégionale.

Dans un rayon de 3 à 10 km autour des limites d'un site.
Échelle cartographique préférentielle autour de 1 : 50000°.

Elle est l'échelle la plus petite à laquelle nous avons effectué des investigations de terrain. Elle correspond à un temps de marche compris entre 30 minutes et 2 h, soit 1 à 4 h aller-retour. En d'autres termes, c'est un parcours qui nécessite un investissement notable et qui implique un choix, voire des sacrifices, dans la répartition des activités au cours d'une journée. Elle correspond au seuil ethnographique au-delà duquel la mise en culture n'est fréquemment plus considérée comme rentable (Higgs et Vita-Finzi 1972).

6) Échelle régionale.

Dans un rayon compris entre 10 et 25 km autour des limites d'un site.
Échelle cartographique préférentielle autour de 1 : 200000°.

Elle correspond à un investissement en temps aller-retour de 4 h et plus. Ces déplacements induisent un séjour sensiblement plus long à la destination (Flannery 1976b). À cette échelle, nos travaux se limitent à une synthèse des études préexistantes et à l'analyse des données indirectes, telles que les images numériques.

7) Échelle supra-régionale.

Au-delà de 25 km autour des limites d'un site.
Échelle cartographique préférentielle autour de 1 : 200000°.

Cette échelle ne sera que peu abordée dans notre étude. Nous considérons ici comme supra-régionaux les phénomènes qui dépassent 25 km de distance depuis les limites d'un site ; soit un investissement en temps de marche aller-retour de 10 h et plus. Nous estimons que cet investissement sera plus généralement associé à un séjour prolongé à la destination, supérieur à la journée.

5.1.2.2. Échelles géopédologiques

N'étant ni pédologue ni géomorphologue de formation, nous n'ambitionnons pas de redéfinir les échelles établies dans ces disciplines. Cette sous-partie est fondée sur plusieurs manuels. En ce qui concerne les échelles pédologiques, nous utilisons les définitions rapportées par Randall J. Schaetzl et Sharon Anderson (2005 : 33-35 et 106-107) et celles

présentées par Michel-Claude Girard *et al.* (2011b : 187-215 et 2011a : 189-215). Pour les échelles géomorphologiques, nous renvoyons aux travaux de Jean Tricart et collaborateurs (Tricart 1965, 1968, 1977 ; Tricart (dir.) 1972 : 37-105) et d'Alfred Zinck (1988, 2012), ainsi qu'aux études de géomorphométrie (MacMillan et Shary 2009). Nous considérons 6 échelles.

- *Échelles pédologiques*

- 1) Échelle du pédon.

Environ 1 m².

Le pédon est théorique (1.2.3). Il est le volume de sol implicitement représenté derrière un profil. Sa surface au sol est de l'ordre du mètre carré.

- 2) Échelle du polypédon.

Quelques mètres carrés à plusieurs hectares.

Échelle cartographique préférentielle entre 1 : 1000^e et 1 : 10000^e.

Conceptuel aussi, le polypedon est un ensemble de pedons. Il représente une aire dans laquelle sont concentrés des pedons d'un même type de sol (ex. Andosols). En pratique, le sol étant un *continuum*, le polypedon est difficile à délimiter. Les aires représentées sur les cartes pédologiques matérialisent ainsi un type de sol dominant et un ou plusieurs types secondaires (ex. carte pédologique de la DETENAL [1979a]). L'échelle du polypedon est de l'ordre de quelques mètres carrés à plusieurs hectares. Les limites des polypedons coïncident avec celles d'unités géomorphologiques, car la morphogénèse et la pédogénèse sont intimement liées (voir 1.2.4).

- *Échelles géomorphologiques*

- 3) Échelle de la forme du terrain.

Plusieurs hectares.

Échelle cartographique préférentielle entre 1 : 1000^e et 1 : 10000^e.

Nous désignons sous l'appellation de « formes du terrain » les unités géomorphologiques élémentaires. Elles sont caractérisées par plusieurs paramètres (morphologie en plan, profil, pente, taille, orientation...) qui régissent le comportement de la matière en leur sein (flux ou stock). L'ordre de grandeur d'une forme du terrain est variable. Il peut aller de la dépression de quelques mètres carrés à une vaste plaine de plusieurs hectares. De manière générale, les formes du terrain de notre zone d'études mesurent quelques hectares. C'est à l'échelle de la

forme du terrain – ou d’une partie – que les agriculteurs réfléchissent à l’établissement d’une zone de culture.

4) Échelle de la géoforme.

Un à plusieurs kilomètres carrés.

Échelle cartographique préférentielle entre 1 : 10000^e et 1 : 20000^e.

Une géoforme est composée d’un ensemble de formes du terrain. Elle est caractérisée par des attributs morphographiques (géométrie), morphométriques (dimensions), morphogénétiques (morphogénèse interne [ex. volcanisme, tectonique] et/ou externe [ex. érosion, dissolution...]) et morphochronologiques (âge) (Tricart 1977). Dans notre zone d’étude, la géoforme la plus répandue est la coulée de lave, mais nous pouvons aussi mentionner les nombreux cônes scoriacés ou la plaine lacustre de la ciénega. Les dimensions des géoformes sont variées.

5) Échelle du paysage géomorphologique

Plusieurs dizaines de kilomètres carrés.

Échelle cartographique préférentielle entre 1 : 50000^e et 1 : 100000^e.

À l’échelle supérieure, les géoformes s’inscrivent dans des paysages géomorphologiques. C’est la plus petite échelle géomorphologique à laquelle nous avons travaillé. On dénombre traditionnellement 5 paysages géomorphologiques : 1) la vallée, 2) la plaine, 3) le plateau, 3) le piémont, 4) le paysage de collines – *hilland* [eng.] ou *lomerio* [esp.], que nous traduisons ici, faute de mieux, par « hautes terres » – et 5) la montagne. Notre fenêtre d’étude s’inscrit à cheval sur deux de ces paysages, la plaine (lacustre) et les hautes terres (volcaniques), séparés par un piémont.

6) Échelle de l’environnement morphogénétique.

Plusieurs milliers de kilomètres carrés.

Échelle cartographique préférentielle depuis 1 : 500000^e et au-delà.

À plus petite échelle, les paysages géomorphologiques s’inscrivent dans des environnements morphogénétiques (structural, sédimentaire, d’érosion, résiduel ou mixte). Zacapu se situe au sein d’un environnement morphogénétique structural, principalement contrôlé par le volcanisme, dont les limites coïncident approximativement avec celles de la Ceinture Volcanique Transmexicaine.

5.1.3. Échelles d'investigation, en pratique

En pratique, il n'était pas possible dans le temps imparti par la thèse d'aborder de manière exhaustive chacune des échelles théoriques présentées ci-dessus pour l'ensemble de notre fenêtre d'investigation. Nous présentons ci-après de façon succincte les choix que nous avons pris. Le détail des opérations est donné dans les chapitres 6 et 7.

5.1.3.1. De la structure au groupe de structures

Nous avons dirigé la fouille de 22 structures archéologiques (5.2.4). S'ajoutent les fouilles dirigées par d'autres membres du projet Uacúsecha (voir Tableau 10 et chapitre 7) dont les résultats ont été intégrés à notre réflexion. Nous augmentons ce corpus des structures non fouillées qui ont bénéficié d'un soin particulier dans l'identification :

- environ 1000 structures enregistrées au cours des prospections GPS (donc nettoyées, mesurées et croquées).
- près de 2000 structures enregistrées par nos soins sur les images LiDAR, auxquelles s'ajoutent plusieurs milliers de structures identifiées par d'autres sur ces mêmes images.

Par ailleurs, tout élément étudié l'a été dans le contexte d'un groupe de structures. Par exemple, une part de l'interprétation fonctionnelle des unités d'habitat a été entreprise au regard des structures environnantes. Ceci étant, quelques groupes de structures bien définis ont été étudiés avec plus attention comme nous le détaillerons dans le chapitre 7.

Outre la caractérisation archéologique, chaque structure ou groupe a été replacé dans son contexte géopédologique. Cette remise en contexte environnementale est le fruit de l'étude géopédologique dont les modalités sont présentées dans ce chapitre (5.3) et les résultats dans le chapitre 6, mais aussi d'un effort de traitement des sols fouillés dans une perspective archéologique et pédologique. Enfin, les sondages pédologiques en dehors des sites ont eux aussi été excavés en prenant en compte des considérations archéologiques, telles que le tamisage systématique de chaque horizon.

5.1.3.2. Du site à la microrégion

Au sein de notre fenêtre d'étude, un total de 31 sites a été abordé. Tous ne représentent pas la même superficie ou la même densité, et tous n'ont pas reçu le même degré d'attention (Tableau 10). Le chapitre 7 offre une synthèse des connaissances acquises et/ou compilées

pour chacun. Nous nous sommes efforcé de fournir une documentation de base homogène pour l'ensemble des sites pour comparaison. Cette homogénéisation est passée par :

- 1) L'identification de la *quasi* totalité des structures qui les composent¹¹⁵.
- 2) Le pointage LiDAR des structures d'habitat dans l'ensemble de la fenêtre d'étude (pour fournir des estimations démographiques [cf. 7.6]).
- 3) L'association des sites à une période chronologique sur la base de la céramique, à l'exception de quelques sites pour lesquels les ramassages n'ont pu être réalisés ou ne se sont pas prouvés pertinents pour établir une datation.
- 4) La caractérisation du contexte géopédologique de chacun des sites.

5.1.3.3. Au-delà des limites de la microrégion.

L'essentiel du travail est limité à la microrégion. Elle a toutefois été replacée dans un contexte plus large dans les chapitres finaux de la thèse (8 et 9).

Du point de vue archéologique, nous faisons appel à l'ensemble des données disponibles pour les sites de la région de Zacapu, documentés par de nombreuses investigations depuis maintenant plus de 30 ans (2.2). Nous nous reportons aussi aux travaux réalisés dans les régions voisines de Pátzcuaro ou du Guanajuato méridional.

Du point de vue géopédologique, nous faisons essentiellement appel aux données numériques ou numérisées à petite échelle (cartographie et données INEGI des régions voisines, ASTER GDEM, SRTM, images satellites, *etc.*).

¹¹⁵ Les données LiDAR offrent une couverture *quasi* exhaustive d'une grande partie de notre fenêtre. Néanmoins, la confrontation du LiDAR avec les enregistrements de terrain prouve que chaque approche présente ses lacunes (Combey 2017 ; Dorison *et al.* 2018). Par ailleurs, la numérisation sur SIG est encore lacunaire au regard de l'ampleur des données.

5.2. UNE APPROCHE D'ARCHÉOLOGIE SPATIALE

La méthodologie archéologique avait pour objectif essentiel l'établissement d'une cartographie des vestiges préhispaniques¹¹⁶, en prenant en compte autant que faire se pouvait la dimension chronologique. Nous pouvons schématiquement diviser l'approche en 5 étapes :

- 1) Préparation du terrain par des prospections informatisées utilisant différentes techniques de télédétection.
- 2) Prospection de terrain et enregistrement des éléments rencontrés.
- 3) Sondages et collectes de matériel dans des espaces ciblés.
- 4) Analyse céramique pour dater les espaces prospectés et sondés.
- 5) Établissement d'une typologie des structures, de plans de sites et de cartes d'occupation diachroniques.

Bien que ces étapes auraient théoriquement dû être successives, les aléas du calendrier, la lente ébullition de notre réflexion, et la combinaison des approches ont conduit à une organisation non chronologique de cette séquence de travaux. Le Tableau 9 présente de manière synthétique la chronologie des opérations. Le Tableau 10 synthétise les opérations que nous avons dirigées et les sources de données compilées par d'autres que nous avons exploitées dans notre travail (détail dans le chapitre 7).

| Période | Opérations |
|------------------------|---|
| Novembre-Décembre 2013 | Fouilles et prospections archéologiques UT 61 à 64 |
| Décembre 2013 | Analyse céramique |
| Novembre-Décembre 2014 | Fouilles et prospections archéologiques UT 66, 67, 71 à 78 |
| Décembre-Février 2014 | Analyse céramique |
| Mars-Avril 2015 | Fouilles et prospections archéologiques, sondages et échantillonnages pédologiques UT 79 à 92 |
| Mai-Juin 2015 | Analyses céramique et pédologique |
| Octobre 2015 | Réception et premier traitement LiDAR |
| Novembre-Décembre 2015 | Fouilles, prospections et analyse céramique UT 107, 113 à 115, 123, 126, 127, 137 |
| 2016-2019 | Traitement des données, traitement LiDAR et rédaction |

Tableau 9 - chronologie des opérations

¹¹⁶ Plan et carte ne sont pas synonymes. Les éléments représentés sur un plan sont nécessairement issus d'une planification. Elle renvoie à « [...] l'idée de maîtrise d'un processus pour une entité dotée de forte intentionnalité » (Devisme 2013 : 789) (ex. plan d'un bâtiment, d'une ville...). La carte revêt un sens plus large. Elle permet la représentation d'éléments indépendamment du caractère intentionnel ou fortuit de leur création (ex. carte topographique, géomorphologique...).

| PRÉSENT TRAVAIL (responsable Dorison) | | | | | | | | AUTRES SOURCES D'INFORMATION | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|---|----------------------------|--------------------|---|----------------------------------|---|
| Site du corpus | Opérations de surface | | | | Sondages* | Protocole d'enregistrement | | Publications ou thèses | Rapports d'opération non publiés | Fiche site INAH projet Michoacán/Zacapu |
| | prospection pédestre | prospection satellite | prospection LiDAR | ramassages matériel | | cartographie GPS | cartographie LiDAR | | | |
| 31 | - | x | x | - | - | - | - | Migeon 1991 ; Forest 2014 ; Pereira et Padilla 2018 | Uacúsecha | x |
| 31N | x | x | x | UT92 | UT60, 61, 62, 63 | x | x | | Uacúsecha | création de site |
| 32 | x | x | - | UT95 | - | x | - | Michelet 1992 | Michoacán I | x |
| 33-69 | x | x | - | UT94 | - | x | - | Michelet 1992 | Michoacán I | x |
| 34-70 | x | x | - | UT91 | - | x | - | Michelet 1992 | Michoacán I, Uacúsecha | x |
| 38 | - | x | x | - | -- | - | - | Migeon 1991 ; Forest 2014 | Zacapu III | x |
| 68 | x | x | x | UT78 | UT126, 127 | x | partielle | Migeon 1991 | Michoacán I, Uacúsecha | x |
| 71 | - | x | - | - | - | - | - | Michelet 1992 | Michoacán I | x |
| 72 | - | x | - | - | - | - | - | Michelet 1992 | Michoacán I | x |
| 95-96 | - | x | x | - | - | - | partielle | Puax 1989 ; Migeon 1991 ; Forest 2014 | Michoacán I | x |
| 317 | x | x | x | UT77 | UT68 ¹ , 69 ¹ , 70 ¹ | partielle | partielle | Migeon 1991 | Michoacán I | x |
| 318 | x | x | x | UT67, 93 | UT64, 65 ¹ , 66, 107 | partielle | partielle | Migeon 1991 | Michoacán I | x |
| 319 | x | x | x | - | UT71, 72, 73, 113, 114 ² , 115, 89 (P5) | partielle | partielle | Migeon 1991 | Michoacán I | x |
| 410 | x | x | x | UT80 | UT81, 82 | x | x | - | Uacúsecha | création de site |
| 415 | x | x | x | UT80 | - | partielle | partielle | - | Uacúsecha | création de site |

| PRÉSENT TRAVAIL (responsable Dorison) | | | | | | | | AUTRES SOURCES D'INFORMATION | | |
|--|-----------------------|-----------------------|-------------------|---------------------|-------------------|----------------------------|--------------------|------------------------------|----------------------------------|---|
| Site du corpus | Opérations de surface | | | | Sondages* | Protocole d'enregistrement | | Publications ou thèses | Rapports d'opération non publiés | Fiche site INAH projet Michoacán/Zacapu |
| | prospection pédestre | prospection satellite | prospection LiDAR | ramassages matériel | | cartographie GPS | cartographie LiDAR | | | |
| 416 | - | x | - | UT96 | - | - | - | - | Uacúsecha | création de site |
| 417 | x | x | x | UT83 | UT74, 75, 76, 123 | x | x | - | Uacúsecha | création de site |
| 418 | x | x | x | UT83 | - | x | x | - | Uacúsecha | création de site |
| 420 | x | x | x | UT80 | UT137 | x | x | - | Uacúsecha | création de site |
| 421 | x | x | x | UT80 | - | x | x | - | Uacúsecha | création de site |
| 422 | x | x | x | UT80 | - | partielle | partielle | - | Uacúsecha | création de site |
| 423 | x | x | - | - | - | x | - | - | Uacúsecha | création de site |
| 424 | x | x | - | - | - | x | - | - | Uacúsecha | création de site |
| 425 | - | x | - | - | - | - | - | - | Uacúsecha | création de site |
| 426 | - | x | x | - | - | - | x | - | Uacúsecha | création de site |
| 427 | - | x | x | - | - | - | - | - | Uacúsecha | création de site |
| 428 | - | x | x | - | - | - | partielle | - | Uacúsecha | création de site |
| 429 | - | x | x | - | - | - | partielle | - | Uacúsecha | création de site |
| 430 | - | x | x | - | - | - | - | - | Uacúsecha | création de site |
| 439 | - | x | x | - | - | - | partielle | - | - | création de site |
| 440 | - | x | x | - | - | - | partielle | - | - | création de site |

Tableau 10 - Synthèse des opérations et sources de données exploitées.
*direction A. Dorison, sauf ¹D. Michelet et ²H. Goudiaby.

5.2.1. Prospections assistées par ordinateur (PAO)

En amont du terrain, nous avons procédé à des prospections assistées par ordinateur ou PAO. Nous avons fait intervenir deux jeux de données principaux : l'imagerie satellite (5.2.1.1) et l'imagerie LiDAR (5.2.1.2). En langage informatique, ces données se présentent sous la forme de rasters, c'est-à-dire d'images constituées de pixels juxtaposés. Chaque pixel contient une information codée que la machine retranscrit par une plage de couleur unie, carrée. Mis bout à bout, tous ces carrés reconstituent une image. Ainsi, plus la résolution est élevée (plus on a de pixels pour représenter une même surface), plus la qualité d'image est grande. Ce principe simple permet aussi bien de retranscrire les nuances de vert et de jaune de la végétation sur une image satellite, que d'afficher un dégradé pour nous permettre d'apprécier la topographie sur un MNE.

5.2.1.1. Prospection sur image satellite

Notre premier outil de PAO a été l'imagerie satellite. Outre des images BirdsEye¹¹⁷, la meilleure source pour la consultation d'images satellites est Google Earth. Dans notre fenêtre, les images ont été prises par Google, Digital Globe, l'INEGI et les satellites Landsat. L'un des plus gros avantages de Google Earth est la possibilité d'afficher des enregistrements faits à différentes dates. C'est un atout important pour aborder un même espace et en apprécier l'évolution selon les années et les saisons (ex. la saison sèche est plus propice à l'identification de structures archéologiques, car le contraste entre les espèces herbacées, qui jaunissent, et les espèces arbustives, est alors plus marqué). Pour Zacapu, les images datent de 2009 à 2018. Au total, environ 5 enregistrements successifs sont disponibles selon les zones (l'homogénéité n'est pas de rigueur, tant pour la couverture que pour la résolution).

- *Anomalies ponctuelles*

Pour prospecter, nous avons commencé par établir un quadrillage de 200x200 m sur la zone à étudiée. Nous avons ensuite exploré chaque cellule pour y identifier des anomalies dont les coordonnées géographiques ont été enregistrées. Nous entendons par « anomalies » les éléments visibles sur les images qui présentent des caractéristiques que l'on peut potentiellement imputer à une action anthropique. Trois types ont été enregistrés :

¹¹⁷ Nous avons eu accès à ces images pendant 1 an à la suite de notre acquisition d'un GPS de randonnée Garmin.

- 1) les anomalies de végétation. Les deux principaux critères d'identification sont la forme et la couleur. Ce sont par exemple les alignements d'espèces végétales, les formes quadrangulaires ou encore les indices de concentration d'humidité dans les sols (végétation plus verte).
- 2) les anomalies topographiques. Elles sont décelables à la faveur de l'éclairage qu'il y avait lors de la prise de vue. Les anomalies les plus évidentes sont les digues, tranchées, et monticules.
- 3) les anomalies de matériaux. Ce sont les matériaux concentrés dans l'espace de manière *a priori* exceptionnelle. Les exemples typiques sont les amoncellements de pierres.

- *Indicateurs privilégiés dans le contexte zacapense*

- 1) Hautes terres volcaniques.

Cette zone est caractérisée par trois types de couverts végétaux : forêts de chênes sur les *malpais*, prairies arbustives entrecoupées de fourrés plus ou moins denses, et champs cultivés. Les forêts et fourrés constituent des freins à la prospection satellite, qui doivent être traités différemment (5.2.1.2 et 5.2.2.2). Dans les prairies arbustives et dans les zones cultivées où la visibilité est meilleure, nous relevons deux indicateurs particulièrement notables :

- les espèces xérophytes (ex. *Acacia pennatula*, *Opuntia streptacantha*) s'enracinent souvent sur les pierres d'éboulis de structures archéologiques partiellement enfouies. Elles forment des concentrations visibles en plan (Figure 50).



Figure 50 - *Opuntia* sp. colonisant des structures en ruines.
Photographie satellite (gauche) et de terrain (droite).

- les espaces plans ou peu pentus évités par les cultures actuelles. Qu'ils forment des poches à l'intérieur du champ ou qu'ils constituent une zone périphérique délimitée, ils

indiquent souvent une pierrosité de surface importante, qui dissuade les agriculteurs modernes et actuels d'y passer la charrue. La pierrosité peut être naturelle (affleurement) ou anthropique (éboulis). Dans les deux cas, des structures archéologiques sont fréquemment associées.

2) Basses terres lacustres

Dans ce contexte écologique, les champs cultivés dominant. On relève deux indicateurs principaux :

- les *mogotes* – littéralement « butte » ou « monticule » – renvoient aux buttes qui ponctuent la plaine. Outre les îles où la végétation est analogue à celle des hautes terres, certains *mogotes* sont plus localisés. Ils correspondent souvent à des affleurements rocheux associés à des vestiges d'architecture préhispaniques.
- la couleur des sols. Dans cette zone, les sols riches en matière organique sont foncés. Les tâches claires, si elles indiquent souvent la présence d'une mare asséchée ou d'un paléochenal, peuvent aussi indiquer la présence de structures archéologiques.

▪ *Optimisation de la lecture*

Pour optimiser la lecture des images satellites, nous avons utilisé le plug-in DStretch du logiciel ImageJ (Harman 2011). Ce plug-in a été développé par Jon Harman pour mettre en exergue les tonalités de couleur sur les peintures pariétales détériorées. Appliqué à l'imagerie satellite, il permet de souligner la concentration en humidité dans les sols en accentuant le contraste des couleurs, ou la nature du matériau en surface. Outre son efficacité en espaces ouverts, notons aussi l'intérêt du plug-in en contexte forestier relativement dense (Figure 51).



Figure 51 - Exemple de l'utilité du plug-in Dstretch sur la coulée volcanique d'El Infiernillo. Outre la mise en exergue du contour de la coulée, le contraste net entre vert et gris bleu au sein de celle-ci distingue la partie

ouest, où la pédogenèse est plus avancée (à la faveur des terrassements humains, cf. chapitre 6) et la partie est (non occupée), où les Leptosols sont encore majoritaires.

- *Carte de concentration des anomalies*

Une fois les anomalies enregistrées, nous nous sommes retrouvé avec un nuage de points. Celui-ci a été exporté depuis Google Earth sur le logiciel QGIS au format .kml. Une fois transformé en .shp pour être plus facilement exploitable, l'extension *points dans un polygone* de QGIS nous a permis de dénombrer les anomalies dans chacune des cellules de notre quadrillage de 200 x 200 m, reporté dans QGIS sous la forme d'un shapefile de polygones. De cette façon, nous avons mis en exergue les espaces présentant les potentiels les plus élevés (Figure 52).

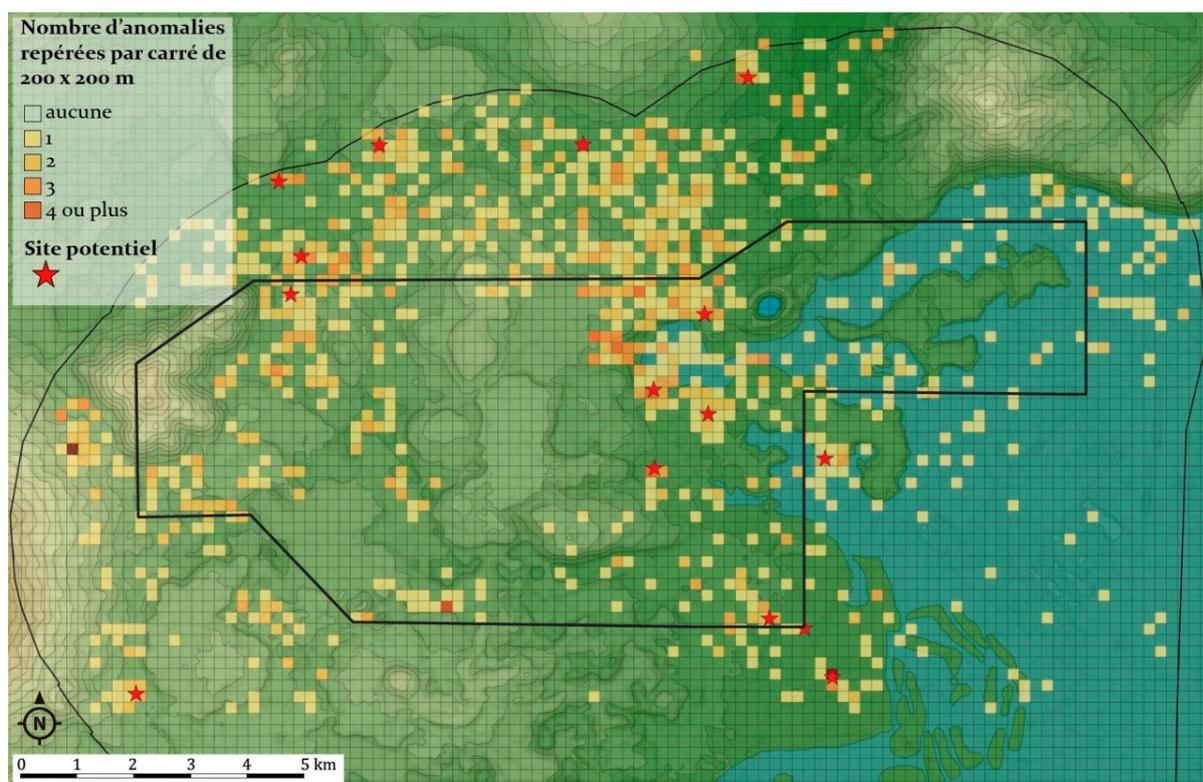


Figure 52 - Cartographie des anomalies satellites.

Nous revenons ci-après sur la vérification de cette carte de densité (5.2.2.1).

5.2.1.2. Prospection par traitements du MNE LIDAR

En 2015, la mise en place du programme ANR Mésomobile a permis d'acquérir une couverture LIDAR de 92 km² sur le Malpaís de Zacapu (Figure 53, gauche). Il couvre de fait environ 60 % de notre fenêtre d'étude. Les exclus notables du LIDAR sont le cerro de Las Flores à l'ouest et les îles de la ciénega à l'est. Le vol a été réalisé par une équipe du Centre

National pour la Cartographie Laser Aéroportée (NCALM¹¹⁸) de Houston au printemps 2015. Les données brutes (nuage de points) ainsi qu'un MNE¹¹⁹ nous ont été fournis en octobre de la même année. Dès la phase de survol du Malpaís, le choix a été fait de concentrer la prise de points sur l'étendue des quatre centres urbains. Aussi la densité du nuage de points est-elle plus importante dans ces zones (Figure 53, droite). En répercussion, les défauts du LiDAR – les « bruits » – sont d'autant plus marqués dans les zones en marge sur le MNE.

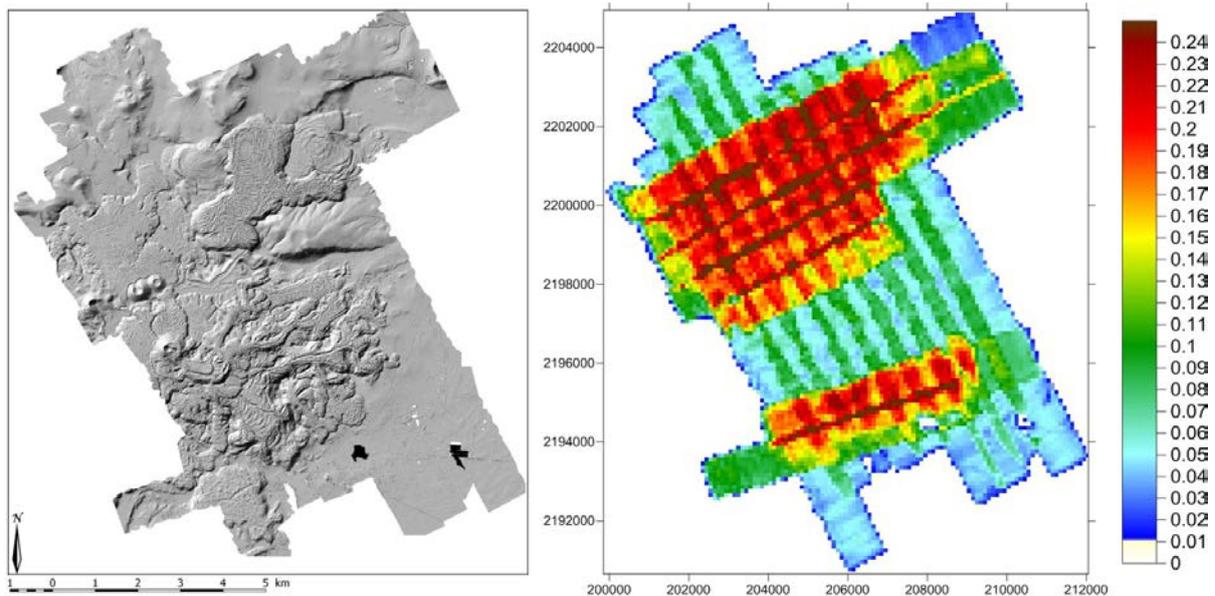


Figure 53 - Emprise de la couverture LiDAR (gauche) et densité de points (droite) ©NCALM

Nous n'avons à ce jour exploré que les capacités du MNE issu du LiDAR. En d'autres termes, nous avons exclusivement travaillé sur la microtopographie. Pour mettre en exergue les structures archéologiques sur le MNE – ainsi que les formes du terrain (voir *infra* 5.3.1) –, nous avons mis à profit divers algorithmes préexistants compilés dans divers logiciels de SIG. Nous présentons ci-dessous une liste non exhaustive des traitements¹²⁰ les plus pertinents. Précisons que les traitements seuls se suffisent rarement à eux-mêmes et qu'ils s'expriment souvent mieux une fois superposés à d'autres par transparence de couches.

¹¹⁸ National Centre for Airborne Laser Mapping.

¹¹⁹ Le MNE a été généré par kriging sur la base d'une classification altimétrique du nuage de points pour éliminer la végétation.

¹²⁰ Dans la mesure où certains de ces traitements utilisent des classifications de couleur, nous utiliserons la codification RGB pour préciser nos choix.

A. Ombrages

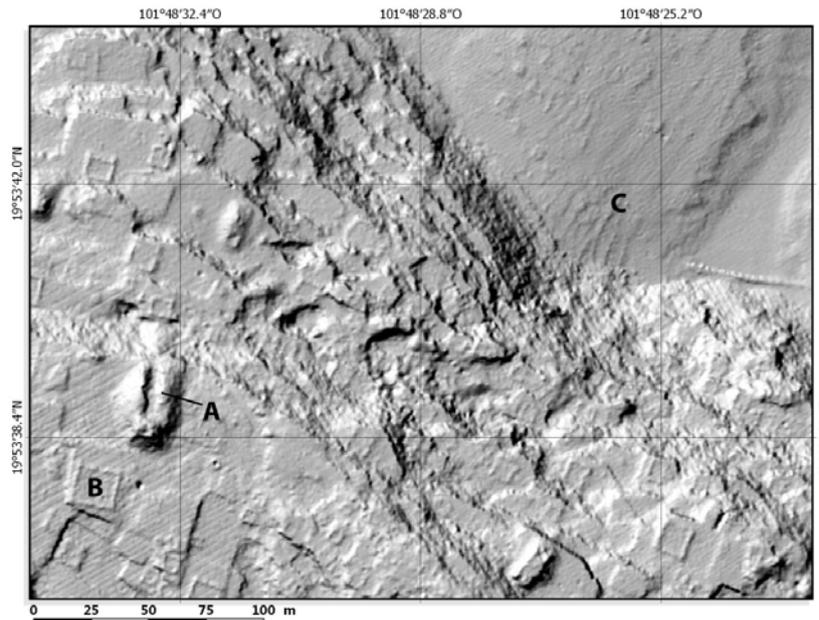


Figure 54 - Exemple d'ombrage en bordure du site de Mich. 31.

À l'ouest, la place principale du site avec sa pyramide majeure J7 (A) et sa « Grande Maison » associée (B) ; au nord-ouest et au sud-est, les terrassements de plusieurs mètres de haut qui caractérisent le site, surmontés d'habitations ; au nord-est, la plaine au pied du site (Mich. 31N), avec ses terrasses agricoles (C).

▪ *Principe*

La simulation d'ombrage est le rendu le plus courant. On simule une lumière qui éclaire le MNE pour faire ressortir les ombres portées. L'ombrage peut être modélisé sur un logiciel comme Qgis, Arcgis ou SAGA avec un azimut de 315° de façon standard, une hauteur de l'éclairage fixée généralement à 40 ou 45 m au-dessus de la topographie, et un facteur d'élévation généralement fixé autour de 4 (la hauteur est le plus souvent exagérée pour augmenter la lisibilité).

▪ *Avantages*

Facile à générer et à interpréter, ce traitement offre un coup d'œil rapide à l'ampleur des structures présentes.

▪ *Limites*

Les éléments dans l'ombre ou dans l'axe de la lumière sont invisibles. Aussi est-il nécessaire de combiner plusieurs ombrages pour limiter la perte d'information.

B. Ombrages multiples

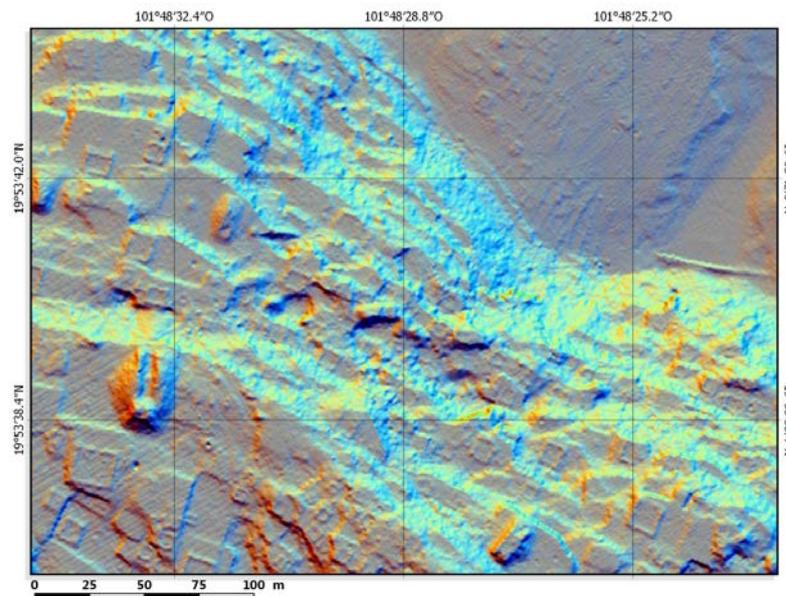


Figure 55 - Ombrages multiples en bordure de Mich. 31

- *Principe*

Il s'agit d'une combinaison de 16 ombrages, tous les $22,5^\circ$ d'azimut, pour couvrir 360° . Une analyse par composantes principales (ACP) permet de les superposer en ne prenant en compte que les éléments les plus pertinents sous chaque azimut.

- *Avantage*

Limite au maximum la perte d'information à cause de l'ombre et des éléments dans l'axe de la lumière. L'ombrage multiple est très efficace comme couche sous-jacente sur laquelle on peut superposer d'autres couches en transparence.

- *Limites*

Bien que très intéressants, les ombrages multiples ne sont pas forcément évidents à lire en eux-mêmes. De plus, à travers l'ACP, ce traitement met en exergue l'ensemble des éléments visibles sous les différents azimuts. Ainsi, il met aussi bien en exergue les structures que les défauts associés à l'enregistrement des données. Par exemple, les défauts linéaires parallèles, très fréquents, sont accentués par les ombrages multiples et peuvent être handicapants pour la lecture.

C. Pente

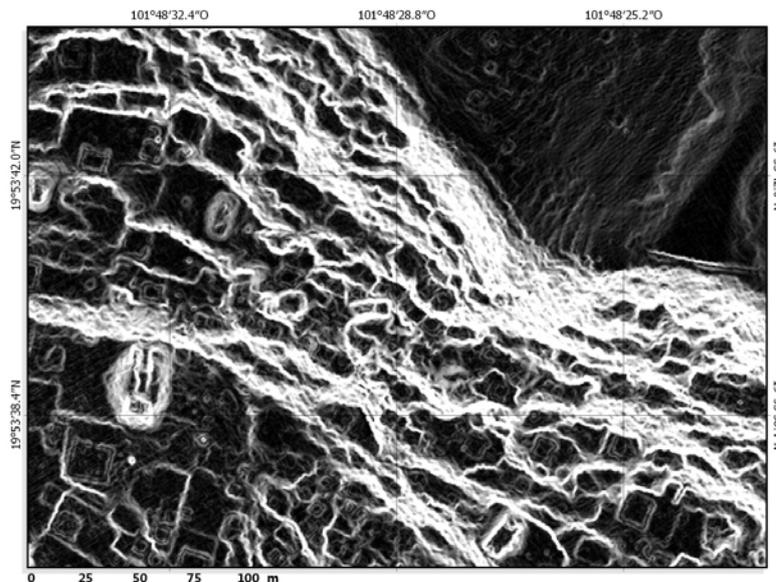


Figure 56 - Pente en bordure du site de Mich. 31

- *Principe*

L'algorithme calcule la pente pour un pixel donné. La symbologie de base est un dégradé du blanc vers le noir (ou inversement). Ainsi les pixels représentés en noir RGB [0 ; 0 ; 0] sont mathématiquement plans. À l'inverse, un pixel blanc RGB [255 ; 255 ; 255] matérialise la pente la plus forte du MNE.

- *Avantage*

La pente écarte le souci de l'axe de la lumière. Ce traitement est efficace pour identifier les changements de niveau. Par extension, il est pertinent pour identifier les terrassements et très efficace pour mettre en lumière les murs à double parement. Il constitue aussi un bon traitement sous-jacent en cas de superposition de rendus.

- *Limites*

Dans la mesure où la notion de pente ascendante ou descendante est inhérente à la position de l'observateur, ce traitement ne fait pas la différence et induit une confusion entre les zones concaves et les zones convexes. Ce problème peut être outrepassé *via* la superposition d'une couche d'ombrage sous-jacente.

Son efficacité est limitée dans les zones planes, surtout pour le cas d'un LiDAR à résolution inframétrique. De fait, un plan parfait au sens mathématique n'existe pas dans la nature. Ainsi les zones planes sont en réalité imparfaites. Elles comportent des variations de pentes légères et extrêmement nombreuses qui densifient l'information et rendent la lecture difficile.

D. Reclassification des pentes selon les modèles de versant

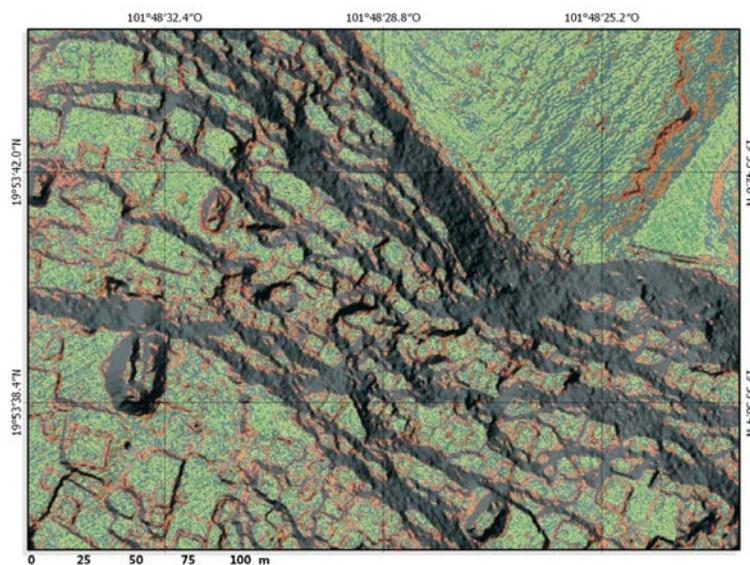


Figure 57 - Pentes reclassifiées sur Mich. 31 (transparence à 40% avec ombrage sous-jacent)
Voir texte ci-après pour la légende des couleurs.

■ Principe

Il s'agit d'établir arbitrairement des classes de pentes. Par exemple, au lieu de laisser la machine réaliser le calcul mathématique qui entraîne une matérialisation continue des changements de pente (RGB [0 ; 0 ; 0] = noir = plan ; RGB [1 ; 1 ; 1] = gris très foncé = 0,2% de pente ; *etc.*), on considère que les zones planes sont celles présentant une pente p inférieure à 2%, les zones en pente légère sont comprises entre 2% et 5%, et ainsi de suite.

Dans cette perspective, nous avons construit une classification sur la base des modèles de versants connus de la géomorphologie (Dalrymple *et al.* 1968 ; Ruhe 1975). Nous avons utilisé la classification proposée par Siebe *et al.* (2006 : 9), synthétisée dans le Tableau 11.

| P [%] | p [°] | p [rad.] | Description | Code SIG | Code RGB | |
|------------|------------|-------------------------|--------------------|----------|-------------------|---|
| 0-2 | 0-0,5 | 0-0,008726646 | Pseudo-plan | 1 | [36 ; 93 ; 76] |  |
| 2-4 | 0,5-2 | 0,008726646-0,034906585 | Légèrement incliné | 2 | [64 ; 170 ; 90] |  |
| 4-9 | 2-5 | 0,034906585-0,087266463 | Modérément incliné | 3 | [186 ; 221 ; 105] |  |
| 9-18 | 5-10 | 0,087266463-0,174532925 | Fortement incliné | 4 | [41 ; 109 ; 111] |  |
| 18-27 | 10-15 | 0,174532925-0,261799388 | Escarpement modéré | 5 | [229 ; 137 ; 48] |  |
| 27-36 | 15-20 | 0,261799388-0,34906585 | Escarpement | 6 | [196 ; 45 ; 37] |  |
| >36 | >20 | 0,34906585-1,570796327 | Escarpement fort | 7 | [0 ; 0 ; 0] |  |

Tableau 11 - Reclassification des pentes d'après Siebe *et al.* 2006 : 9

■ Avantage

La reclassification des pentes selon les modèles de versants permet de mettre en exergue des caractéristiques morphologiques du terrain pertinentes dans les systèmes de classification géomorphologiques conventionnels (Tricart 1977 ; Zinck 2012 ; voir 5.3.1), mais aussi de

souligner les variations au sein d'une même pente (ex. mise en exergue du mur de terrasse par rapport à l'espace amont délimité, même si ce dernier n'est pas plan). Son utilisation est pertinente à différentes échelles (ex. identification de structures archéologiques, de formes du terrain).

- *Limites*

Cette reclassification n'élude pas le problème de la confusion entre zones concaves ou convexes. La lecture en l'état n'est pas facile.

E. Courbes de niveau (isohypses)

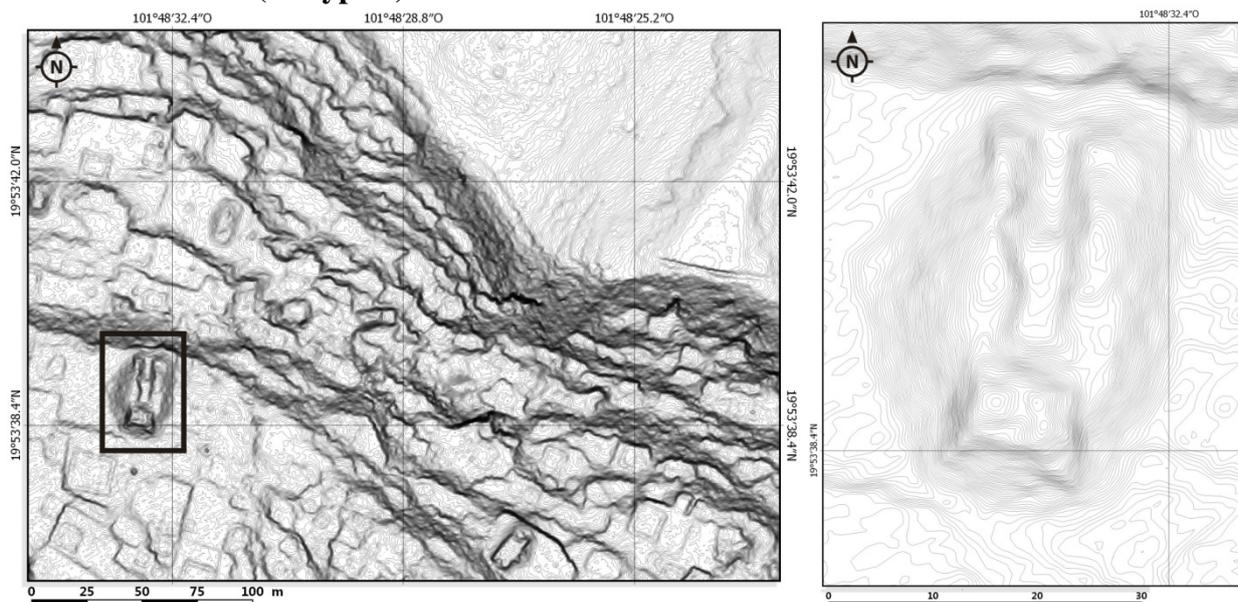


Figure 58 - Isohypses à 10 cm sur Mich. 31 et zoom sur J7

- *Principe*

La plupart des logiciels de SIG permettent de réaliser des courbes de niveau ou isohypses. L'algorithme permet de dessiner une ligne vecteur à l'altitude souhaitée (généralement selon un espacement régulier, soit tous les 1, 2, 5, 10, 50 m, etc.). Ce n'est pas, à proprement parler, un traitement au même titre que les autres, puisqu'on ne crée pas une couche raster mais une couche vecteur (shapefile). Dans notre cas, nous avons modélisé des courbes tous les 10 cm.

- *Avantage*

Souvent oubliées parmi les traitements qui permettent de lire les données LiDAR, les courbes de niveau sont pourtant intéressantes. Elles permettent de comprendre facilement la microtopographie (Figure 58) et évite d'avoir recours au rendu 3D sur lequel la numérisation directe est difficile.

- *Limites*

Les isohypses génèrent des lignes brisées qui sont parfois difficiles à interpréter. Elles sont peu efficaces pour l'identification de structures à petite échelle, car l'information est alors trop dense.

F. Ouverture positive, ouverture négative et sky view factor



Figure 59 - Ouverture positive (gauche) et négative (droite) sur Mich. 31

▪ Principe

Ces trois traitements utilisent des algorithmes qui matérialisent ce que « voit » un pixel en fonction de sa position topographique, en considérant que son « champ de vision » se trouve dans une sphère (Yokoyama *et al.* 2002). L'ouverture positive considère la visibilité à la surface (α sur Figure 60) ; l'ouverture négative sous la surface (β sur Figure 60). En nuances de gris, plus le pixel est clair, plus il a un angle de vision obtus. Plus il est foncé, plus son angle de vision est aigu. Dans une perspective similaire, le *sky view factor* rend compte de l'obstruction du ciel par le terrain adjacent (Böhner et Antoni  2009 : 205).

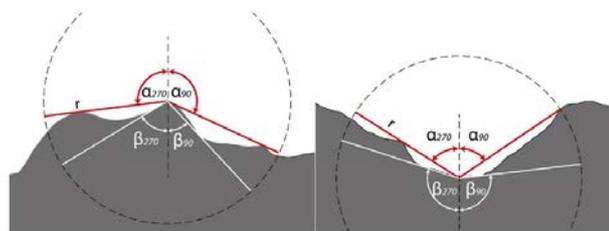


Figure 60 - Principe de l'ouverture positive (α) et négative (β), issu de Doneus 2013

▪ Avantages

Ces traitements sont efficaces pour mettre en exergue les transitions entre différents plans. Ainsi, par extension, ils sont efficaces pour identifier les terrasses, desquelles ils soulignent l'arête et le pied du mur. L'ouverture négative permet, en outre, de mettre en exergue efficacement les creusements linéaires ; par extension, les canaux, anthropiques comme naturels.

▪ Limites

Le lecteur l'aura vite remarqué, la lecture n'est pas évidente en l'état. Si des informations ressortent, beaucoup se retrouvent dans le noir ou dans le blanc. Ces traitements sont particulièrement intéressants une fois couplés avec d'autres.

G. Red Relief Image Model (RRIM)

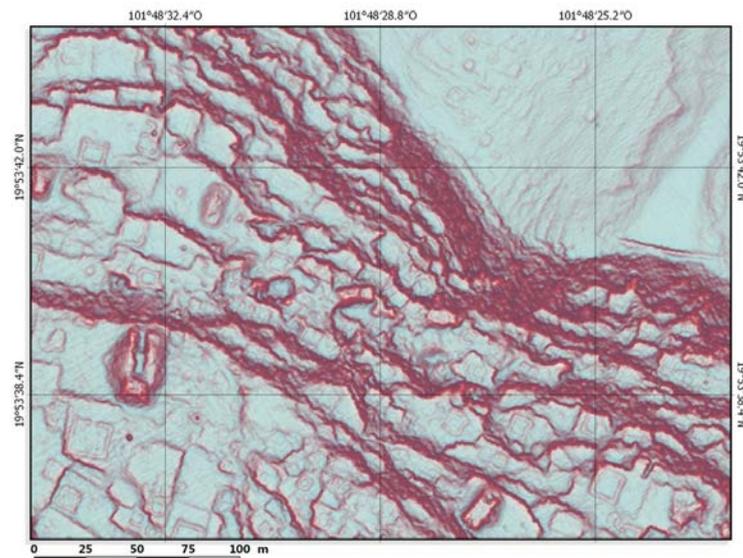


Figure 61 - RRIM sur Mich. 31.

- *Principe*

Formalisé par Inomata *et al.* (2017), le RRIM est constitué par la pente, superposée à la différence entre l'ouverture négative et l'ouverture positive, divisée par deux, ou *valley ridge* :

$$\frac{(\text{ouverture positive}) - (\text{ouverture négative})}{2} = \text{valley ridge}$$

- *Avantages*

Le RRIM est efficace pour identifier les structures dont l'élévation est assez marquée, mais son plus gros avantage est de permettre de différencier du premier coup d'œil les zones concaves (bleu) des zones convexes (rouge) (voir Figure 61).

- *Limites*

À l'instar de la pente, le RRIM crée un certain nombre d'artefacts difficile à interprétés dans les zones planes notamment. Par ailleurs, il adoucit les limites des structures. Il rend ainsi hasardeuse la délimitation de leur emprise au sol et donne parfois une impression de fusion entre des structures très proches l'une de l'autre. La superposition des isohypses pallie en partie ces limites.

H. Ouverture positive, ouverture négative et ombrages multiples

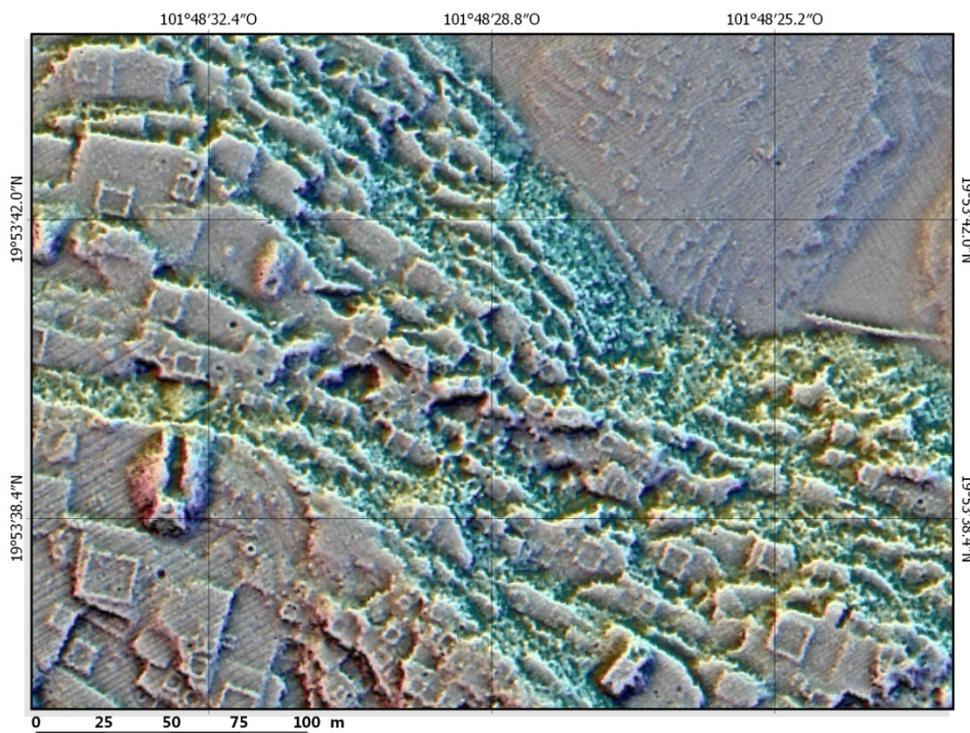


Figure 62 - Superposition de l'ouverture positive, négative et des ombrages multiples sur Mich. 31.

▪ *Principe*

Ce traitement, proposé par Francisco Estrada-Belli (2017 comm. pers.), superpose l'ouverture positive (40% de transparence), l'ouverture négative (50% de transparence) et les ombrages multiples sous-jacents.

▪ *Avantages*

Ses avantages sont *grosso modo* les mêmes que le RRIM. Cependant, à l'inverse de celui-ci, il différencie les structures proches.

▪ *Limites*

Sa principale limite est de donner l'impression d'« affiner » les structures. Les éléments linéaires ressortent très clairement, mais les structures plus imposantes sont visuellement étroites. La superficie des structures au sol est alors difficile à apprécier.

I. Local Relief Model (LRM)



Figure 63 - LRM sur Mich. 31.

Le lecteur notera la faible lisibilité sur la partie terrassée du site, mais la mise en exergue de structures autrement peu visibles dans la partie nord-est, plus plane, au pied du site (Mich. 31N).

▪ *Principe*

Le Residual Relief Model (Humme *et al.* 2006 ; Hiller et Smith 2008) ou Local Relief Model (Hesse 2010) est le résultat de plusieurs traitements successifs des données LiDAR qui permet de souligner les reliefs de petite dimension et au contraire, de lisser les formes les plus grandes. Le LRM a été pensé spécifiquement pour mettre en exergue les modifications légères du terrain et *a fortiori* les structures archéologiques effondrées et/ou enfouies.

▪ *Avantages*

De par sa conception même, ce traitement est très intéressant dans les zones planes où il permet de visualiser des éléments difficiles à apercevoir autrement.

▪ *Limites*

La contrepartie de son principe primordiale est son inefficacité dans les zones où les changements de niveau sont très rapides. Par exemple, les terrasses à dénivelé marqué (plusieurs dizaines de centimètres à plusieurs mètres) réagissent mal au LRM et rendent la lecture difficile.

J. Sky view factor, LRM et ombrages multiples (SVF+LRM+MHS)

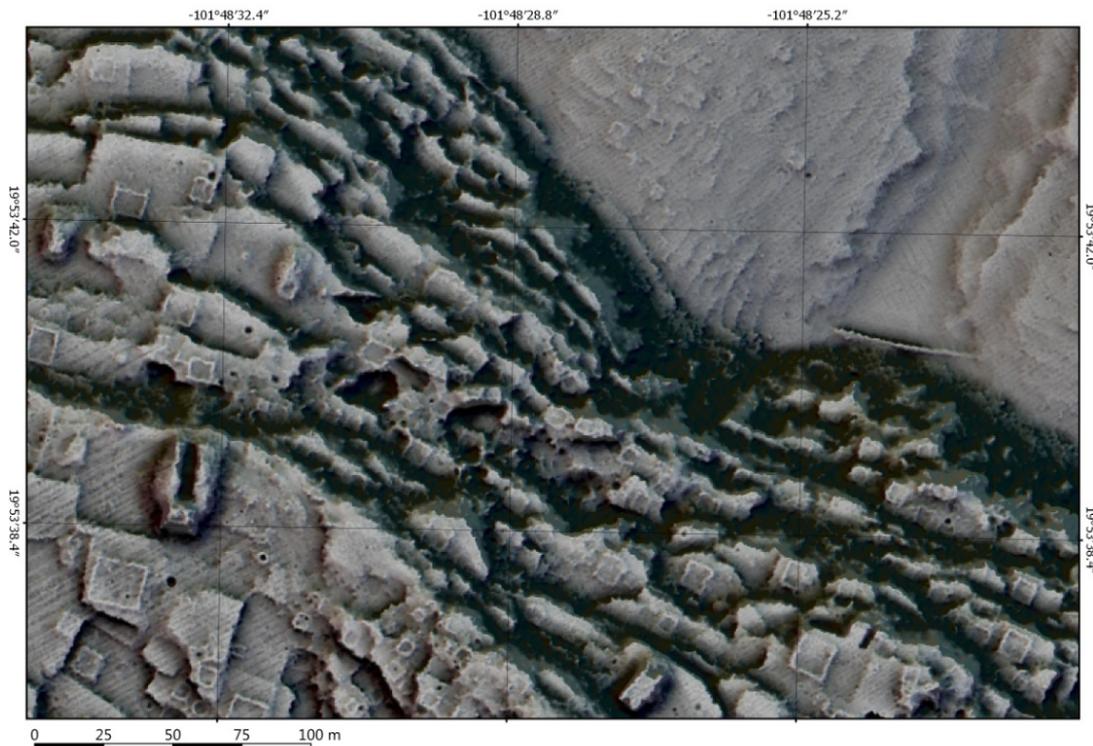


Figure 64 - Sky view factor, LRM et ombrages multiples sur Mich. 31.

▪ Principe

Il s'agit ici d'une superposition que nous avons faite de trois traitements présentés plus haut. Un ombrage multiple contrasté constitue le traitement sous-jacent (luminosité -55 ; contraste +45). Lui sont superposés le LRM contrasté (luminosité -70 ; contraste +100 ; transparence 65%) et, au premier plan, le sky view factor (luminosité -150 ; contraste +25 ; transparence 70%).

▪ Avantages

Ce traitement permet de distinguer les zones convexes de zones concaves, tout en assurant une bonne lisibilité des éléments en élévation légère par rapport au sol. C'est selon nous le meilleur traitement de visualisation générale.

▪ Limites

Son principal inconvénient est l'atténuation des reliefs importants (plurimétriques) inhérente au LRM. Ainsi, les changements de niveau marqués sont assombris et difficiles à interpréter.

**

Il existe une multitude d'autres traitements que nous ne détaillons pas ici. Pour plus de précisions sur ces points, nous invitons le lecteur à se référer à deux sources : l'ouvrage édité par Tomislav Hengl et Hannes Reuter (2009) sur la géomorphométrie par ordinateur et les logiciels libres SAGA GIS et QGIS qui fournissent une bibliographie pour chacun des traitements proposés.

5.2.2. Prospections de terrain

Outre les PAO, nous avons réalisé des prospections sur le terrain selon différentes modalités en fonction des contextes. Nous avons essentiellement utilisé un récepteur GPS de randonnée d'une précision x,y de ± 5 m¹²¹, ainsi que les indications d'informateurs issus des villages voisins. Ces opérations ont donné lieu à l'enregistrement des éléments rencontrés¹²² et à des ramassages de matériel en surface.

5.2.2.1. Vérification des PAO

Dans le cas des anomalies repérées sur les images satellites, comme dans celui des structures mises en exergue par les traitements LiDAR, le chargement dans le GPS des coordonnées géographiques UTM des zones à vérifier nous a permis de nous rendre jusqu'à elles. Dans les deux cas, nous avons préalablement incorporé les images numériques à l'appareil (satellite ou LiDAR le cas échéant) pour faciliter l'identification du contexte environnemental de chaque structure identifiée.

- *PAO satellite*

La principale campagne de vérification des anomalies satellite s'est déroulée au printemps 2015 en équipe réduite de 2 à 4 personnes, dont au moins un informateur. Pour chaque anomalie, un nettoyage de la zone a été réalisé lorsque nécessaire et des prospections rayonnantes ont été pratiquées sur au minimum 5 ha aux alentours. Ces opérations nous ont permis d'enregistrer plus de 300 structures réparties sur environ 12 km².

De manière générale, les PAO satellites en elles-mêmes se sont avérées moyennement concluantes dans notre cas. Beaucoup d'anomalies étaient négatives. En réalité, ce sont les prospections rayonnantes qui accompagnaient la vérification d'anomalies qui ont concrètement conduit à une bonne couverture de la fenêtre et à la mise au jour de nombreuses zones archéologiques. En ce qui concerne les anomalies, précisons cependant :

¹²¹ Garmin 64st

¹²² 2819 dont 1082 avant l'obtention des données LiDAR

- 1) que les contextes les moins pertinents étaient les basses terres autour du paléolac, car elles ont été recouvertes par la sédimentation lacustre postérieure à l'occupation préhispanique et sont perturbées par l'agriculture actuelle ;
- 2) que nous n'avons pas cherché à améliorer cette méthodologie par la suite, dans la mesure où le LiDAR a changé nos perspectives dès l'automne 2015.

Nous savons par ailleurs que les prospections satellites peuvent être pertinentes quand un retour s'opère entre phases de terrain et phases de PAO (Darras n.d., comm. pers.).

- *PAO LiDAR*

En ce qui concerne les prospections LiDAR, la principale campagne que nous avons personnellement menée s'est déroulée à l'automne 2015, soit notre ultime campagne de terrain¹²³. Il s'agissait là encore de se rendre à l'emplacement des zones à vérifier à l'aide des coordonnées UTM. La grande différence était la qualité de l'information issue des PAO LiDAR. De fait, l'association des éléments identifiés sur le LiDAR à des types de structures connus – ou au minimum à des contextes connus (zone civico-cérémonielle, zone résidentielle...) – en amont du terrain, s'est avérée valide dans l'intégralité des cas vérifiés jusqu'alors. Aussi le travail de terrain a plutôt consisté en la caractérisation de zones non référencées, en la description de types de structures non documentés, et en l'établissement direct d'opérations plus précises (nettoyage, sondages...).

Devant la pertinence des données LiDAR au regard des structures et contextes documentés sur le terrain, nous avons pu par la suite continuer les PAO avec l'assurance qu'une part non négligeable des structures identifiées correspondait à une réalité archéologique¹²⁴. Des modalités d'enregistrement spécifiques sur SIG ont toutefois été mises en place pour différencier les structures vérifiées et non vérifiées (5.2.3.3).

¹²³ D'autres campagnes de vérifications ont été conduites par des membres du projet Uacúsecha (voir Pereira *et al.* 2016 et 2017).

¹²⁴ Une brève étude de confrontation des données de terrain par rapport à une PAO LiDAR a été menée en 2017 par Andy Combey (rapport non publié). La comparaison a été établie en mettant en regard les structures d'habitat enregistrées lors de la cartographie du site de Mich. 95-96 à l'altitude dans les années 1980 (Michelet *et al.* 1988) et celles numérisées lors d'un atelier universitaire de saisie collaborative (webmapping) sur l'image LiDAR, par des néophytes de la zone. La corrélation varie entre 62 et 92% et trahit des manques et erreurs lors de la saisie LiDAR, comme des lacunes dans la cartographie originelle. Cependant, entrent aussi en ligne de compte la non-spécialisation des participants à l'exercice, la considération limitée des données aux seules structures d'habitat, les défauts de l'image LiDAR, ou encore l'utilisation de seulement deux traitements de cette image (ombrage simple et pente).

5.2.2.2. Prospections GPS sous couvert végétal dense

Avant l'acquisition des données LiDAR, nous disposions de deux options pour prospecter sous couvert végétal dense, 1) la prospection « à l'aveugle » dans des zones connues pour leur potentiel archéologique et 2) la systématisation. Elles nous ont permis d'identifier environ 600 structures archéologiques.

- *Prospection « à l'aveugle »*

Dans ce premier cas, l'opération était conduite par petite équipe de 2 à 4 personnes là où des zones archéologiques avaient déjà été signalées. À l'instar des vérifications des PAO satellites, nous procédions à une prospection rayonnante des espaces à l'aide d'un récepteur GPS. Il permettait de garder une trace de la localisation des objets rencontrés pendant l'opération, pour obtenir une couverture pseudo-systématique de proche en proche.

Si de telles prospections assurent l'identification d'une partie des structures, il est évident – notamment au regard des données actuelles – qu'elles sont sujettes à de nombreuses limites (densité de la canopée basse et de la strate herbacée, luminosité, taux d'humidité, précision du récepteur GPS...). Elles ont néanmoins permis d'enregistrer environ 380 structures au cours de deux campagnes, entre 2012 (travaux de Master 2, Dorison 2013) et 2013. Au-delà, elles ont surtout permis de réévaluer le potentiel archéologique de certaines zones pour la mise en place des opérations futures.

- *Prospection systématique*

Dans ce second cas, nous avons mis en place un quadrillage de 50x50 m sur les zones à prospecter, que nous avons chargées dans deux récepteurs GPS¹²⁵ (figure 65). Ainsi, deux porteurs de GPS, placés sur des lignes parallèles du maillage, pouvaient suivre celui-ci. Par commodité, nous avons enregistré dans l'appareil les nœuds de chaque cellule du quadrillage plutôt que le maillage lui-même. De cette manière, les porteurs de GPS pouvaient suivre la direction des nœuds de proche en proche en maintenant un cap grâce à la boussole intégrée.

Entre les porteurs de GPS, 4 à 5 personnes se répartissaient le long de la ligne virtuelle entre deux nœuds. Les prospecteurs avançaient alors de front en gardant un espacement constant. Chaque élément repéré occasionnait un arrêt de l'ensemble de l'équipe pour l'enregistrement (5.2.2.3), avant la reformation de la ligne de prospecteurs. De cette façon, nous avons constitué des transects de prospection aller-retour pour obtenir la couverture de zones de

¹²⁵ Un Garmin 64st et un Garmin eTrex 30x.

100 m de large pour plusieurs centaines de long. Cette approche systématique a été conduite à l'automne 2014 sur les sites de Mich. 317 (23 ha couverts) et Mich. 318 (17 ha couverts). Nous avons ainsi enregistré environ 220 éléments.

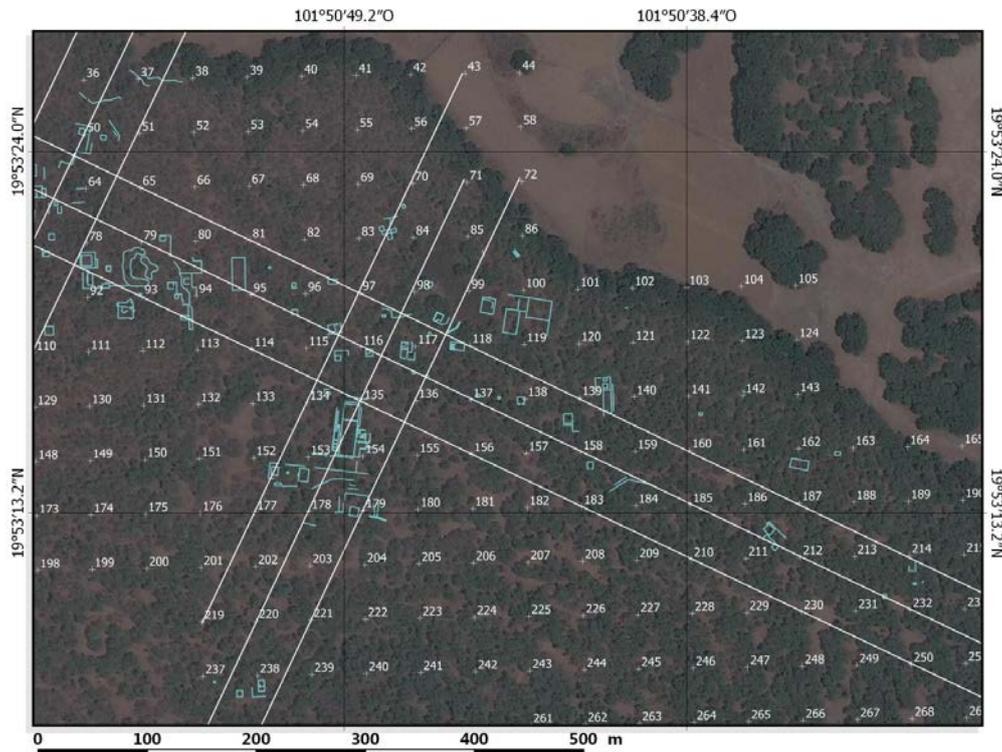


Figure 65 - Exemple de maillage et transects de prospection sous végétation dense sur le site de Mich. 317. Les structures archéologiques enregistrées sont représentées en bleu clair.

5.2.2.3. Enregistrement des éléments

Dans un premier temps, nous procédions à un nettoyage partiel ou total de la structure et à son géoréférencement à l'aide du récepteur GPS. Suivaient une description écrite et un croquis systématique, avec mesures au décimètre et prise d'une orientation générale à la boussole. Les points GPS étaient systématiquement reportés sur le croquis en prévision de la cartographie. Les mesures et orientations pouvaient être multipliées en fonction de la complexité de la structure. De même, si le géoréférencement se limitait à un unique point GPS pour les éléments les plus simples, les structures élaborées ou de grandes dimensions en nécessitaient plusieurs (ex. à chaque angle d'une structure quadrangulaire). Chaque structure s'est vu attribuer un numéro selon une codification alphanumérique sur la base du numéro de site, suivi d'un tiret bas et du numéro de structure de 001¹²⁶ à n (ex. pour la première structure

¹²⁶ La mise en place d'un code alphanumérique (présence du tiret bas) induit des problèmes de classement automatique sur ordinateur (ex. par ordre croissant). Aussi, pour éviter les classements du type 318_1, 318_10, 318_11, 318_2, etc., nous avons choisi un enregistrement en 001 pour laisser la possibilité de l'enregistrement de

rencontrée sur Mich. 318, le code était 318_001). Lorsque l'agencement des structures entre elles nous apparaissait particulièrement notable, nous réalisons un croquis de l'ensemble. Ces informations succinctes étaient intégrées au jour le jour au SIG (voir 5.2.3).

Avec le LiDAR, les enregistrements ont pris une autre forme, dans la mesure où la précision de l'image nous permettait généralement de représenter les structures directement sur le SIG en amont du terrain. Toutefois, nous procédions, quoiqu'il en fut, à un nettoyage de la zone, puis à une description écrite des éléments. L'élaboration de croquis de zone et la prise de mesures au décimètre permettaient de préciser et/ou de corriger la donnée numérisée.

5.2.2.4. Ramassages de surface

Les prospections étaient finalement complétées dans de nombreux cas par des ramassages de matériel en surface. Ils étaient généralement entrepris à la faveur d'une concentration notable de matériel et étaient toujours sélectifs. Nous commençons par prendre un point GPS pour géolocaliser le ramassage. Il était ensuite entrepris dans un rayon maximal d'une vingtaine de mètres autour du point. En suivant la nomenclature du projet Uacúsecha, nous avons enregistré le matériel collecté dans des US de surface, elles-mêmes inscrites au sein d'unités de travail (UT) « ramassage », correspondant à une aire géographique bornée. Cette aire était généralement fixée sur les limites d'un site archéologique, mais pouvait s'avérer arbitraire – dans le cas des zones alors non rattachées à des sites notamment. On dénombre 8 aires de ramassage allant de 23 à 550 ha.

5.2.3. Cartographie sur SIG

L'ensemble des informations présentées ci-dessus, ainsi que celles issues de l'étude des sols (5.3), ont été regroupées dans un système d'information géographique (SIG) sous Qgis. La numérisation des éléments a permis d'établir la cartographie archéologique de la fenêtre d'étude et de procéder à des analyses spatiales. Une fois encore, cette cartographie a été entreprise selon des modalités différentes avant et après l'acquisition du LiDAR. Les plans de sites ont ensuite été finalisés sur Adobe Illustrator.

5.2.3.1. Considérations techniques quant aux choix de représentation des éléments

Les opérations de terrain et de PAO LiDAR ont contribué à l'identification d'éléments de natures diverses. Nous avons choisi de représenter l'ensemble des vestiges archéologiques par

999 éléments. À noter que si cette marge convient pour la majorité des sites, elle est trop courte pour le cas des centres urbains.

des shapefiles de lignes de par la polyvalence de ce type de fichier. Nous avons ainsi pu numériser les vestiges en représentant, selon les cas, soit le mur de structure (ex. bâtiment cellulaire, terrasse...), soit son emprise au sol (ex. soubassement pyramidal, autel...), soit ses limites arbitraires dans le cas des espaces ouverts (ex. places). L'avantage du shapefile de lignes est de pouvoir être facilement converti en shapefile de polygones, desquels il est possible d'extraire les centroïdes (points). Les structures les plus complexes ont parfois pu bénéficier de l'ajout d'une seconde couche shapefile de lignes pour représenter des détails. Néanmoins, ces ajouts ont plus généralement été effectués sur Adobe Illustrator après export (5.2.3.4).

Pour les tables attributaires liées aux shapefiles, nous avons favorisé des enregistrements succincts dans la mesure où nombre d'éléments indispensables lors de la création d'une base de données (ex. site dans lequel se trouve la structure, périmètre...) peuvent être incorporés *a posteriori* sur un SIG, grâce aux informations géographiques et à la nature même des éléments (ex. mesure automatique du périmètre, de l'aire, association à un polygone d'emprise de site...).

5.2.3.2. Cartographie GPS

Ce premier cas concerne les vestiges identifiés avant octobre 2015. Il s'agissait de numériser les éléments à partir des croquis de terrain. Les points GPS et chemins de déplacement (*tracks*) étaient importés en .gpx dans Qgis. Comme mentionné, l'erreur de positionnement x,y du GPS était d'environ 5 m. En d'autres termes, si certains points étaient quasiment exacts, d'autres pouvaient se trouver à 5 m ou plus de la position véritable. Ce constat s'est avéré d'autant plus important pour les points qui avaient été pris sous couvert forestier où la réception était souvent médiocre. Nous devons pallier cette incertitude pour la cartographie.

Pour ce faire, nous avons établi un système de deux quadrillages shapefile dans un espace de travail Qgis (Figure 66). Le premier (bleu) avait des cellules de 1 m². Le second (orange) avait des cellules de 10 cm². Chaque structure pouvait alors être numérisée sur la base de ces quadrillages comme guides, en fonction des mesures et du croquis de terrain. Une fois la numérisation complétée, nous utilisons la fonction de pivotement des objets de Qgis pour orienter les structures en fonction de l'orientation prise à la boussole sur le terrain. L'outil de déplacement nous permettait finalement de positionner la structure en fonction des points GPS les plus fiables.

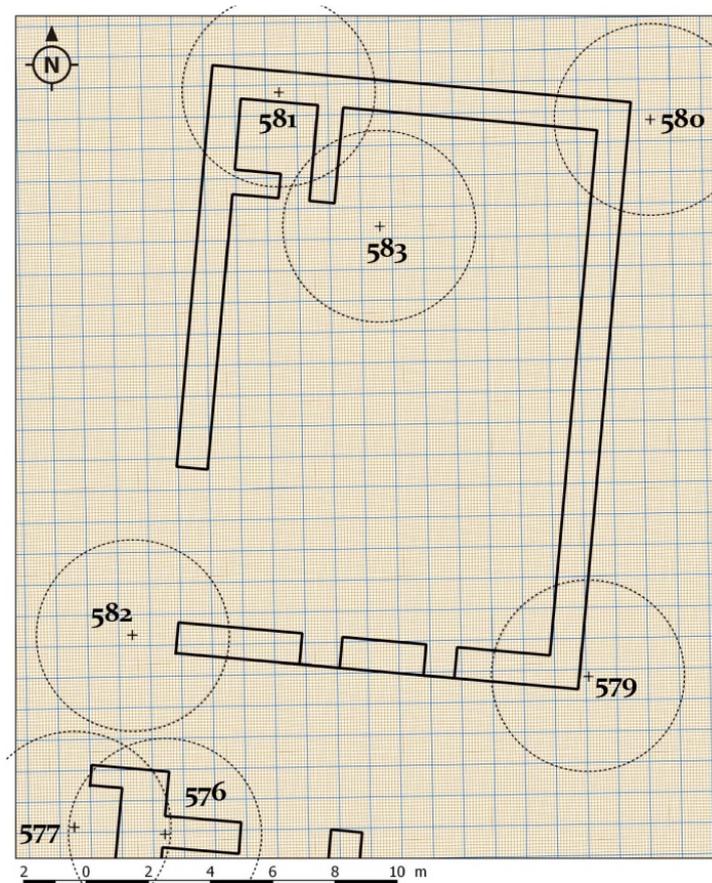


Figure 66 - Exemple de cartographie GPS sur SIG.
Les cercles représentent l'imprécision théorique du pointage GPS.

5.2.3.3. Cartographie LiDAR

Avec le LiDAR, les choses ont pris une autre tournure. L'ensemble des traitements de l'image présentés plus haut pour les PAO (5.2.1.2) nous a servi lorsqu'il s'agissait de passer à la cartographie. La première utilité de l'image LiDAR a été de réaliser un retour sur les données préalablement numérisées *via* les prospections GPS. Grâce aux différents traitements, nous pouvons de fait rectifier l'orientation et la morphologie de certaines structures, notamment dans les cas où un nettoyage complet n'avait pas pu être réalisé sur le terrain.

Outre les éléments déjà connus par la phase de terrain, nous avons pu établir une cartographie directe des vestiges en jouant sur les traitements les plus adéquats en fonction des structures à numériser. Nous avons maintenu notre choix d'utiliser uniquement des shapefiles de lignes lors de la numérisation. À ce titre, nous avons personnellement dessiné environ 2000 structures. Seules quelques zones ont pu être vérifiées par nos soins sur le terrain à l'automne 2015 (5.2.2.1). D'autres ont été vérifiées par les autres membres du projet Uacúsecha. Par conséquent, nous avons établi une codification couleur (Figure 67) pour

différencier 1) les éléments saisis vérifiés sur le terrain (vert), 2) les éléments non vérifiés, mais dont l'association typologique est hautement probable (bleu), et 3) les éléments non vérifiés dont l'association typologique est moins fiable (rouge).

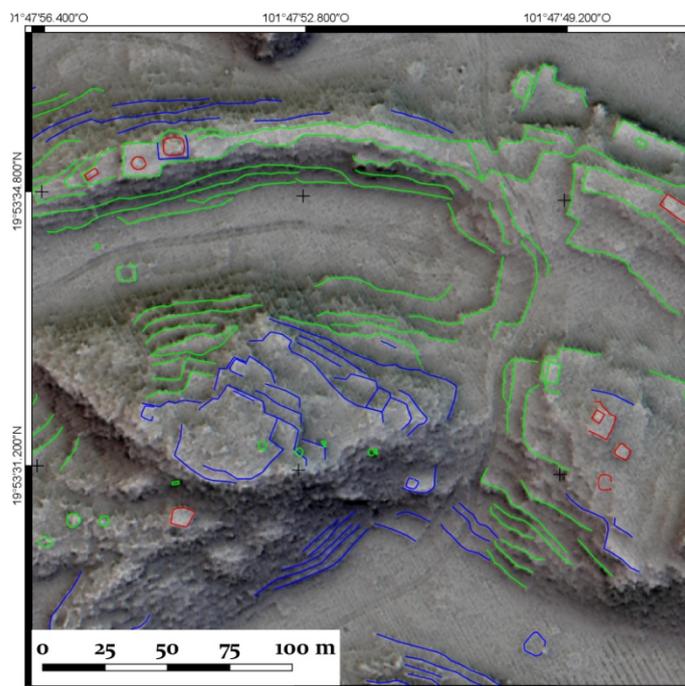


Figure 67 - Exemple de cartographie préliminaire LIDAR sur le site de Mich. 68 (voir texte pour la légende).

Outre nos travaux propres, nous avons pu bénéficier des résultats d'opérations conduites par d'autres dans notre zone. Dans le cas des révisions, les données sont assez limitées puisqu'elles sont le résultat d'opérations relativement ponctuelles. Néanmoins, nous avons aussi eu accès à un grand nombre de données numérisées sur les sites urbains de Mich. 38 et Mich. 95-96, qui résultent d'un exercice de saisie collaborative sur webgis dans le cadre d'un atelier à l'Université de Paris 1¹²⁷. Ce sont ainsi près de 8000 structures supplémentaires – fruit d'une numérisation directe par des étudiants sur la base de traitements de l'image LIDAR (ombrage simple et pente) – que nous avons pu prendre en compte.

5.2.3.4. Typologie des éléments anthropiques enregistrés

Nous reprenons la typologie des structures élaborées sur la base de discussions entre les membres de l'ANR Mésomobile (voir 2.1.4.3) (Tableau 12).

¹²⁷ L'atelier a été mis en place en 2016 sur Mich. 38 sous la supervision de Grégory Pereira (UMR8096), Laurent Costa (UMR7041) et Marion Forest (UMR8096) et reconduit en 2017 sur Mich. 95-96 sous la direction de Grégory Pereira, Laurent Costa et l'auteur du présent travail.

| Catégorie | Structure (type) | Sous-type |
|-----------------------------|----------------------------------|--|
| Bâtiment | Habitation | Habitation monocellulaire Habitation à 2 ou 3 pièces Habitation pluricellulaire (plus de 3 pièces) |
| | Grande maison cérémonielle | Grande maison simple Grande maison à portique Hall à atrium Hall à atrium à portique |
| | Bâtiment de stockage | Cuexcomate (base circulaire) Troje |
| | Bâtiment rituel | Temple simple Temple à portique Temple à vestibule Chapelle ou église |
| | Bâtiment autre | - |
| | Bâtiment indéterminé | - |
| | Concentration de matériel | Zone de tessons |
| Zone lithique | | Aire d'activité artisanale Poubelle/dépotoir Indéterminé |
| Zone mixte | | Aire d'activité artisanale Poubelle/dépotoir Indéterminé |
| Autre type de concentration | | - |
| Espace ouvert | Jeu de balle | Terrain ouvert Terrain fermé |
| | Place | Place ouverte Place fermée |
| | Patio hundido | Patio hundido carré Patio hundido rectangulaire Patio hundido circulaire |
| | Cour | Cour ouverte Cour fermée |
| | Épierrement/dégagement | - |
| Aménagement linéaire | Voierie | Chaussée Chemin plat Chemin creux Rampe Escalier |
| | Mur | Muraille (système défensif) Mur de parcellaire Mur indéterminé |
| | Terrasse | Terrasse agricole Terrasse d'habitat Terrasse mixte Terrasse autre |
| | Aménagement autre | - |
| | Aménagement indéterminé | - |
| | Structure en creux | Abri |
| Grotte | | - |
| Cavité artificielle | | Mine souterraine d'extraction de matériaux Carrière d'extraction de matériaux |
| Fosse/cuvette | | Cuvette d'extraction de matériaux |
| Structure construite | | Stockage unicellulaire Stockage pluricellulaire |

| Catégorie | Structure (type) | Sous-type |
|------------------------|---------------------------|--|
| | | Stockage unicellulaire en sous-sol Stockage pluricellulaire en sous-sol Dépression aménagée |
| Soubassement | Autel | Subcarré Rectangulaire Circulaire (bases de foyer cérémoniel) |
| | Plate-forme | Plate-forme d'habitation Plate-forme de grande maison Plate-forme sans bâtiment visible Plate-forme latérale de jeu de balle Plate-forme autre |
| | Soubassement pyramidal | Pyramide subcarrée Pyramide rectangulaire Pyramide circulaire Pyramide de plan mixte |
| | Soubassement indéterminé | - |
| Art rupestre | Peinture | - |
| | Pétroglyphe | - |
| Dépôt mortuaire | Sépulture | Fosse simple Fosse à niche Coffre Urne Chambre Indéterminé |
| | Dépôt indéterminé | - |
| Indéterminé | Anomalie pédologique | - |
| | Déformation topographique | - |
| | Empierrement | - |
| | | |

Tableau 12 - Typologie des éléments enregistrés

5.2.3.5. Production des plans de sites

Nous avons ainsi choisi trois niveaux de représentation :

- 1) À l'échelle la plus petite (1 : 50000^e), l'emprise des sites est représentée par des polygones.
- 2) Les structures dans leur intégralité sont représentées aux échelles du 1 : 5000^e et supérieures, en limitant les contours à une simple ligne.
- 3) Au 1 : 1000^e, des détails peuvent être ajoutés (ex. direction de la pente d'une terrasse).

Pour la finalisation des cartes, nous avons donc procédé systématiquement à un export des données au format vecteur .svg depuis le composeur d'impression de Qgis. Le fichier créé était ouvert sous Illustrator (CS5) et transformé en .ai (plus stable) pour pouvoir être modifié puis exporté. Une symbologie harmonisée a été établie (Figure 68).

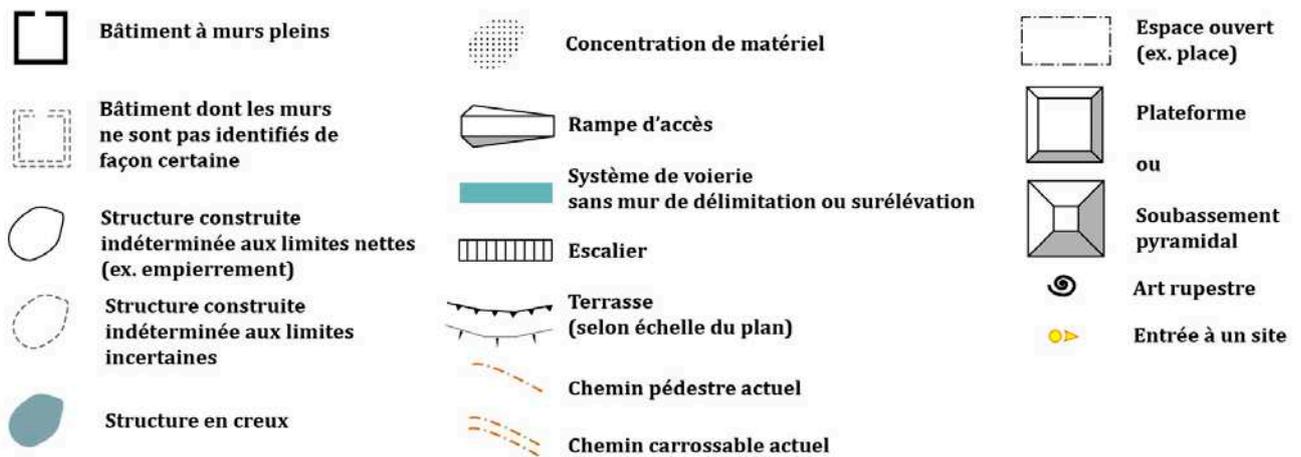


Figure 68 - Symbologie générale des plans de sites.

5.2.4. Fouille

Notre travail s'est aussi fondé sur des données issues de fouilles. Nous avons exclusivement procédé par sondages ponctuels – 17 au total. Ils avaient pour objectifs essentiels :

- 1) de collecter du matériel diagnostique pour dater les espaces. La recherche de stratigraphies en place n'était cependant pas une priorité au regard de la résolution chronologique voulue (et du caractère monophasé de nombreux espaces fouillés).
- 2) d'offrir une caractérisation technique et si possible fonctionnelle des structures et espaces sélectionnés.

5.2.4.1. Sélection des espaces sondés et types de sondages

À la suite des prospections, nous avons sélectionné les espaces à sonder en fonction de trois critères non cumulatifs et non exclusifs :

- 1) la vocation agraire potentielle. Cette affiliation fonctionnelle a été faite sur la base de la localisation de la structure (ex. espace ouvert, cultures potentielles...) et de sa morphologie au sol (ex. terrasse, habitat associé à des espaces potentiellement agraires...).
- 2) la quantité de matériel attendu. Dans notre perspective de datation et dans la mesure où les espaces agraires sont souvent pauvres en matériel, nous avons

aussi entrepris des investigations sur des structures susceptibles de fournir des éléments diagnostiques en quantité, notamment au regard de leur fonction (ex. civique) et de leur durée de vie hypothétiquement longue.

- 3) les types inédits. Les prospections ont mis au jour des types de structures jusqu'alors inconnus. Certains sondages ont ainsi été choisis pour fournir des éclaircissements quant à leur nature.

En ce qui concerne les stratégies de fouille, nous avons généralement choisi des zones susceptibles de fournir un maximum de matériel datant. En d'autres termes, nous avons visé les zones de rejet et/ou d'accumulation de sédiment en aval des structures. Par ailleurs, dans un souci d'efficacité, nous avons cherché à éviter les stratigraphies trop complexes. Aussi, le sondage était-il implanté à l'extérieur de la structure, à l'aplomb ou à cheval sur un des murs, mais jamais à l'intérieur. Pour les habitats, nous savions à la lumière des investigations précédentes que les poubelles étaient en général localisées sur les côtés et derrière la structure, en conséquence du nettoyage de l'entrée de celle-ci. Cette observation, propre aux centres urbains, ne s'est pas toujours vérifiée pour les habitats que nous avons fouillés. Par ailleurs, la porte n'était pas toujours identifiable avant la fouille. Ainsi, la stratégie de base a été l'établissement d'un sondage de 2x2 m qui pouvait être étendu ou au contraire réduit en cours de fouille au regard de la densité des vestiges excavés.

Précisons que le cas des terrasses s'est avéré légèrement différent. Peu de matériel était attendu. Nous cherchions plutôt à comprendre la morphologie de l'aménagement au regard de la pente, voire des terrasses voisines. Les sondages ont alors pris la forme de tranchées de 1 m de large pour au minimum 3 m de long (Figure 69). En rétrospective, nous pouvons d'ores et déjà noter pour la recherche future que 3 m est une longueur de sondage peu probante pour interpréter avec pertinence les dynamiques d'accumulation de matériaux érodés en amont du mur.

La fouille en elle-même a été conduite dans la majorité des cas par strates naturelles, rectifiées lors de la réalisation du profil. Certains cas ont toutefois été fouillés par strates arbitraires de 5 cm. De nombreux contextes nous ont conduits à rencontrer le matériau parental sous-jacent au sol fouillé (horizon C), qui marquait l'arrêt du sondage. Toutefois, dans certains contextes, l'excavation a été stoppée par choix, soit à cause de l'apparente stérilité du sondage, soit par manque de temps. Une fois terminée, la fouille était remblayée conformément à la législation mexicaine.



Figure 69 - Tranchée de sondage sur une terrasse d'habitat, Mich. 319.

5.2.4.2. Procédures d'enregistrement

L'enregistrement a obéi au système établi dans le cadre du projet Uacúsecha. Chaque espace de travail s'est vu attribuer un numéro d'UT¹²⁸ suivant le décompte général du projet. Dans le cas des fouilles, celui-ci correspondait généralement à une unique structure ou à un groupe de structures proches. La structure fouillée était identifiée par le code alphanumérique attribué lors de la prospection (voir. 5.2.2.3). Outre sa photographie sous différents angles, la structure en elle-même a systématiquement fait l'objet d'un dessin à l'échelle. La majorité des contextes a de fait bénéficié d'un dessin en plan et d'au minimum un profil. Le pierre à pierre n'a pas été systématique, notamment pour les contextes où son intérêt était limité. Nous lui avons alors préféré un croquis moins coûteux en temps, qui reprenait précisément les emprises au sol des murs de structures.

À l'échelle du sondage, chaque strate s'est vu attribuer un numéro d'US. Plans et profils ont été réalisés. Au regard des contextes et de nos choix méthodologiques, peu d'éléments ont mobilisé un positionnement précis au sein du carroyage. Le cas échéant, ils étaient reportés sur le dessin de fouille. Outre ces rares exceptions, les vestiges exhumés étaient collectés par US, en les séparant selon le matériau. Un tamisage systématique à 5 mm permettait l'enregistrement des éléments de petite taille. Ni tamisage plus fin ni flottation n'ont été entrepris.

¹²⁸ *Unidad de Trabajo* ou Unité de Travail

5.2.5. Travaux de laboratoire

5.2.5.1. Datation céramique

La céramique a constitué l'essentiel du matériel exhumé et le support quasiment exclusif de nos interprétations concernant la datation des espaces. Nous dénombrons au total 14406 fragments étudiés. Nous avons réalisé leur analyse sous la supervision partielle d'Elsa Jadot, céramologue du projet, de Grégory Pereira et de Dominique Michelet.

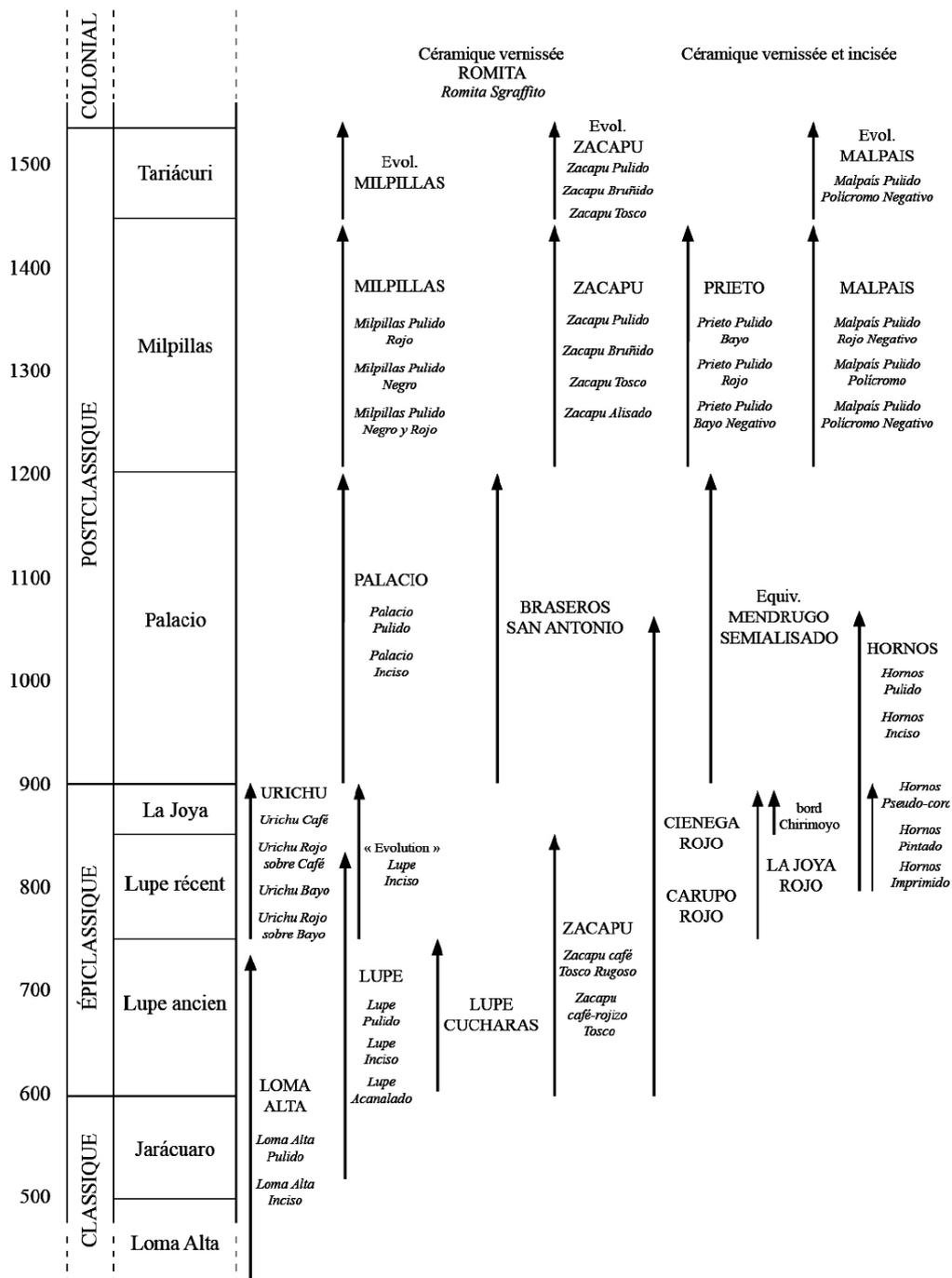


Figure 70 - Proposition de typochronologie céramique issue de Jadot 2016b, fig. 3 : 9

Nous avons suivi la procédure d'enregistrement mise en place par Jadot, sans toutefois entrer dans le détail de la constitution de groupes techniques. Sur la base de ses travaux (Jadot 2016a et b), ainsi que ceux antérieurs de Michelet (2013), Arnould *et al.* (1993), et des échantillons entreposés dans le *muestrario* du CEMCA à Mexico, nous avons réalisé un tri par type. Au sein de chaque US, nous avons séparé les tessons dans des sacs différents, en fonction du type ou du groupe céramique connu auquel nous avons été en mesure de les associer (Figure 70). La différenciation a été principalement réalisée grâce aux caractéristiques stylistiques des types connus. Toutefois, sont aussi entrées en ligne de compte certaines caractéristiques techniques, comme le degré d'oxydation/réduction de la pâte ou le dégraissant utilisé.

Au sein de chaque sac de tessons ainsi constitué par type, nous avons dénombré les fonds de récipient, les anses, les bords, les panses, les pieds et le NMI. Ces informations ont été compilées sur une fiche par sac de type, ainsi qu'au sein d'une table excel (Annexe 1).

5.2.5.2. Précisions des datations

Comme nous l'avons évoqué au chapitre 2, l'ancrage temporel de la typochronologie céramique repose sur un échantillon réduit de dates ^{14}C (Michelet 1992 ; Pereira *et al.* sous presse). Par conséquent, plusieurs limites sont notables :

- 1) En dehors de la phase Milpillas (1250-1450 apr. J.-C.), notablement mieux définie grâce à l'étude précise de Jadot (2016a), les fourchettes temporelles sont assez larges pour les époques plus anciennes (trois siècles pour l'Épiclassique comme pour le Postclassique ancien). Elles sont toutefois en voie de définition (Castañeda 2018)¹²⁹.
- 2) Certains des types les plus couramment rencontrés au cours de notre travail, particulièrement pérennes, constituent de fait de pauvres indicateurs chronologiques. Soulignons à cet égard les groupes CIÉNEGA et CARUPO qu'on retrouve de 600 à 1100 apr. J.-C.
- 3) La courte interphase La Joya (850-900 apr. J.-C.) n'est identifiable que grâce à un type de façonnage du bord des céramiques du type *La Joya Rojo*, le bord dit *Chirimoyo* (Michelet 2013). Or, comme tout archéologue le sait, les bords sont loin de constituer les tessons les plus fréquemment retrouvés. Aussi notre

¹²⁹ L'un des objectifs de la thèse en préparation d'Alejandra Castañeda est précisément la redéfinition des types céramiques du Classique.

identification de cette phase est floue. Plus généralement, comme nous l'avons évoqué (2.2.2), certains auteurs ne voient pas de différence claire entre la phase Lupe (600-850 apr. J.-C.) et l'interphase La Joya, et considèrent donc l'Épiclassique d'un seul tenant (Pereira 1999).

- 4) L'incertitude la plus préjudiciable pour notre étude concerne le Postclassique ancien (900-1250 apr. J.-C.). Comme on le voit sur la Figure 70, seuls trois groupes céramiques en sont clairement diagnostiques. Or, les types associés – notamment *Palacio pulido* et *Palacio inciso* –, ont très rarement été identifiés dans notre travail. Nous avons plus souvent été confronté à des types du groupe HORNOS, qui caractérise aussi le Postclassique ancien. Toutefois, il a été démontré que le groupe HORNOS apparaît en réalité dès le IX^e siècle (Jadot 2016a et b). Aussi son identification sur un site archéologique n'est-elle pas suffisante pour nous permettre de trancher, le cas échéant, entre une occupation de la fin de l'Épiclassique ou du début du Postclassique moyen.
- 5) Enfin, les individus diagnostiques du Postclassique récent ou phase Tariácuri (1450-1550 apr. J.-C.) ne sont encore que très faiblement représentés dans la région de Zacapu. La phase est donc seulement en voie de définition.

5.2.5.3. Reste du matériel

Nous n'avons pas eu le temps ni les moyens de traiter convenablement le reste des éléments exhumés ou collectés en surface. Ces vestiges ne constituent cependant qu'une part assez limitée en comparaison de la céramique.

- *Matières lithiques*

Les matières lithiques ont constitué les éléments les plus fréquemment retrouvés après la céramique.

- *Obsidienne*. L'obsidienne collectée au cours de nos prospections et fouilles a pu être en partie analysée par Véronique Darras. Les résultats de cette étude – non publiés – s'inscrivent dans la continuité du travail de cette auteur sur ce verre volcanique (voir Darras 1991, 1999). Les différents types de débitage et caractéristiques macroscopiques des spécimens collectés ont notamment permis de proposer des interprétations d'ordre chronologique. La présence de débitage de lames prismatiques en obsidienne locale est de fait un indicateur du Postclassique moyen (Darras 1999).

- *Andésite et dacite*. Malgré le développement récent de travaux sur l'utilisation préhispanique de l'andésite et de la dacite (Darras *et al.* 2017 ; Quezada 2016 ; Quezada et Darras 2018), il ne nous a pas été possible de mettre en place d'analyse précise des individus retrouvés. Nous n'avons donc pas pu prendre en considération ces informations à leur juste valeur.

- *Matières osseuses*

Les matières osseuses se sont révélées extrêmement rares dans les excavations que nous avons entreprises. Aucune argumentation n'a ainsi pu être construite à l'aune des trop rares spécimens exhumés.

- *Matières végétales*

Un constat similaire s'applique aux matières végétales découvertes, lesquelles se limitent à quelques charbons dont l'origine anthropique a rarement pu être vérifiée. À cet égard, soulignons ici une autre lacune de notre travail, qui, s'il s'intéresse à l'agriculture, ne pourra aucunement fournir de discussion argumentée au regard des espèces cultivées.

5.3. ÉTUDE DES SOLS

L'étude des sols que nous avons mise en place au sein de notre fenêtre avait pour objectifs principaux :

- 1) de réévaluer le potentiel agronomique du Malpaís de Zacapu et de ses environs ; et par extension,
- 2) d'en tirer des conclusions quant aux stratégies préhispaniques d'utilisation des sols, en mettant en regard données pédologiques et archéologiques.

Pour mener à bien ces objectifs, nous avons entrepris une cartographie des sols sur la base d'une étude géomorphologique de notre fenêtre. Ce type d'approche cartographique résulte de la théorisation de la coévolution entre morphogénèse et pédogenèse (Jenny 1941 ; Tricart 1965 ; Schaetzl et Anderson 2005 ; entre autres, cf. Chapitre 1). De nombreuses applications pratiques ont été réalisées sous des dénominations différentes, mais conceptuellement voisines, telles que l'approche *morpho-pédologique* (Kilian 1972 ; Bertrand 1972) ou l'approche *géopédologique* (Zinck 1988, 2012).

Nous avons entrepris cette cartographie à différentes échelles, comme nous allons le détailler quelque peu dans la présente partie, puis surtout dans le chapitre 6. Cette approche géopédologique a nécessité un travail de photo-interprétation (5.3.1) en amont d'opérations sur le terrain (5.3.2) et en laboratoire (5.3.3), qui a débouché sur la constitution de plusieurs cartes (5.3.5). Par ailleurs, nous nous sommes attaché à mettre à profit les données nouvellement acquises du LiDAR pour tenter d'accroître la résolution de l'investigation (5.3.1.2).

5.3.1. Photo-interprétation géomorphologique

La première phase de notre étude a été l'identification des géoformes constitutives de notre fenêtre. À ce titre, nous bénéficions de plusieurs sources d'informations mentionnées au chapitre 3, même si chacune présentait un certain nombre de problèmes. Il s'agit de :

- 1) la carte pédologique de la DETENAL établie en 1979, qui omettait de fait plus de 30 ans de données environnementales.
- 2) la carte géomorphologique établie par Jean Tricart (1992), dont les lacunes sont discutées au chapitre 3.

- 3) la carte géologique réalisée par Reyes Gúzman *et al.* (2018), importante dans la mesure où les géoformes de la zone se confondent quasiment avec les édifices volcaniques, mais par essence orientée vers des problématiques différentes de celles que nous souhaitons aborder.

Pour toutes ces raisons, en parallèle de la consultation de ces sources, nous avons repris les données originelles à disposition.

5.3.1.1. Photo-interprétation satellite

Ordinairement, la photo-interprétation se pratique à l'aide d'un appareil de stéréoscopie, qui donne l'illusion de la 3D à partir de deux orthophotographies aériennes se recoupant à environ 70%. Hormis une unique photographie aérienne inutilisable en l'état, nous ne disposons d'aucun de ces deux éléments.

Pour pallier à ces manques, nous nous sommes donc attaché à délimiter les géoformes sur la base de l'interprétation des photographies satellites, *via* le logiciel Google Earth (figure 71). Nos principaux guides étaient la végétation – et plus généralement l'utilisation actuelle des sols – et la topographie 3D qu'offre le logiciel. Nous avons procédé à une numérisation directe des éléments dans l'interface Google Earth sous la forme de trajets, réunis dans un même dossier. Le logiciel nous a permis d'exporter ce dossier sous la forme d'un unique fichier .kml, qui a pu par la suite être importé sous Qgis et être transformé en .shp pour plus de maniabilité.



Figure 71 - Exemple de délimitation préliminaire des géoformes sur Google Earth

Dès cette étape, nous avons tenté d'approcher à la plus fine résolution possible en subdivisant autant que faire se pouvait les géoformes selon les formes du terrain qui les composent. Dans cette perspective, nous avons optimisé la lecture des images satellites, tant à travers la consultation des enregistrements de différentes périodes sur Google Earth, que par l'utilisation d'images satellites géoréférencées après traitement *via* le plug-in DStretch du logiciel imageJ (Hartman 2011, voir *supra* 5.2.1.1).

5.3.1.2. Interprétation des traitements LiDAR

À partir de la fin 2015, nous avons aussi mis à profit les données LiDAR pour préciser la répartition des formes du terrain dans chaque géoforme de notre fenêtre d'étude. Nous avons fait intervenir les traitements du MNE présenté ci-devant (5.2.1.2) pour faire ressortir différentes caractéristiques du terrain.

Bien que conscient de la possibilité d'automatiser la reconnaissance de certaines formes du terrain (Guisan *et al.* 1999 ; Weiss 2001 ; Olaya et Conrad 2009), nous avons choisi de délimiter les entités manuellement sous forme de shapefiles de polygone. Les automatisations testées offraient des propositions relativement proches de la réalité, mais la machine était incapable de conceptualiser d'elle-même la complexité du paysage réel. L'ordinateur identifie assez facilement les caractéristiques morphographiques (forme en plan) et morphométriques (taille) des géoformes, mais il est difficile de faire entrer dans l'équation les caractéristiques morphogénétiques (origine) et morphochronologiques (degré d'altération de la forme originelle) ; pourtant fondamentales à l'établissement de la cartographie géomorphologique (Tricart 1965, 1977 ; Zinck 1988, 2012). Nous avons utilisé nos notes et observations de terrain (5.3.2).

Parmi les traitements qui nous ont semblés les plus pertinents, soulignons :

1) *la classification colorimétrique des pentes selon les modèles de versants* (voir *supra* 5.2.1.2 0 : 218 et Figure 72). La topographie constituant le facteur principal dans l'élaboration des modèles de versant (Ruhe 1975 ; Dalrymple *et al.* 1968), les variations dans l'intensité de la pente constituent de bons indicateurs pour délimiter l'emprise des formes du terrain.

2) *la courbure plane et la courbure de profil* (Figure 74). Après la pente, la courbure est un élément important dans la caractérisation des formes du terrain. Concave, elle induit la concentration des flux de matières. Convexe, elle force au contraire leur dispersion. S'il est possible de modéliser la courbure générale, nous avons préféré la diviser en deux traitements,

la courbure plane et la courbure de profil. Par ailleurs, au regard de la haute résolution des données, les courbures se sont avérées plus pertinentes à l'échelle des formes du terrain après un ré-échantillonnage du MNE LiDAR à 5 m¹³⁰.

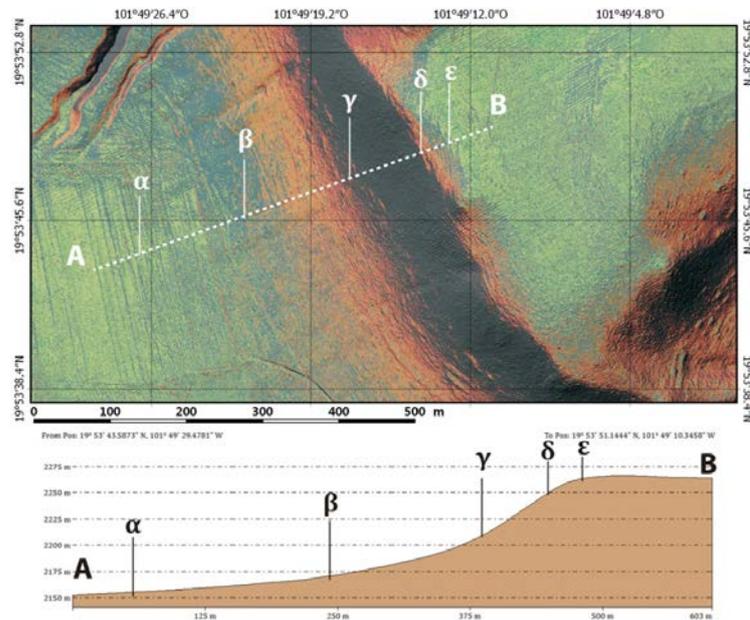


Figure 72 - Exemple de délimitation des géoformes sur la base de la classification colorimétrique des pentes.

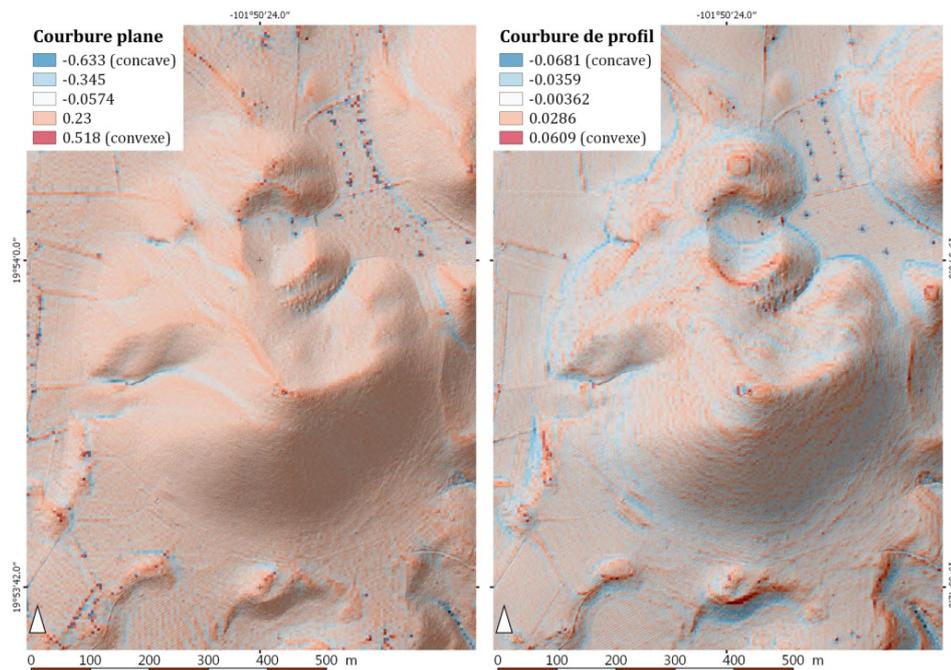


Figure 73 - Courbures sur le cône d'El Coyotillo, avec ombrage simple sous-jacent.

3) la modélisation du comportement de l'eau de surface. Le logiciel SAGAGIS est très puissant pour les modélisations hydrographiques (Olaya 2004). Elles permettent de mettre en

¹³⁰ Il s'agit ici d'un ré-échantillonnage de l'information altimétrique du LiDAR pour réduire la résolution. Ainsi, d'un MNE comprenant des pixels de 50 cm de côté en moyenne, on passe à un modèle avec des pixels de 5 m de côté.

exergue le comportement de l'eau à la surface du MNE. L'algorithme se base sur la pente et compare les pixels de proche en proche pour modéliser les flux. Ces traitements sont de bons indicateurs des flux et stocks potentiels de matières au sein des géoformes. Néanmoins, ils ne prennent pas en compte la question fondamentale de l'infiltration et doivent donc être utilisés avec précaution.

Nous avons ainsi mis à profit ces possibilités en modélisant notamment dans SAGA (Olaya 2004 ; Boehner *et al.* 2002) :

- le tracé des cours d'eau temporaire en surface (*Flow Tracing*)
- les zones de captation (*Flow Accumulation*) ;
- les bassins de drainage (*Drainage Basin*) ;
- l'humidité topographique (*SAGA Wetness Index* et *Topographic Wetness Index*) (Figure 74), qui considère l'humidité potentielle d'une zone en fonction du relief (ne considère pas la nature du substrat) ;

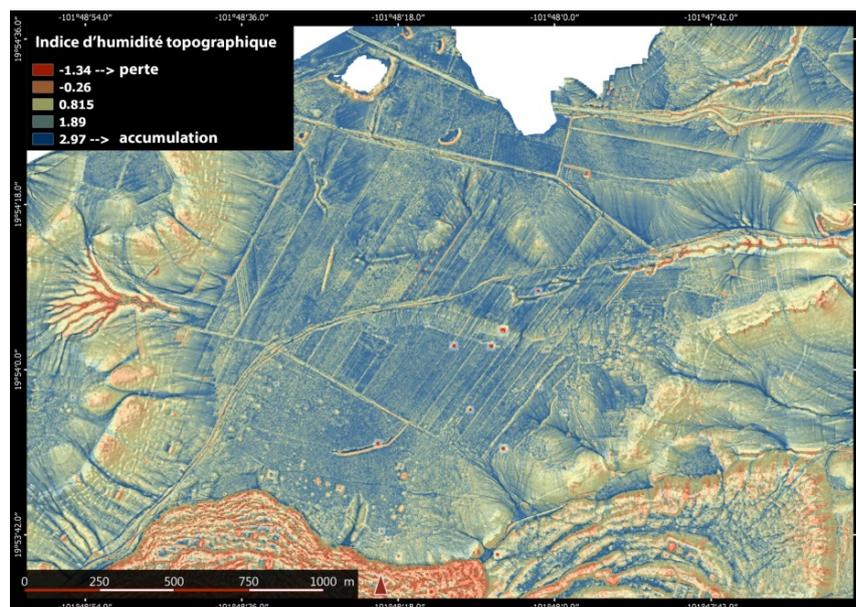


Figure 74 - Indice d'humidité topographique sur le plateau du Copalillo.

4) la modélisation 3D (Figure 75). Finalement, la visualisation 3D du LiDAR constitue un outil extrêmement parlant pour appréhender une géoforme dans son entièreté – ou une forme du terrain particulière – sous tous les angles. Elle est particulièrement pertinente pour comprendre les transitions entre les géoformes.



Figure 75 - Modélisation 3D de la coulée volcanique du Caracol.
On notera la lisibilité des rides de pressions de la coulée, ainsi que les aménagements préhispaniques de rampes et terrassements au premier plan.

5.3.2. Travaux de terrain

La cartographie préliminaire réalisée à partir des données Google Earth a été vérifiée et corrigée par des travaux de terrain. Ceux-ci ont ensuite pu être confrontés aux données LIDAR. Ces travaux de terrain ont d'abord consisté en des observations et descriptions des géoformes notées au fil des prospections archéologiques. À l'exception de l'extrémité sud-ouest de la fenêtre (coulées d'El Infiernillo et de Las Minas ; soit environ 10% de la superficie totale), l'ensemble de la zone a été parcouru à pied, généralement à plusieurs reprises. Toutefois, notre couverture pédestre de la frange nord-est bien meilleure que dans la frange sud – notamment au sud-est –, qui n'a été que visitée et non réellement étudiée. Toutes ces observations ont été complétées par une étude pédologique à deux échelles.

5.3.2.1. Observations à la tarière et sondages à l'échelle microrégionale

Dans la frange nord de notre fenêtre d'étude, nous avons pu réaliser des observations à la tarière pour juger de la répartition des types de sols. Cette opération a été conduite en avril 2015. Nous avons utilisé une tarière de type *Pürckhauer* (Figure 76), qui offre l'avantage de pouvoir observer jusqu'à 1 m de profil de sol à l'endroit du prélèvement. Pour chacun des quelque 100 sondages ainsi réalisés, il nous a été possible d'évaluer la profondeur de chaque horizon, sa texture, et sa couleur à l'état humide grâce à une charte des couleurs Munsell, ainsi que certains traits pédologiques macroscopiques (ex. oxydoréduction dans les horizons gleyiques). L'interprétation des profils sur cette base reste cependant hypothétique.



Figure 76 - Utilisation de la Prückhauer.

L'image de droite montre – de droite à gauche – la transition entre l'horizon Ah, sombre, car riche en M.O., et l'horizon Bw, caractérisé par une teinte rougeâtre liée à l'oxydation du fer.

Par ailleurs, nous avons systématiquement réalisé une description des horizons selon des normes pédologiques dans les profils des sondages archéologiques, et nous avons excavé des fosses spécialement dédiées à la caractérisation des sols. La majorité de ces dernières ont délibérément été concentrées au pied du site de Mich. 31 (voir 5.3.2.2). Trois fosses ont été creusées en dehors de cette zone, au cœur des coulées volcaniques pléistocènes de la Mesa del Bolsón et du Caracol, et sur la rive de l'ancien lac. Enfin, nous avons aussi mis à profit – avec la plus grande précaution – les données de « seconde main », que constituent les descriptions des sondages archéologiques réalisés par d'autres membres du projet Uacúsecha. Sondages archéologiques et pédologiques combinés nous ont ainsi permis d'obtenir des observations précises des sols dans une grande partie de la fenêtre de 81 km² (voir *infra* Tableau 13 : 250).

5.3.2.2. À l'échelle locale, étude d'une catena au nord du Malpaís

On appelle communément « catena » la succession naturelle des types de sols le long d'un profil arbitraire dans le paysage. Afin d'étudier une telle chaîne et dans la mesure où le temps nous manquait pour réaliser des sondages pédologiques dans chacune des géoformes délimitées, nous avons défini une zone d'étude prioritaire au pied du centre urbain de Mich. 31 (Figure 48 et Figure 77), où a été entreprise une série de profils pédologiques ouest-est, depuis le bas versant du Cerrito Pelón jusqu'à la plaine lacustre.

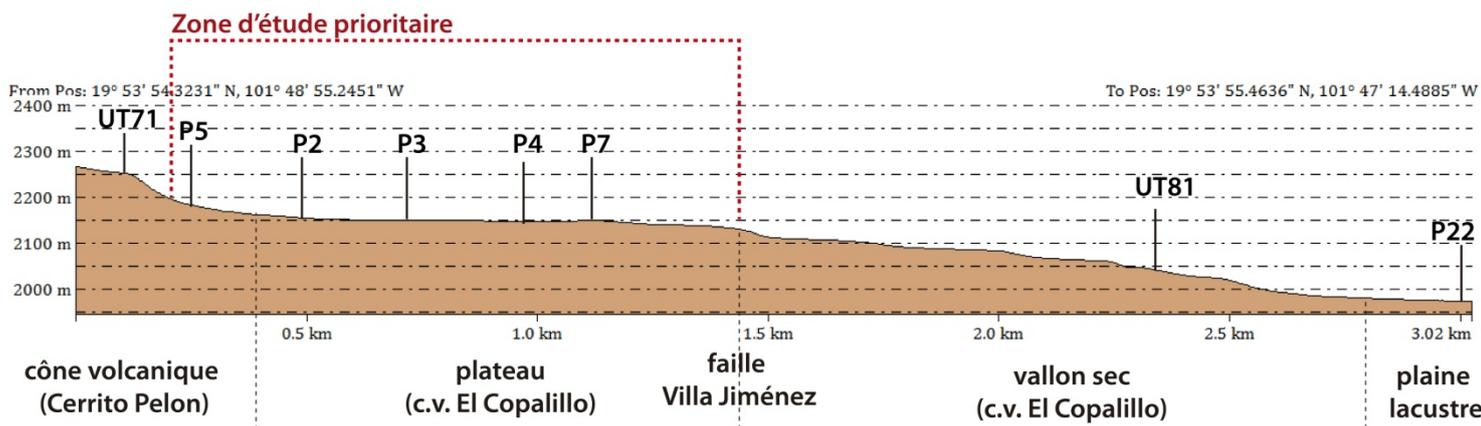


Figure 77 - Profil de la catena étudiée.

Notre choix s'est porté sur le pied de Mich. 31, car nous y avons identifié des terrasses agricoles préhispaniques dès 2012 et nous savions, de fait, que les sols avaient été cultivés. Par ailleurs, du point de vue de la propriété foncière actuelle, il s'agit d'un espace municipal qui appartient à la ville de Zacapu¹³¹, laquelle se trouve à plus de 30 min de trajet en voiture au sud. Aussi, de par son éloignement relatif, la zone sert de pâturage aux élevages environnants, mais demeure non-cultivée depuis au minimum les années 1970¹³². Enfin, au regard de la conservation de certaines structures archéologiques¹³³ (7.1.2), il était probable que la zone ait été relativement épargnée par les labours depuis le XVI^e siècle. Autant de raisons qui nous laissaient supposer que les sols avaient été moins altérés qu'ailleurs.

Ainsi au printemps 2015, nous avons commencé par réaliser des observations à la tarière *Prückhauer* dans la zone. Par la suite, sept profils de sols ont été étudiés, échantillonnés et analysés (Tableau 13). Les deux premiers ont été excavés sous la supervision de Christina Siebe (UNAM)¹³⁴. À ces sept profils, nous avons ajouté les données de sept autres, réalisés antérieurement, au cours des fouilles archéologiques de novembre 2013 et 2014¹³⁵. Ils ont eux aussi été échantillonnés et analysés.

¹³¹ *sistema de consulta de información geoestadística agropecuaria* (SCIGA), consulté en ligne le 21/11/2017 <<http://gaia.inegi.org.mx/sciga/viewer.html>>

¹³² L'absence de culture est attestée par une photographie aérienne de 1974 et par les informateurs locaux. Nous verrons plus tard qu'elle s'explique aussi par les types de sols qui s'y trouvent et par la présence des structures archéologiques. Précisons finalement que la zone a récemment été semée de pins (2015), dans une perspective de réimplantation des espèces originelles.

¹³³ Dans le cas présent, les structures, bien qu'abimées, n'ont pas été détruites et leurs pierres de constructions mises de côté ; une démarche que l'on a pu observer ailleurs dans la région dans des zones cultivées.

¹³⁴ *Investigadora titular C.T.C.*, équivalent chargé de recherche HDR, au département de pédologie de l'institut de géologie de la UNAM.

¹³⁵ La finesse de description de ces profils a été moindre dans la mesure où ils ont été réalisés avant l'expertise de Christina Siebe.

5.3.2.3. Creusement des sondages et description des profils

| Profil | Localisation | | Date de réalisation | Perspective de l'excavation |
|--------|---|------------------|---------------------|-----------------------------|
| | géomorphologique | archéologique | | |
| P1*° | Coulée Copalillo (= plateau au nord du Prieto) | Mich. 31N | Avril 2015 | pédologie |
| P2* | Coulée Copalillo | Mich. 31N | Avril 2015 | pédologie |
| P3*° | Coulée Copalillo | Mich. 31N | Avril 2015 | pédologie |
| P4* | Coulée Copalillo | Mich. 31N | Avril 2015 | pédologie |
| P5*° | Bas versant Cerrito Pelón | Mich. 319 | Avril 2015 | pédologie |
| P6* | Coulée Copalillo | Mich. 31N | Avril 2015 | pédologie |
| P7* | Coulée Copalillo | Mich. 417 | Avril 2015 | pédologie |
| P8* | Sommet Mesa del Bolsón | Mich. 318, UT66 | Novembre 2014 | archéologie |
| P9 | Sommet Mesa del Bolsón | Mich. 318, UT65 | Novembre 2014 | archéologie |
| P10 | Sommet Malpaísillo | Mich. 317, UT70 | Novembre 2014 | archéologie |
| P11 | Épaulement Cerrito Pelón | Mich. 319, UT71 | Novembre 2014 | archéologie |
| P12 | Coulée Copalillo | Mich. 417, UT74 | Novembre 2014 | archéologie |
| P13 | Coulée Copalillo | Mich. 417, UT75 | Novembre 2014 | archéologie |
| P14* | Coulée Copalillo | Mich. 31N, UT63 | Novembre 2013 | archéologie |
| P15* | Coulée Copalillo | Mich. 31N, UT63 | Novembre 2013 | archéologie |
| P16* | Coulée Copalillo | Mich. 31N, UT63 | Novembre 2013 | archéologie |
| P17* | Coulée Copalillo | Mich. 31N, UT63 | Novembre 2013 | archéologie |
| P18* | Coulée Copalillo | Mich. 31N, UT62 | Novembre 2013 | archéologie |
| P19* | Coulée Copalillo | Mich. 31N, UT61 | Novembre 2013 | archéologie |
| P20 | Sommet Mesa del Bolsón | Mich. 318, UT64 | Novembre 2013 | archéologie |
| P21* | Coulée Copalillo | Mich. 31N, UT60 | Novembre 2013 | archéologie |
| P22 | Rive ancien lac | Mich. 420, UT137 | Novembre 2015 | archéologie |
| P23 | Inter rides de pression El Caracol | Mich. 68 | Novembre 2015 | pédologie |
| P24 | Versant Mesa del Bolsón | Mich. 318, UT107 | Novembre 2015 | pédologie |
| P25 | Versant Coulée Copalillo | Mich. 417, UT123 | Novembre 2015 | archéologie |

Tableau 13 - Résumé des sondages à caractère pédologique entrepris.

*échantillons « vrac » et analyses

°échantillons pour densité apparente

Dès 2013, les profils pédologiques ont été décrits sur la base du manuel d'étude des sols de Girard *et al.* (2011a), à l'instar des prélèvements d'échantillon. À partir du printemps 2015, la description a été réalisée selon les normes du manuel de Siebe *et al.* (2006), qui fournit une grille d'interprétation plus détaillée. Le lecteur pourra se référer à cet ouvrage pour de plus amples détails, nous ne présentons ci-après les étapes de la description que de manière succincte. Le Tableau 13 offre un résumé des sondages pédologiques entrepris au cours de la thèse et de la perspective première de l'excavation.

De manière générale, les sondages, d'une emprise au sol d'environ 1-1,50 m², ont été établis un peu à l'écart des zones archéologiques. Cependant, nous avons porté une attention particulière aux vestiges potentiels lors de leur creusement. Ils ont ainsi été fouillés en US arbitraires de 10 cm de profondeur dans les horizons de surface, puis de 30 cm après constat de la stérilité des US dans les horizons profonds. L'ensemble de la terre exhumée a été tamisé à 5 mm par US. L'excavation a généralement été conduite jusqu'à l'horizon C ou R (altérite) ou, pour les sols profonds, jusqu'à une profondeur arbitraire, de l'ordre de 1,50 m.

Conformément aux normes utilisées (Siebe *et al.* 2006), des fiches de description des profils ont été complétées pour chaque sondages. Celles-ci se décomposent en trois parties :

- 1) Était d'abord rempli un encadré général renseignant sur le contexte environnemental de l'excavation (coordonnées UTM, altitude, position topographique, matériau parental, utilisation des sols, informations climatiques générales...), ainsi que les conditions spécifiques au jour de l'opération (date, nombre de jours sans pluie...).
- 2) Venait ensuite la description des horizons. Pour chacun, outre la mesure de la profondeur, nous estimions :
 - la classe texturale, renseignée selon les normes de la FAO (IUSS 2015) ;
 - la structure ;
 - la stabilité des agrégats ;
 - la pierrosité ;
 - la couleur, *via* l'utilisation d'une charte des couleurs Munsell ;
 - le pH, au travers d'une immersion de papier pH dans une solution 1 : 2,5 sol/eau déminéralisée ;
 - le taux de matière organique, à l'aide d'une table d'interprétation fondée sur la couleur Munsell humide, la classe texturale, et le pH, en considérant un mélange d'argiles dans la fraction fine (Siebe *et al.* 2006 : 41-43, modifié depuis Blume 1990) ;
 - la présence de carbonates, par l'observation de la réaction du sol au contact d'une solution d'acide chlorhydrique (HCl) (effervescence au non) ;
 - le potentiel matriciel (pF) ;
 - la porosité ;

- la densité apparente ;
- l'enracinement ;
- et les indices macroscopiques d'altération pédologiques (ex. taches d'oxydoréduction, concrétions, pellicules argileuses...).

Précisons ici que nous déplorons de ne pas avoir eu à disposition de fluorure de sodium (NaF) pour pouvoir juger de la présence d'allophanes (Fieldes et Perrott 1966). Ceux-ci sont en effet diagnostiques des propriétés andiques.

3) Finalement, nous réalisons une évaluation écologique du sol sur la base de ces informations. Nous estimions :

- la profondeur maximale de pénétrabilité des racines, jusqu'à un facteur limitant comme un horizon C consolidé ou des propriétés vertiques ;
- la porosité totale (VPT), la capacité d'aération (CA), la réserve utile en eau (RU), et la capacité au champ (CC), d'après une grille d'interprétation fondée sur la densité apparente (basse, moyenne, ou haute) et la classe texturale de l'horizon, ajustée dans les horizons de surface en fonction du taux de M.O. (d'après Krahmer *et al.* 1995, cité par Siebe *et al.* 2006 : 35-37) ;
- la capacité d'échange cationique (CEC), évaluée à partir de la classe texturale et prenant en considération la nature du matériau parental¹³⁶, et ajustée en fonction du pH et du taux de M.O. (d'après Blume 1990, modifié par Siebe *et al.* 2006 : 41-42) ;
- les bases échangeables (BE) (Ca, Mg, K, Na), en multipliant la valeur de la CEC par un facteur déterminé par la texture, le pH et le taux de M.O. (Siebe *et al.* 2006 : 42-43).

¹³⁶ Dans la mesure où la CEC est intimement liée à la nature des éléments qui assurent l'adsorption des cations (argiles, composés amorphes, complexe organominéraux...), la présence de complexe(s) adsorbant(s) spécifique(s) dans la fraction fine a été estimée en fonction des propriétés du sol. Par exemple, dans les sols où des propriétés vertiques affirmées ont été observées, lesquelles nécessitent la présence d'argiles gonflantes de type 2/1, nous avons estimé une dominance de celles-ci. Dans un raisonnement similaire, sur les sols présentant les caractéristiques macroscopiques des Andosols dans un contexte susceptible d'avoir été formé sur dépôts de cendre volcanique, nous avons mis en avant la présence potentielle d'allophanes pour estimer la CEC.

Cette évaluation préliminaire a ensuite été affinée pour certains sondages à travers l'analyse des échantillons (5.3.3).

5.3.2.4. Procédures d'échantillonnage.

Deux types d'échantillons ont été prélevés, des échantillons « en vrac » et des échantillons pour la mesure de la densité apparente (voir Tableau 13). En ce qui concerne le « vrac », nous avons prélevé entre 300 et 600 g de terre pour chaque horizon dans des sacs mini-grip. Des prélèvements de ce type ont été réalisés pour 15 sondages. En ce qui concerne la densité apparente, seuls trois sondages ont été échantillonnés. Nous avons utilisé un kit de prélèvement pour extraire des cylindres de 100 mL de terre des horizons dans lesquels l'opération était réalisable.

5.3.3. Chimie et physique des sols : analyses et approximations.

L'étude de la chimie et de la physique des sols avait pour objectif d'évaluer leur fertilité actuelle. La perspective était de discuter de la fertilité à l'époque préhispanique, au regard de l'évolution pédogénétique constatée. Des 25 sondages réalisés, seuls 15 ont été échantillonnés et les prélèvements analysés par le laboratoire du département de pédologie de la UNAM. Les analyses ont été supervisées par Kumiko Shimada Miyasaka (institut de géologie, UNAM) entre les mois de juin et août 2015. Pour le reste des profils décrits, les approximations de terrain des caractéristiques chimiques ont été utilisées (5.3.2.3).

5.3.3.1. Conditionnement des échantillons « vrac » et densité apparente.

Les prélèvements « en vrac » ont été conditionnés par nos soins au CEMCA de Mexico. Ils ont d'abord été pesés, avant d'être séchés à l'air libre pendant 15 jours. Nous avons ensuite procédé à une seconde pesée puis à un tamisage à 2 mm.

Pour le calcul de la densité apparente, les échantillons non tamisés ont été pesés une première fois, avant d'être séchés au four à 105°C, puis ont été pesés une seconde fois. La densité apparente (ρ_a) a ensuite été exprimée en $\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$ en fonction de l'équation suivante :

$$\rho_a = \frac{m_e}{V}$$

où ρ_a = densité apparente ;
 m_e = masse sèche de l'échantillon ;
 V = volume cylindre (100 mL, soit 100 cm^3)

5.3.3.2. Mesures et analyses.

Le Tableau 14 fait la synthèse des analyses réalisées en laboratoire et des méthodes qui ont été utilisées.

| Analyse | Méthode |
|------------------------------------|---|
| pH et conductivité électrique CE | Relation sol/solution 1 : 2,5 ; potentiomètre |
| Carbone total Ct et Azote total Nt | Analyse élémentaire, déterminateur élémentaire Perkin Elmer 2400 |
| Phosphore total Pt | Méthode de Bray ou Olsen (Van Reeuwijk 2002) |
| Phosphore fixé Pfix. | |
| Bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) | Extrait d'acétate d'ammonium et spectrométrie d'absorption atomique |
| Texture | Pipette |

Tableau 14 - Analyses pratiquées

5.3.4. Classification des sols avec la WRB

Comme nous l'avons évoqué au chapitre 3, pour classifier les sols décrits lors de notre étude, nous utilisons la Base de référence mondiale pour les ressources en sol 2014, dans sa version mise à jour en 2015 (IUSS 2015), mieux connue comme la WRB (World Reference Base for Soil Resources). Entrer dans le détail de son fonctionnement serait laborieux. Toutefois, dans une perspective de clarté de notre travail pour les lecteurs issus de différentes disciplines, précisons ici quelques points.

5.3.4.1. Le fonctionnement de la WRB : la base de la base.

La WRB est constituée de 32 groupes de sols de référence (RSG), qui correspondent à des grands types de sols, définis en fonction de caractéristiques générales partagées par tous les sols au sein d'un même RSG (voir chapitre 3, note 81). Par exemple, les Andosols sont des sols à faible densité apparente, très poreux, à texture assez grossière (pulvérulente à l'air libre), présentant des matériaux vitriques (verres volcaniques), ainsi qu'une forte propension à la rétention du phosphore.

Chaque RSG présente ainsi un ou plusieurs éléments dits « diagnostiques ». On parle d'horizons ou de propriétés diagnostiques ; lesquels sont observables sur le terrain, mais se doivent aussi d'être précisés par des analyses de laboratoire. Par exemple, un horizon mollique sera identifiable *in situ* par sa structuration relativement bonne, son épaisseur, et sa couleur sombre ; et sera vérifié en laboratoire par la mesure de sa teneur en bases

échangeables et en matière organique. Tous les critères diagnostiques d'un RSG particulier doivent ainsi être satisfaits au sein d'un sol décrit pour que celui-ci puisse être qualifié comme tel (ex. le sol décrit doit remplir tous les critères diagnostiques du RSG des Andosols pour être classifié comme un Andosol).

Par ailleurs, les RSG sont rangés dans un ordre précis au sein de la WRB. Ainsi, pour réaliser sa classification, un sol doit être confronté, dans l'ordre, à chacun des RSG¹³⁷. Une fois associé à un des groupes de référence, ses caractéristiques plus fines pourront être précisées grâce à des qualificatifs ; primaires, placés avant le nom du RSG, et secondaires, placés après, entre parenthèses. Par exemple, un sol qui présente des propriétés andiques sera inclus dans le groupe des Andosols, mais cela ne l'empêche pas de présenter aussi un horizon mollique et d'être formé en partie à partir de matériaux parentaux issus de colluvions. Afin de rendre compte de ces particularités au sein du RSG, ce sol sera qualifié de Mollic Andosol (Colluvic).

5.3.4.2. La question des sols anthropiques

Sans entrer dans plus de détails, nous souhaitons ici revenir sur le cas particulier des sols anthropiques, qui, en qualité d'archéologue, nous intéressent plus particulièrement. Il en existe deux types dans la WRB : les Anthrosols¹³⁸ et les Technosols. Les premiers ont été façonnés et/ou modifiés par les êtres humains, mais ne sont pas forcément constitués en majorité de matériaux fabriqués par l'Homme. *A contrario*, c'est ce le cas des Technosols. En d'autres termes, les Anthrosols sont façonnés par des ajouts de terre, de matière organique fraîche, des labours intenses, *etc.* Les Technosols sont quant à eux composés à plus de 20% par des matériaux fabriqués par les êtres humains (ex. poteries, pierres concassées, déchets non organiques, gravats de plâtre...), ou bien sont limités en profondeur par une géomembrane ou un matériau continu dit « technique » (fait par l'être humain) à moins de 5 cm de la surface. En d'autres termes encore, un jardin potager pourra être considéré comme un Anthrosol, quand un sol en carrelage sera classifié comme un Technosol.

¹³⁷ Par exemple, pour un sol λ , on commencera par le comparer au premier RSG, celui des Histosols. S'il ne présente pas de matériau dit « organique » (non complètement décomposé), il ne remplit pas les critères diagnostiques des Histosols et devra être confronté au second RSG, celui des Anthrosols. Si le sol λ ne présente pas non plus d'horizon diagnostique des Anthrosols, il devra être comparé au RSG suivant, le troisième, celui des Technosols ; et ainsi de suite jusqu'à rencontrer le RSG dans lequel il s'intègre.

¹³⁸ Soulignons que le terme Anthrosol utilisé dans la WRB n'est pas accepté de tous. Denis Baize et Bernard Jabiol (2008) lui préfèrent le terme d'Anthroposol, étymologiquement plus juste.

Au regard de ces définitions, les sols aménagés par les groupes préhispaniques à Zacapu pourront, dans certains cas, être considérés comme des Anthrosols ou des Technosols. La plupart de ces sols ont néanmoins repris une pédogenèse naturelle après l'abandon des sites archéologiques. Aussi certains Anthrosols ou Technosols anciens ne satisfont-ils plus aujourd'hui les critères diagnostiques de ces RSG, mais ceux d'autres RSG. De ce point de vue, la WRB ne permet pas forcément d'exprimer au mieux l'investissement humain ancien dans le façonnement d'un sol.

5.3.4.3. Le problème des Andosols

Nous tenons aussi à préciser ici un autre point : la question des Andosols. Comme nous l'avons présenté (3.4.2.1), ces sols se forment à partir des dépôts de cendre volcanique, dénommés matériaux téphriques dans la WRB et plus généralement en pédologie. Dans le contexte zacapense, dominé par un volcanisme récent, la potentialité de formation de ce type de sol est donc très importante. Pourtant, notre étude présente une sérieuse lacune en ce qui concerne leur identification, dans la mesure où nous n'avons pas pu réaliser l'ensemble des analyses nécessaires à leur caractérisation. En effet, comme pour tout RSG, leur identification repose sur des caractéristiques spécifiques. En l'occurrence, il s'agit de la présence de propriétés andiques ou vitriques. Au sein d'un horizon donné, les premières nécessitent (IUSS 2015 : 68-69) :

- 1) une densité apparente inférieure à $0,9 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$;
- 2) une somme $\text{Al}_{\text{ox}} + \frac{1}{2} \text{Fe}_{\text{ox}} \geq 2\%$ ¹³⁹ ;
- 3) une rétention des phosphates supérieure à 85%.

Les propriétés vitriques nécessitent quant à elles (IUSS 2015 : 77-78) :

- 1) plus de 5% (par comptage de grain) de verres volcaniques, d'agrégats vitreux, et d'autres minéraux primaires à revêtements vitreux, dans la fraction $\geq 0,02$ et ≤ 2 mm ;
- 2) une somme $\text{Al}_{\text{ox}} + \frac{1}{2} \text{Fe}_{\text{ox}} \geq 0,4\%$;
- 3) une rétention des phosphates supérieure à 25%.

¹³⁹ Il s'agit ici d'une méthode de dissolution des composés amorphes (ex. allophane) à l'oxalate d'ammonium, afin de libérer l'aluminium, le fer, et la silice, et de pouvoir ensuite en mesurer la concentration par spectrométrie d'absorption atomique (Blakemore *et al.* 1987, cité par Van Reeuwijk 2002).

Si nous avons pu mesurer la rétention des phosphates et calculer ou estimer la densité apparente, nous n'avons pas fait réaliser d'extraction de l'aluminium et du fer à l'oxalate d'ammonium. Par ailleurs, nous n'avons pas non plus mesuré la proportion de verres volcaniques dans les échantillons. Toutefois, en pratique, seuls deux profils décrits présentaient sur le terrain des caractéristiques macroscopiques qui nous permettaient de les identifier comme de potentiels Andosols (P5 et P8). Dans les deux cas, la rétention des phosphates s'est avérée trop basse pour satisfaire les critères de propriétés andiques¹⁴⁰. Le doute demeure cependant en ce qui concerne les propriétés vitriques.

Le problème se pose aussi pour les Andosols identifiés sur la carte de la DETENAL de 1979. En effet, celle-ci a été constituée à partir de la première classification universelle des sols élaborée par la FAO-UNESCO (1974), et dont la WRB est l'héritière. Au cours de plus de 30 années de recherches, la classification a évolué et, avec elle, les critères diagnostiques de certains RSG. Les Andosols font de fait partie des RSG qui ont vu leurs critères diagnostiques modifiés de façon notable. À cet égard, le taux de rétention des phosphates requis pour satisfaire les propriétés andiques est par exemple passé de 70% dans les années 1990 (Shoji *et al.* 1996), à 85% dans les années 2000 (Takahashi *et al.* 2004). Ainsi, un sol classifié comme Andosol dans les années 1970 ne satisfait plus forcément les critères diagnostiques d'un tel sol aujourd'hui. Il rentrera par exemple dans le RSG des Phaeozems, s'il a un horizon mollique, ou des Cambisols, s'il a un horizon cambique, tout en gardant des propriétés proches de celles des Andosols, mais non complètement exprimées (ex. rétention des phosphates élevée mais légèrement trop basse, pulvérulence à l'état déshydraté, porosité élevée...).

5.3.5. Cartographie géopédologique

5.3.5.1. Choix des niveaux de précision cartographiques

Sur la base de la méthodologie présentée dans les sous-parties précédentes, nous avons établi une cartographie géopédologique du nord-ouest du bassin de Zacapu (*cf.* chapitre 6). Comme nous l'avons vu, cette méthodologie a toutefois été déployée à des degrés de précision différents selon les espaces considérés. Aussi admettons-nous d'emblée une importante lacune dans notre approche : notre connaissance des hautes terres occidentales – plus amplement prospectées et sondées, moins fréquentées actuellement par les habitants des

¹⁴⁰ Un maximum de 65% de rétention des phosphates a été mesuré dans l'horizon A de P8, qui constitue par ailleurs le taux le plus élevé mesuré dans l'ensemble des 61 échantillons analysés.

villages voisins, et couvertes par la technologie LiDAR – est bien meilleure que celle que nous avons des basses terres – le paléolac et le piémont, intensément cultivés aujourd’hui.

Malgré ces lacunes, nous nous sommes efforcé de produire une cartographie homogène à petite échelle (fenêtre d’étude). À plus grande échelle, nos observations et travaux de terrain, couplés à l’utilisation des données LiDAR, nous ont permis de rentrer dans un niveau de détail rarement atteint. Par ailleurs, de par l’ampleur de l’information LiDAR et la variété des données à traiter ailleurs (archéologiques notamment), nous n’avons pas cherché à établir une cartographie de l’ensemble de notre fenêtre à la résolution maximale. Celle-ci – consultable sur SIG – aurait de plus été illisible à l’impression. Aussi avons-nous choisi d’établir plusieurs cartes, à différentes échelles :

- 1) une carte à l’échelle de la fenêtre pour représenter l’ensemble de la fenêtre, ne présentant que les géoformes principales (chapitre 6) ;
- 2) une carte du plateau du Copalillo centrée sur le nord du Malpaís, au sein de laquelle nous avons délimité les formes du terrain (chapitre 6).

5.3.5.2. Délimitation des géoformes et numérisation

De manière générale, au niveau conceptuel, nous avons repris la logique des échelles géopédologiques présentées au 5.1.2.2. pour construire les différentes cartes. Ainsi les paysages géomorphologiques ont été subdivisés en géoformes (reliefs ou modelés¹⁴¹), elles-mêmes découpées en formes du terrain. Celles-ci constituent les unités géomorphologiques élémentaires que nous avons utilisées.

Suivant la classification proposée par Zinck (2012 : 73), nous avons distingué les géoformes en fonction de leur origine :

- 1) structurales¹⁴² ;
- 2) d’érosion ;
- 3) de dépôts ;
- 4) de dissolution ;
- 5) résiduelles ;
- 6) mixtes.

¹⁴¹ Au sens de Viers (1974).

¹⁴² Majoritairement issues de la géodynamique interne (tectonique et volcanisme notamment).

À la suite de l'identification des géoformes à l'aide des données de terrain, satellites et LiDAR, nous avons procédé à leur numérisation sur le logiciel QGIS. Nous avons ainsi créé plusieurs fichiers distincts :

- 1) un shapefile de polygones compile toutes les géoformes à l'échelle de la fenêtre. Si nous avons fait le choix de représenter certaines subdivisions au sein des géoformes principales, nous avons généralement édulcoré les formes du terrain d'une surface inférieure à 1 ha à cette échelle.
- 2) un second shapefile de polygones compile les formes du terrain pour la cartographie du plateau du Copalillo. Il ne couvre pas l'intégralité de la zone dans la mesure où nous nous sommes limité à une sélection de géoformes représentatives de contextes géopédologiques « types ».
- 3) un troisième shapefile de polygones compile les formes du terrain au 1 : 1000°. Là encore il ne comprend que les zones sélectionnées.
- 4) Des shapefiles de lignes figurent les formes linéaires, telles que les failles, escarpements et ravines aux échelles pour lesquelles la précision de leur largeur n'est pas nécessaire.

Tous les fichiers présentent une structure de table attributaire similaire :

| Id / | Nom | Outil d'édition | Alias | Type générique | Type identifié | Longueur | Précision |
|-------|------------|------------------|-------|----------------|----------------|----------|-----------|
| abc 0 | NAME | Édition de texte | | QString | String | 80 | 0 |
| abc 1 | PA_GEOMORP | Liste de valeurs | | QString | String | 80 | 0 |
| abc 2 | REL_MOD | Liste de valeurs | | QString | String | 80 | 0 |
| abc 3 | LITHO_FAC | Liste de valeurs | | QString | String | 80 | 0 |
| abc 4 | SOL_DOM | Liste de valeurs | | QString | String | 80 | 0 |
| abc 5 | SOL_SEC | Liste de valeurs | | QString | String | 80 | 0 |
| 1.2 6 | AREA | Édition de texte | | double | Real | 20 | 3 |

Figure 78 - Exemple de table attributaire type pour la numérisation des géoformes avec :

NAME = nom de la géoforme ;
 PA_GEOMORP = paysage géomorphologique dans lequel elle s'inscrit ;
 REL_MOD = géoforme (relief ou modelé) ;
 LITHO_FAC = lithologie/faciès
 SOL_DOM = RSG dominant au sein de la géoforme
 SOL_SEC = RSG secondaire
 AREA = surface

Le composeur d'impression QGIS nous a ensuite permis de transférer les données au format .svg dans le logiciel Adobe Illustrator, sous lequel nous avons réalisé les finitions des cartes au format .ai et ajouté les légendes.

5.3.5.3. Construction des légendes

En ce qui concerne les légendes, chaque carte possède la sienne propre auquel le lecteur pourra se référer. Toutefois, elles répondent d'une réflexion harmonisée en amont pour leur construction. Ainsi, au sein de chaque polygone délimité, nous avons fait des choix de figurés en fonction de nos objectifs. De fait, pour mettre en avant les facteurs pédogénétiques, nous avons généralement privilégié des figurés qui donnaient des précisions sur la lithologie (ex. roche à nu, matériaux colluviques, alluvionnaires...). En d'autres termes, nous avons globalement mis l'accent sur des caractéristiques morphogénétiques et morphochronologiques. Nous nous sommes ensuite largement inspiré des travaux de Tricart (1977 entre autres) pour la représentation.

- *Cartographie à l'échelle de la fenêtre*

La cartographie à l'échelle de la fenêtre figure les principales géoformes au sein des trois paysages géomorphologiques identifiés. Chacun s'est vu attribuer une tonalité de couleur (Figure 79).

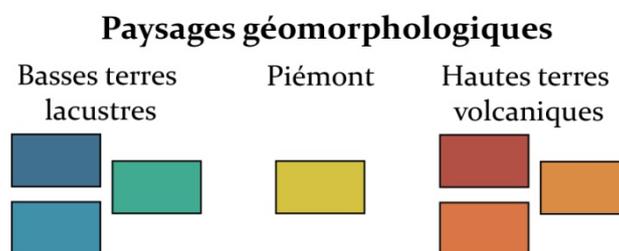


Figure 79 - Tonalités de couleurs utilisées pour les cartes.

La déclinaison en diverses nuances obéit à un besoin de figurer des caractéristiques essentiellement morphochronologiques des géoformes (ex. degré d'altération des coulées volcaniques en fonction de leur âge). Aux plages de couleurs, nous avons superposé des motifs pour rendre compte de la lithologie. Enfin, des éléments linéaires apportent des précisions sur les mouvements de matière (ex. direction des colluvions...).

- *Cartographie du plateau du Copalillo*

À plus grande échelle, nous avons maintenu les nuances de couleurs proposées sur la carte à l'échelle de la fenêtre de manière à garder une certaine harmonie dans l'ensemble des

représentations. Des nuances de couleurs plus fines ont été établies au sein des géoformes. Elles ont essentiellement permis de mettre en exergue les caractéristiques morphogénétiques dans les formes du terrain. Les plages de motifs ont généralement permis de souligner la lithologie dominante. Finalement, des éléments linéaires (ex. flèches, lignes...) ont été utilisés pour figurer les mouvements de matière.

Les deux méthodologies déployées en archéologie spatiale et en géopédologie nous ont permis de compléter la carte archéologique dans notre fenêtre d'étude, d'évaluer le potentiel agronomique des sols du Malpaís et de ses environs, et de mettre en regard les données humaines et environnementales. Ces éléments sont présentés dans les chapitres suivants (chapitres 6 et 7). Ils constituent le socle de notre réflexion (chapitres 8 et 9).

6. PAYSAGES GÉOPÉDOLOGIQUES AU NORD-OUEST DU BASSIN DE ZACAPU

Ce chapitre présente les résultats de notre étude géopédologique du Nord-Ouest du bassin de Zacapu accompagné d'une carte au 1 : 60000°. Comme nous l'avons vu au chapitre 3, cette zone peut être divisée en deux espaces : d'une part, la plaine lacustre et, d'autre part, les hautes terres occidentales, où se trouve le Malpaís. La distinction entre hautes et basses terres fait sens à de nombreux égards : en ce qui concerne le type de végétation, le climat, l'hydrographie, la géologie, ou encore, la géomorphologie et la pédologie (voir chapitre 3).

Au sein de la fenêtre étudiée de 81 km², on dénombre ainsi trois paysages géomorphologiques (Tableau 15). Les hautes terres volcaniques représentent la surface la plus importante (54,75 km² ; 6.3). Viennent ensuite la plaine lacustre (17,78 km² ; 6.1) et le piémont (8,55 km² ; 6.2), à l'interface entre les deux unités paysagères principales. Le drainage différentiel, l'âge des édifices, l'apport de matière au cours des éruptions et le système limnologique sont autant de facteurs qui ont contribué à la mise en place d'une grande diversité pédologique sur cette fenêtre d'étude assez réduite. Cette diversité avait été mise en exergue par la cartographie réalisée dans les années 1970 par la DETENAL (1979a). Rappelons ici les cinq types de sols de référence (Groupes de sols de référence) qui avaient alors été identifiés :

- Andosols (édifices jeunes), Leptosols (édifices subactuels) et Vertisols (édifices plus anciens) dans les hautes terres volcaniques ;
- Vertisols encore, Histosols (tourbes) et Phæozems (accumulation de matière organique sur colluvions) dans les basses terres.

Malgré ses limites (5.3.4.2 et 5.3.4.3), notre étude a permis de corriger et de préciser quelque peu la nature des sols de la zone – particulièrement dans les hautes terres –, et surtout de mieux délimiter leurs aires de répartition (Tableau 15). Nous avons notamment pu montrer que les Andosols et Vertisols identifiés anciennement ne satisfont généralement pas tous les critères pour être qualifiés en tant que tels. Précisons que cela est en partie dû à l'évolution

des critères diagnostiques des Groupes de sols de référence de la WRB entre les années 1970 et aujourd'hui.

Les hautes terres volcaniques présentent majoritairement des Phaeozems, des Vertisols, des Leptosols, des Cambisols et des Andosols. Des Stagnosols se sont développés dans les zones les moins bien drainées. Le piémont présente des Vertisols, des Phaeozems, et des Leptosols. La plaine lacustre se caractérise quant à elle par des Histosols, des Phaeozems et des Vertisols. Bien que la classification selon les critères de la WRB n'en rende pas forcément bien compte, le degré de modifications d'origine anthropique dans la pédogenèse des sols de notre fenêtre d'étude est important, et se caractérise par la présence d'Anthrosols et de Technosols.

| Paysage géomorphologique | Géoformes | Surface (ha) | Pourcentage de la surface totale |
|--------------------------|---|--------------|----------------------------------|
| Hautes terres | cônes, dômes et <i>maar</i> | 892,2 | 11,0 |
| | coulées volcaniques fortement altérées | 1383,8 | 17,1 |
| | coulées volcaniques moyennement altérées (<i>malpaises</i>) | 1099,1 | 13,6 |
| | coulées volcaniques faiblement altérées (<i>malpaises</i>) | 1483,9 | 18,3 |
| | zones d'accumulation (dépressions, colluvions) | 616,3 | 7,6 |
| Piémont | coulées volcaniques | 178,5 | 2,2 |
| | volcanisme recouvert par des sédiments lacustres | 598,5 | 7,4 |
| | zones d'accumulation | 78 | 1,0 |
| Plaine lacustre | sédimentation lacustre | 1008,3 | 12,4 |
| | zones de rives | 160,3 | 2,0 |
| | zones d'accumulation | 112,7 | 1,4 |
| | îles (volcanisme résiduel) | 497,3 | 6,1 |
| Total | | 8108,9 | 100 |

Tableau 15 - Surface représentée par chaque groupes de géoformes.

6.1.LA PLAINE LACUSTRE



Figure 80 - Vue de la plaine lacustre vers l'ouest depuis le bras méridional de la coulée d'El Llano.
au premier plan, les sols sombres drainés et cultivés ;
au second plan, le bras sud-ouest de la même coulée ;
en arrière-plan, les hautes terres, dont le *maar* de la Alberca avec son cratère incurvé.

La plaine lacustre s'étend sur environ 260 km², entre 1974-75 et 1980 m d'altitude. Notre fenêtre n'en couvre qu'une petite partie (17,78 km²) ; soit environ 7 % de sa surface totale. Notre travail ici s'est limité à des notes de terrain, des entretiens avec les agriculteurs, des observations à la tarière et la description d'un profil (P22) à l'interface avec le piémont. En conséquence, la description des géoformes et de leur pédologie repose en partie sur une réévaluation de la carte pédologique de la DETENAL (1979, décrite en 3.4.2.1).

La zone étudiée ici est localisée au nord-ouest du bassin et peut être découpée en deux espaces. La partie orientale se trouve au sud de l'exutoire (Vado de Aguilar) et du dernier coude du canal qui draine le rio Angulo. Là se trouve l'ancienne île d'El Llano. La seconde partie, à l'ouest, comprend un appendice du lac, au cœur duquel se trouve la source de Cuarún. Il est encerclé par la faille de Villa Jiménez et la coulée volcanique du Caracol. La presque-île de San Antonio Tariácuri constitue l'interface entre ces deux espaces et l'ensemble est borné au nord par la faille et le *maar* de la Alberca, qui se traduit par un dénivelé de plusieurs dizaines de mètres avec la plaine.

De façon générale, les géoformes de dépôt liées à l'activité limnologique ancienne sont majoritaires (1168,6 ha). Elles correspondent surtout à l'emprise du paléolac et à ses rives (6.1.1), qui constituent la plaine à proprement parler. Les anciennes îles et presque-îles sont quant à elles des géoformes structurales (bras de coulée) (497,3 ha). Elles s'inscrivent dans le domaine lacustre, mais leur morpho-pédogenèse est toute autre (6.1.2).

6.1.1. Le paléolac et ses rives

La plaine lacustre constitue une vaste étendue plane où les sols découlent de l'activité limnologique, vraisemblablement initiée il y a 5 à 2 Ma (Lozano-García & Xelhuantzi-López 1997 ; Siebe *et al.* 2014). Outre le comblement par colluvions et alluvions – propre à toute étendue d'eau continentale (Campy *et al.* 2013) –, le paléolac de Zacapu a la particularité d'avoir aussi reçu de nombreux apports de matériaux téphriques, au travers des dépôts de cendre volcanique des éruptions postérieures à sa formation. De manière générale, les sols sont caractérisés par la superficialité de la nappe phréatique et, en conséquence, par des conditions d'anoxie permanentes ou temporaires dans les horizons subsuperficiels.

En l'absence de datation précise des dépôts, nous avons fait abstraction des critères de définition morphochronologiques mis en avant par Tricart (1992), pour leur préférer des critères morphogénétiques. Aussi avons-nous séparé les dépôts en 1) lacustres profonds, 2) lacustres superficiels et 3) rives.

6.1.1.1. Dépôts lacustres profonds et superficiels

Nous qualifions de « lacustres » les zones qui étaient en eau de façon permanente avant le drainage du lac. Les dépôts dits « profonds » le sont encore aujourd'hui – Cuarún et Potrero Nuevo –, ou bien sont drainés artificiellement, mais fréquemment sujets à inondation – à l'est de la coulée d'El Llano et au sud de celle de San Antonio Tariácuri. Les dépôts dits « superficiels » sont aujourd'hui hors d'eau et ne sont inondés que de façon exceptionnelle.

Selon la carte de la DETENAL (3.4.2.1), trois types de sols se sont formés dans cette partie de la plaine :

- La zone de Cuarún est dominée par des Vertisols pellics.
- Entre Los Espinos et le Nord de la coulée d'El Llano, ces mêmes sols côtoient des Histosols eutriques.
- Au sud d'El Llano, s'étend une langue des Phaeozems gleyiques.
- Enfin, au sud-est, les trois types combinés au centre de la ciénega (seule une petite partie est représentée dans notre fenêtre), sont dominés par les Histosols eutriques.

Nos propres travaux ont permis de nuancer et préciser ces informations.

▪ *Observations de terrain*

Aucun profil n'a été décrit au sein des dépôts lacustres ; seules des observations à la tarière ont été réalisées. Dans la zone de Cuarún – synthétisées dans la Figure 81 –, elles indiquent que les sols ne satisfont pas les critères des Vertisols. Leur classe texturale est en effet sensiblement trop grossière (SiCL), mais surtout, la nappe superficielle induit des conditions humides tout au long de l'année, qui ne permettent pas le gonflement-retrait des argiles. La couleur brun sombre reflète probablement une teneur en matière organique modérée à élevée¹⁴³, et la teinte grisâtre de certains niveaux indique la réduction du fer (Fe^{2+}) en conditions d'anoxie, malgré le drainage du paléolac. Ces deux propositions sont confortées par la présence d'horizons histiques plus ou moins marqués, situés à faible profondeur. Par ailleurs, l'absence d'indices d'oxydation est aussi révélatrice de la permanence des conditions humides. La profondeur de sol dépasse 1 m et tous les horizons réagissent à l'HCl, reflétant la présence de carbonates à mettre en relation pour partie avec la sédimentation lacustre.

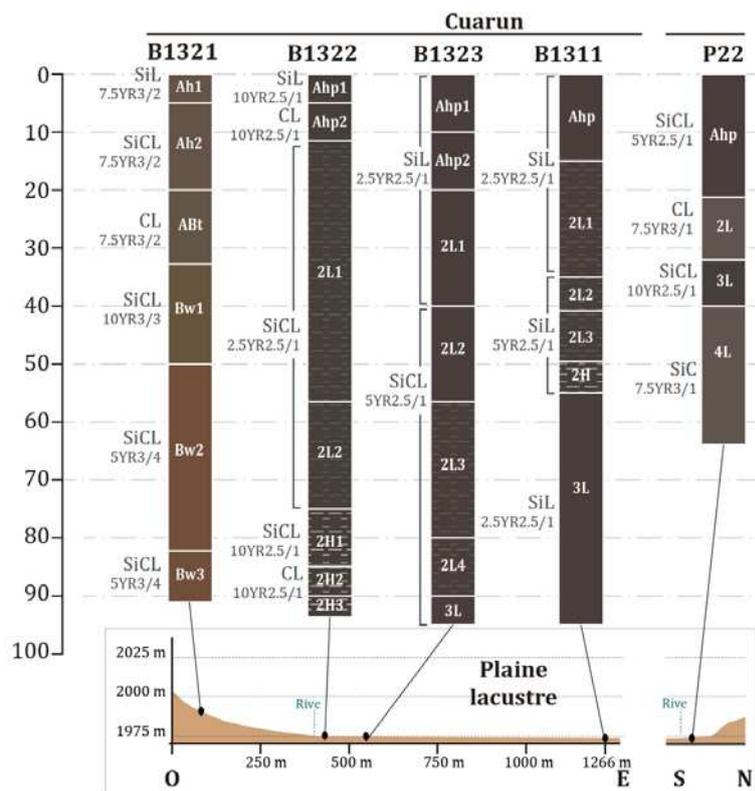


Figure 81 - Synthèse des observations à la tarière réalisées dans la zone de Cuarún

Au regard des caractéristiques macroscopiques constatées, nous proposons de classer les sols de Cuarún dans le Groupes de sols de référence des Histosols. Les horizons histiques semblent cependant être pour certains en voie d'humification.

¹⁴³ Estimée à 6% ou plus dans le profil 22 réalisé sur la rive (6.1.1.2).

Nous avons aussi réalisé des observations à la tarière dans les dépôts lacustres superficiels au nord de la coulée d'El Llano (Figure 82). De la même manière que pour la zone de Cuarún, les sols examinés sont de classes texturales légèrement trop grossières pour être qualifiés de Vertisols. Toutefois, les prélèvements ayant été faits à proximité de l'ancienne rive, il est probable que les sols de cette zone présentent un meilleur drainage interne – la nappe n'a pas été atteinte lors des carottages et aucun horizon histique n'a été détecté. Nous avons néanmoins noté des indices d'oxydation en profondeur dans un des prélèvements (B1520) et des niveaux grisâtres qui trahissent des conditions réductrices. Le taux de matière organique semble assez élevé au regard de la teinte dominante brun sombre. Le test à l'HCl a révélé la présence de carbonates dans les carottages B1519 et B1520, voire un possible horizon calcaïque dans ce dernier. Au regard du matériau parental andésitique, ces sols satisfont peut-être les critères de Phæozems. Toutefois, des analyses seraient nécessaires pour assurer la présence d'un horizon mollique.

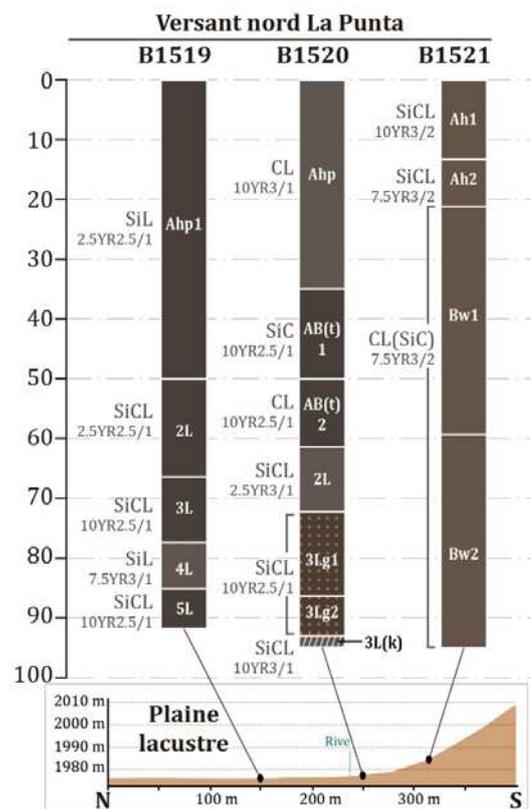


Figure 82 - Synthèse des observations à la tarière réalisées en bordure de la coulée d'El Llano

- *Morpho-pédogenèse et sols dominants*

Les matériaux parentaux des sols lacustres de Zacapu sont d'origine volcanique, pour la plupart andésitiques (basiques). Ce sont d'abord les éléments fins mis en suspension, déplacés, puis déposés au cours des mouvements du paléolac, mais aussi les matériaux plus

grossiers apportés lors d'épisodes morphogènes marqués. Parmi ces évènements morphogènes, on notera particulièrement les dépôts de cendres volcaniques et les phases d'érosion accrue, lors des fortes pluies estivales ou – probablement – à la suite de la mise en culture/déforestation et/ou l'abandon des versants cultivés à l'époque préhispanique¹⁴⁴. À ce titre, le vallon de la Centeña, le *maar* de la Alberca, et la faille de Villa Jiménez sont particulièrement actifs. De nombreuses zones de colluvions et d'alluvions qui alimentent le bassin en sont issues. La pédogenèse a toutefois pris une autre trajectoire depuis un peu plus d'un siècle avec le drainage et la mise en culture du paléolac.

De manière générale, les sols lacustres sont de couleur brun sombre, indice de taux de matière organique vraisemblablement élevés jusqu'à une profondeur importante. Ils présentent une nuance grisâtre, liée à des conditions principalement réductrices. Toutefois, des tâches orangées en profondeur témoignent de processus d'oxydation dans certains profils (horizon gleyiques ; ex : B1520). La fréquente superficialité de la nappe phréatique, souvent située à moins de 1 m de la surface, induit une anoxie temporaire ou permanente selon les cas. Celle-ci réduit par ailleurs la vitesse de décomposition des matières organiques accumulées au cours du fonctionnement du lac et après son drainage ; lesquelles ont concouru à la formation d'horizons histiques (tourbes). En conséquence, des **HISTOSOLS** se sont développés – et maintenus après le drainage – dans les zones les moins bien drainées, telles que la source de Cuarún, le Potrero Nuevo, ou au nord de la coulée d'El Llano.

Les dépôts lacustres observés présentent en moyenne des classes texturales de loam argileux à loam limoneux. Aussi, en dehors des sols présentant des horizons histiques inscrits au sein de cette matrice, de telles classes texturales, ainsi que les conditions humides permanentes fréquemment notées, nous invitent à nuancer la prédominance des **VERTISOLS**¹⁴⁵ indiquée sur la carte de la DETENAL dans toute la frange nord de notre fenêtre. Par exemple, il n'y en a aucun autour de la source de Cuarún. En l'absence d'analyse chimique, nous ne pouvons que supposer qu'il puisse s'agir de **PHÆOZEMS**, comme le suggère leur matériau parental basique partiellement colluvionnaire, et la couleur foncée des horizons de surface (haut taux de matière organique potentiel).

¹⁴⁴ De tels évènements restent hypothétiques dans la mesure où ils ne sont, à ce jour, corroborés par aucun enregistrement sédimentaire à Zacapu. Par ailleurs, la question n'est pas tranchée quant à savoir si la mise en culture/déforestation a été historiquement plus morphogène que l'abandon des cultures au Postclassique, ou l'inverse (voir entre autres O'Hara *et al.* 1993 et Fisher *et al.* 2003 pour le cas de la région de Pátzcuaro). Nous discutons de cette question plus avant (8.3.4).

¹⁴⁵ Lesquels nécessitent par ailleurs une teneur en argiles supérieure à 30%, et donc une classe texturale d'argile limoneuse ou plus fine, dans l'ensemble du profil (IUSS 2015 : 96).

6.1.1.2. Rives palustres

Les rives dites « palustres » regroupent les sols qui, avant le drainage du lac, étaient plus souvent émergés qu’immergés, mais fortement influencés par les conditions humides. Ils se concentrent sur le pourtour des dépôts lacustres, dans la zone de transition entre Cuarún et la coulée d’El Llano, et au sud de celle-ci, où l’altitude est sensiblement plus élevée. Ils se caractérisent par un drainage interne légèrement meilleur que les sols lacustres au regard de leur position en pente douce.

▪ Observations de terrain

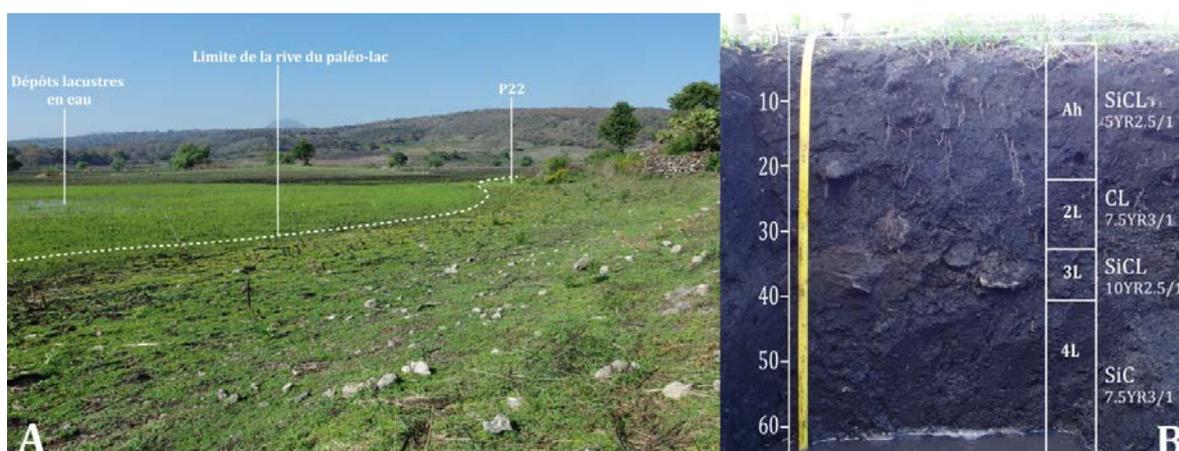


Figure 83 - Localisation du profil P22 sur la rive du paléolac (A) et profil est (B).

Le profil P22 a été décrit à Cuarún, en bordure de dépôts lacustres superficiels (Figure 83). La nappe phréatique affleurerait dès 60 cm de profondeur¹⁴⁶. Il s’agit potentiellement d’un Haplic Kastanozem (Loamic, Colluvic, Densic, *Limnic*¹⁴⁷). Toutefois, cette hypothèse ne repose que sur des estimations de terrain (*cf.* Tableau 16 et Tableau 17). La CEC a été évaluée entre 15 et 36,5 cmol·kg⁻¹ et la saturation en BE au dessus de 50%¹⁴⁸. La preuve à l’HCl a révélé la présence de carbonates dans tous les horizons, qui, au regard de la position topographique et de l’ancienneté du drainage du paléolac, sont potentiellement pour partie le résultat d’une carbonatation secondaire (Kastanozem). Sous l’humus de type Mull, le sol minéral est de couleur brun sombre avec des nuances grisâtres. Le taux de matière organique est modérément élevé ($\geq 6\%$)¹⁴⁹, au minimum dans les horizons de surface, et le pH acide ($\sim 5,5$)¹⁵⁰. La texture passe d’un loam limono-argileux à une argile limoneuse en profondeur.

¹⁴⁶ Le 28/11/2015, soit environ un mois après l’arrêt des pluies.

¹⁴⁷ Officiellement, le qualificatif de « *Limnic* » ne s’applique pas aux Kastanozem. Pourtant ici, il semble, au regard des estimations de terrain, que le sol satisfasse les critères d’un Kastanozem avec une influence lacustre importante.

¹⁴⁸ Estimations basées sur la couleur Munsell humide, la texture et le pH, en considérant un mélange d’argiles dans la fraction fine (Siebe *et al.* 2006 : 41-43, modifié depuis Blume 1990).

¹⁴⁹ Estimation de terrain d’après Renger *et al.* 1987.

¹⁵⁰ Estimation au papier pH en eau déminéralisée.

Mis à part le premier horizon à structure sub-angulaire, celle-ci est fragmentaire dans le reste du *solum*. Nous résumons la discontinuité texturale et structurale comme suit : Ah-2L-3L-4L. Elle reflète selon nous une stratification de dépôts lacustres, influencée par les colluvions du relief adjacent (coulée Los Espinos), comme on peut le noter en surface sur la photographie de la Figure 83A. Par ailleurs, l'horizon 3L est compacté (Densic). Au regard de la position du sondage en contrebas d'une terrasse préhispanique du site de Mich. 420 (voir 7.4.3), nous l'interprétons comme un sol d'activité archéologique. Il limite la profondeur physiologique et présente des artefacts à plat.

| Hor. | Prof. [cm] | CT | Pierrosité [%] | DA [g·cm-3] | Porosité totale [%] | CA [%] | RU [%] | RU [L·m-2] | CC [%] | CC [L·m-2] |
|------|------------|------|----------------|-------------|---------------------|--------|--------|------------|--------|------------|
| Ah | 0-20 | SiCL | 2 | 1 | 55,5 | 8,5 | 21,5 | 42,1 | 47 | 92,12 |
| 2L | 20-32 | SiCL | 2 | 1 | 42 | 6 | 16 | 18,8 | 36 | 42,34 |
| 3L | 32-42 | SiCL | 5 | 1 | 42 | 6 | 16 | 15,2 | 36 | 34,20 |
| 4L | 42-65 | SiC | 5 | 1 | 43 | 4 | 11 | 24 | 39 | 85,22 |

Tableau 16 - Caractéristiques physiques de P22

CT = Classe texturale
 DA = Densité apparente
 CA = capacité d'aération
 RU = Réserve utile
 CC = capacité au champs

| Hor. | pH | C total [%] | CEC [m] | CEC [m+s] | Somme BE [m] | | Somme BE [m+s] | | Saturation en bases [%] |
|------|-----|-------------|-------------|-------------|--------------|-----------|----------------|-----------|-------------------------|
| | | | [cmol·kg-1] | [cmol·kg-1] | [cmol·kg-1] | [mol·m-2] | [cmol·kg-1] | [mol·m-2] | |
| Ah | 5,5 | >6 | 24 | 36,5 | 16,8 | 32,93 | 25,55 | 50,08 | 70 |
| 2L | 5,5 | >6 | 15 | 27,5 | 10,5 | 12,35 | 19,25 | 22,64 | 70 |
| 3L | 5,5 | >6 | 15 | 27,5 | 10,5 | 9,98 | 19,25 | 18,29 | 70 |
| 4L | 5,5 | >6 | 24 | 32 | 16,8 | 36,71 | 22,4 | 48,94 | 70 |

Tableau 17 - Estimation de la CEC et du taux de saturation en bases de P22

CEC [m] = CEC estimée sur l'hypothèse d'un mélange de différents types d'argiles dans la fraction fine.
 CEC [m+s] = CEC estimée sur la base d'une interpolation entre un mélange de types d'argiles dans la fraction fine et une dominance de smectites.

En dehors du P22, nous avons réalisé des observations à la tarière dans la zone de Cuarún (B1321 sur Figure 81), au nord de la coulée d'El Llano (B1520 et B1521 sur Figure 82), dans la crique d'El Bambilete et au pied du versant est du promontoire de Coijo (Figure 84).

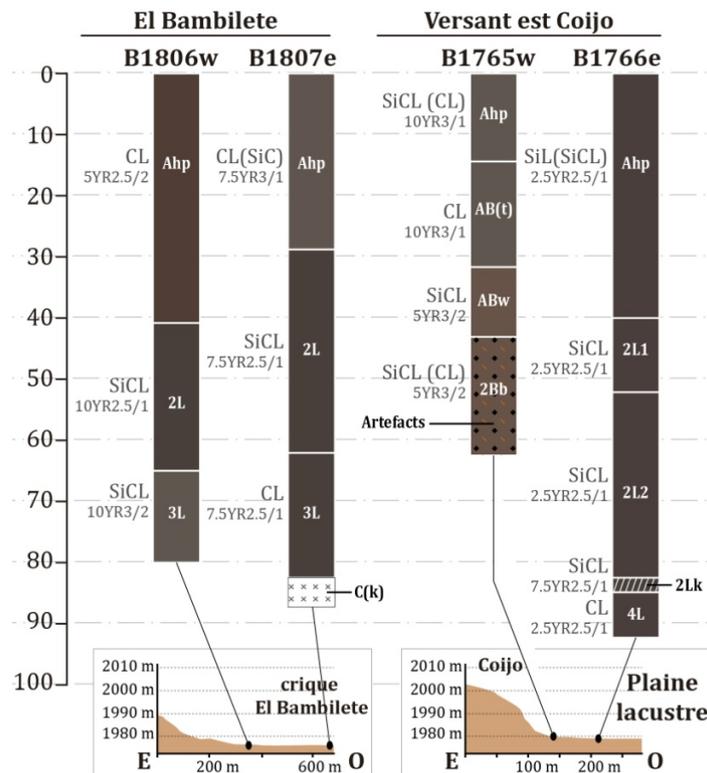


Figure 84 - Synthèse des observations à la tarière réalisées sur les rives au sud de la coulée d'El Llano.

Les sols observés sont de couleur brun sombre, indicatrice d'une concentration en matière organique probablement élevée. Si des horizons grisâtres persistent, la nappe n'a nulle part été atteinte, et les teintes tirent souvent sur le rouge (5YR, 2.5YR), notamment dans les horizons subsuperficiels. Leurs classes texturales sont globalement plus argileuses que dans les sols lacustres (loam argilo-limoneux et argile limoneuse). La teinte et la texture sont sans doute indicatrices de l'altération pédogénétique dans les horizons subsuperficiels (oxydation du fer, accumulation d'argiles). Des matériaux colluviaux ont été notés dans tous les prélèvements. On relèvera particulièrement la présence d'artefacts (micro-charbons et nodules de terre cuite) entre 40 et 60 cm de profondeur, au pied du versant actif du promontoire de Coijo (B1765w). Autour de la coulée d'El Llano, la concentration en carbonates est plus marquée que dans la zone de Cuarún, avec notamment la présence de potentiels horizons calciques.

- *Morpho-pédogenèse et sols dominants*

Les sols des rives palustres se sont formés à partir des colluvions issues des reliefs qui encerclent la plaine et des îles (cf. 6.1.2). L'altération pédogénétique est notable dans la plupart des horizons subsuperficiels à travers une augmentation de la teneur en argiles et/ou une coloration plus rouge (oxydation du fer). L'influence du paléolac demeure cependant importante. En témoigne notamment la présence de carbonates d'origine lacustre et des indices de conditions réductrices.

Nous suivons la classification proposée par la DETENAL et considérons que les sols dominants sont des **PHÆOZEMS**. Toutefois, il est possible que les carbonates mis en évidence par l'HCl ne soient pas tous d'origine lacustre, mais que certains soient le résultat d'une minéralisation secondaire. Auquel cas, il est envisageable que certains sols aient évolués en **KASTANOZEMS**. En outre, bien que nous n'en ayons pas observé personnellement, nous assumons que les conditions du milieu ont pu concourir au développement de **VERTISOLS**, tels qu'identifiés par la DETENAL. Nous considérons cependant qu'ils ne sont non pas dominants, mais secondaires.

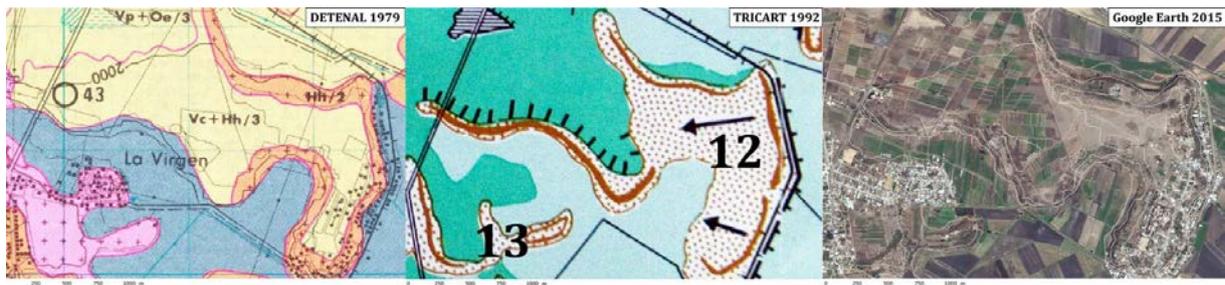


Figure 85 - Interprétations de la coulée de San Antonio Tariácuri selon la DETENAL, Tricart et photographie satellite.

Par ailleurs, nous proposons une révision de la répartition spatiale des sols de rives suite à l'analyse des données satellites et de terrain. Parmi ces révisions, notons le cas du nord-ouest de la coulée de San Antonio Tariácuri, qui présente une pente ascendante d'ouest en est (Figure 85). La DETENAL note des Vertisols (Vc) et des Phæozems (Hh) regroupés en une unique entité allant jusqu'au sommet de la coulée. Tricart voit quant à lui l'avancée d'une langue de dépôts lacustres « terminée en biseau » (Tricart 1992 : 143). Elle se dessine sur les images satellites au travers d'une végétation plus verte, indicatrice de l'humidité dans les sols. Bien que son altitude soit plus élevée que les zones considérées ailleurs comme rives (> 2000 m), nous suivons Tricart en individualisant une unité géopédologique à part, anciennement recouverte par les dépôts lacustres puis soulevé tectoniquement. Les sols semblent influencés par la superficialité de la nappe phréatique. Cependant, nos investigations demeurent limitée dans ce secteur qui mériterait une étude plus poussée.

6.1.2. Îles et presqu'îles

Les anciennes îles qui émergeaient du paléolac correspondent à des coulées volcaniques du Pléistocène moyen (Reyes Gúzman *et al.* 2018), partiellement recouvertes par les dépôts lacustres (Figure 86). Les sols y sont plus anciens que dans la plaine et, à l'exception des zones recouvertes par du matériel limnique, ont connu une pédogenèse différente.



Figure 86 - Coulée volcanique d'El Llano formant une île dans la ciénega.
Vue vers l'est depuis le versant du *maar* de la Alberca de Los Espinos.

Nos observations se sont cantonnées à la coulée volcanique d'El Llano, que nous décrivons dans la présente sous-partie. Les interprétations faites dans ce contexte ont été extrapolées à la coulée de San Antonio Tariácuri sur la base des images satellites et de nos prospections dans la partie occidentale de celle-ci. Si cette extrapolation fait sens dans la mesure où les deux coulées présentent des caractéristiques pétrographiques similaires (Reyes Gúzman 2017), des observations seraient nécessaires pour mieux appréhender la pédologie de la coulée de San Antonio Tariácuri.

Les identifications faites par la DETENAL rapportent trois types de sols dominants dans ces contextes volcaniques : des Vertisols, des Leptosols et des Phæozems.

6.1.2.1. La coulée volcanique Pléistocène d'El Llano

La coulée d'El Llano est localement divisée en plusieurs zones, qui correspondent aux différents promontoires formés par le flux – La Colonia, El Llano (La Raya), Las Placitas, La Punta, Coijo et La Estancia Norte¹⁵¹. Parmi ces noms, reportés sur la carte au 1 : 60000^e, El Llano a été choisi par Reyes Gúzman *et al.* (2018) pour dénommer la coulée.

- *Observations de terrain*

Nos observations à la carrière dans la zone sont très limitées. Elles nous ont toutefois permis de vérifier certaines associations de sols proposées sur la carte de la DETENAL. Par ailleurs,

¹⁵¹ La Hacienda La Estancia, indiquée sur la carte des frères Noriega de 1897, a aujourd'hui disparu. Elle se situait au niveau du canal entre les deux coulées volcaniques. C'est par commodité dans la description que nous avons reporté ce nom sur la carte.

nous avons privilégié les sondages aux alentours des sites archéologiques, dans les zones hypothétiquement cultivées pendant l'occupation de ceux-ci¹⁵².

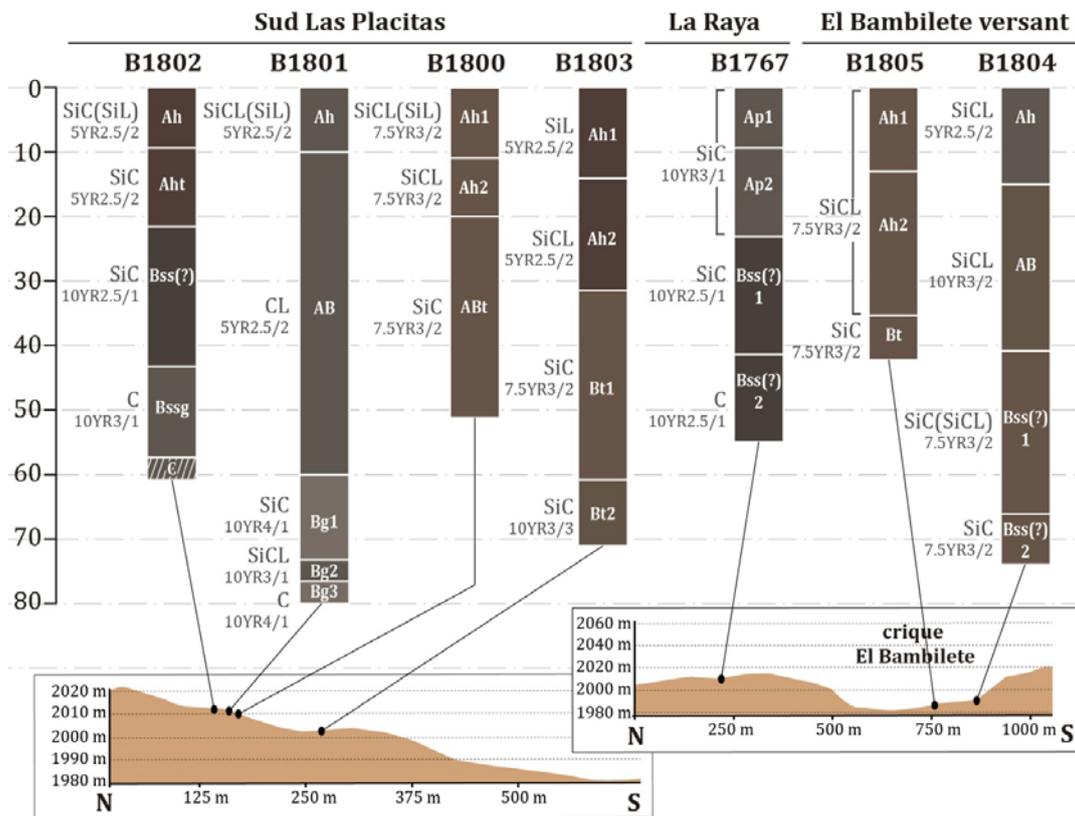


Figure 87 - Synthèse des observations à la tarière réalisées dans la partie orientale de la coulée d'El Llano

Les prélèvements examinés dans la partie centrale de la coulée d'El Llano (Figure 87) présentent des classes texturales fines – loam argilo-limoneux à argile – et des couleurs foncées – chromaticité et valeur ≤ 3 . Celles-ci révèlent un taux de matière organique potentiellement élevé. La texture reflète quant à elle la formation d'horizons vertiques, confirmés par la fréquence des fentes de retrait observées sur le terrain. On notera par ailleurs l'importante pierrosité de surface, qui continue probablement dans les horizons subsuperficiels¹⁵³. Aucun des horizons n'a réagit à l'HCl. Finalement, la couleur grisâtre de certains horizons profonds est indicatrice de conditions réductrices et trahit le mauvais drainage interne des sols.

¹⁵² Identifiées sur la base de la présence d'aménagements agraires ou au regard d'un contexte géopédologique hypothétiquement intéressant du point de vue agronomique.

¹⁵³ Il était en effet fréquent que nous ayons à changer plusieurs fois d'emplacement avant de pouvoir réaliser un prélèvement d'une bonne profondeur non-obstrué par un bloc enfoui.

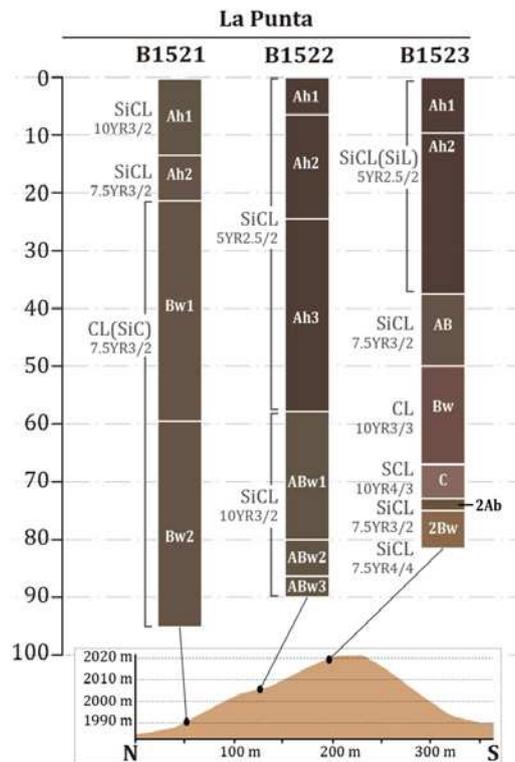


Figure 88 - Observations à la tarière sur le promontoire de La Punta

La situation est légèrement différente dans la partie occidentale de la coulée de lave, sur l'ensemble du promontoire de La Punta (Figure 88). En dehors du carottage B1521 – en piémont –, les sols se sont avérés moins riches en argile. L'horizon de surface bien développé et de couleur foncée noté dans les sondages B1522 et 1523, a été interprété comme un possible horizon mollique. Par ailleurs, la teinte plus rouge et la position topographique sont indicatrices d'un meilleur drainage interne.

- *Morpho-pédogenèse et sols dominants*

Les sols de la coulée d'El Llano se sont formés à partir de l'altération des roches andésitiques qui la constituent et des potentiels dépôts pyroclastiques qui ont recouvert l'édifice après à sa mise en place (notamment issus du *maar* de la Alberca). Les colluvions constituent aussi des matériaux parentaux des sols des bas de versants.

La coulée se caractérise d'abord par des sols argileux, produits d'une altération longue des matériaux parentaux qui la constituent. L'observation de fentes de retrait en surface, les classes texturales et les nombreux contextes topographiques plans valident la dominance des **VERTISOLS** proposée sur la carte de la DENETAL. Vu l'importante pierrosité, le qualificatif d'Akroskeletal pourrait être ajouté dans nombre de cas (Figure 89). En outre, des propriétés

stagniques ont été notées dans les replats où le drainage est lent. Il est possible que certains sols satisfassent les critères de **STAGNOSOLS**.

Nos prospections ont permis de constater de nombreuses zones d'affleurement rocheux (épaulements, crêtes...). Elles sont révélatrices de l'omniprésence de **LEPTOSOLS**.



Figure 89 - Exemple de pierrosité dans les Vertisols du sommet de la coulée d'El Llano.

Le promontoire de La Punta constitue un cas à part. Les sols du versant nord se sont vraisemblablement développés à partir de matériel colluvial. Ils bénéficient d'un drainage interne plus rapide qu'ailleurs sur la coulée. Ce contexte a favorisé la mise en place de ce que nous supposons être des horizons molliques¹⁵⁴, lesquels corroborent l'identification de **PHŒOZEMS**, proposée par la DETENAL. Les bas versants nord et ouest du promontoire, plus plans, demeurent toutefois propices au développement de Vertisols.

Finalement, en ce qui concerne les parties de la coulée de San Antonio Tariácuri, nous suivons la classification proposée par la DETENAL. La partie nord-ouest répond cependant d'une pédogenèse qu'il s'agirait de vérifier, comme évoqué plus haut (6.1.1.2).

¹⁵⁴ Au regard de la couleur et du taux de matière organique vraisemblablement élevé qui en découle, et de l'origine colluvionnaire et andésitique du matériau parental.

6.2. LE PIÉMONT

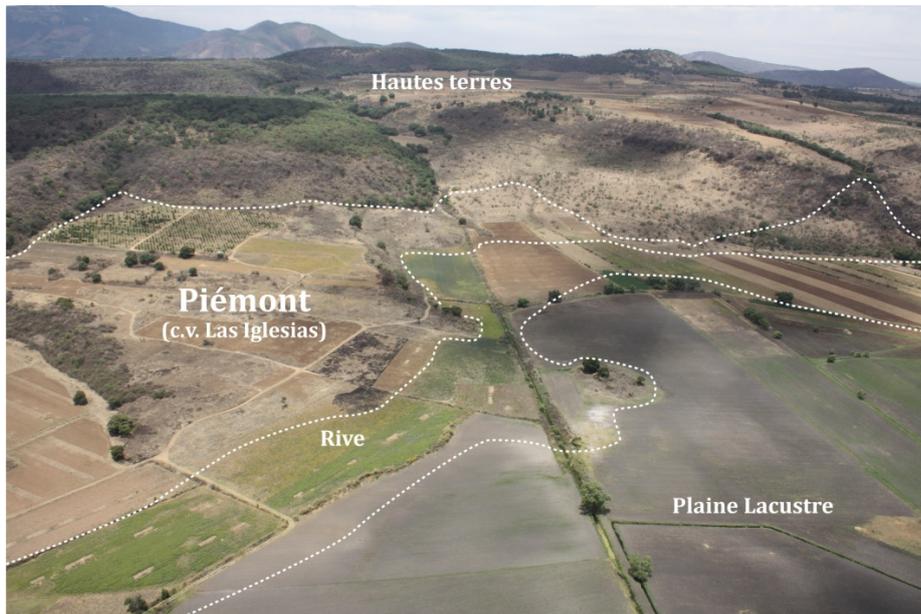


Figure 90 - Vue aérienne du piémont au niveau de la source de Cuarún.
crédit photographique : G. Pereira

Le piémont se trouve à l'interface entre les hautes terres et la plaine. Nous le caractérisons

:

- 1) par son altitude, en majorité comprise entre 1980 et 2040 m ;
- 2) par sa pente faible ;
- 3) par sa qualité de zone de transition et donc de flux de matière, de par l'influence qu'il reçoit conjointement des hautes terres (ex. matériau parental colluvionnaire) et de la plaine (ex. climat lié à la dépression lacustre, cf. chapitre 3).

Le piémont concentre ainsi des géoformes qui relèvent à la fois du domaine volcanique – coulées de lave, colluvions et alluvions (256,5 ha, soit 30% du piémont) – et du domaine lacustre – soulèvement de dépôts lacustres, coulées recouvertes (598,5 ha, soit 70%). Dans la partie nord de notre fenêtre, il se cantonne à une frange de terre étroite, encerclant l'appendice lacustre de Cuarún (Figure 90, 6.2.1). Au sud, il est plus étendu. Il coïncide en effet avec un soulèvement d'origine volcanique, localisé à l'ouest des *lomas* de Zacapu (6.2.2). Si de nombreuses prospections et des observations géopédologiques ont pu être réalisées dans la zone de Cuarún, nous n'avons quasiment pas prospecté celle de la zone soulevée. Aussi avons-nous repris les interprétations proposées par la DETENAL (1979a) et Tricart (1992) en ce qui concerne la *quasi* totalité de la partie du piémont concentrée au sud-est de notre fenêtre d'étude.

6.2.1. Les coulées volcaniques du Pléistocène de Cuarún à Santa Gertrudis

De la source de Cuarún à Santa Gertrudis, le piémont se caractérise par des géoformes structurales, à commencer par les coulées du Pléistocène Moyen de La Escondida, Santa Gertrudis et Las Iglesias¹⁵⁵ (Reyes Gúzman *et al.* 2018). À celles-ci, nous ajoutons la coulée de Los Espinos¹⁵⁶, qui présente une morphologie comparable, mais des sols vraisemblablement plus anciens. Le reste de la zone est constitué de géoformes de dépôt : cônes alluviaux et colluvions issus des hautes terres, notamment ceux qui se développent au pied du vallon de la Centeña (coulée El Copalillo).

- *Observations de terrain*

Quelques observations des sols ont été réalisées dans cette zone : l'analyse de sondages à la tarière sur le pied de pente de La Centeña (Figure 91), l'examen – trop rapide – de zones de labours, et des observations de profils ouverts à l'occasion de travaux d'aménagements sur la coulée de Los Espinos ou de fouilles archéologiques pour le cas de Las Iglesias.

Les observations à la tarière au pied de La Centeña ont été réalisées sur un cône alluvial formé en contrebas de deux ravines. La profondeur de sol est plus importante que dans le reste du vallon (voir 6.3.1.1). Les horizons Ah bruns foncés à texture de loam argilo-limoneux ou proche, se développent sur plusieurs décimètres, notamment dans le cas du profil B1320 réalisé en amont d'une terrasse agricole. La couleur révèle un taux de matière organique potentiellement assez élevé. Au regard de la nature colluvionnaire et basique des matériaux parentaux, les critères diagnostiques d'horizons molliques sont peut-être remplis. Des traces d'oxydation du fer apparaissent au-delà de 50 cm de profondeur. La pierrosité est moins élevée qu'au niveau des colluvions environnantes (au nord sur le piémont et à l'ouest vers les hautes terres), mais demeure importante. Aucun carbonate n'a été révélé par l'HCl. Nous estimons qu'il pourrait s'agir de Cambic Phaeozems (Colluvic).

¹⁵⁵ Cette coulée n'est pas nommée dans le travail de Reyes Gúzman *et al.* (2018). La zone est localement connue comme « Las Iglesias ». C'est un nom très courant qui fait généralement référence à la présence de ruines. Dans le cas présent, il renvoie aux ruines du site archéologique de Mich. 415, *Las Iglesias de Cuarún* (cf. chapitre 7).

¹⁵⁶ À ne pas confondre avec la coulée de Los Espinos définie par Reyes Gúzman *et al.* (2018), qui se situe au nord du *maar* de la Alberca. Notre choix d'identifier l'édifice comme tel s'explique par la localisation du village éponyme sur cette coulée et non pas sur celle située au-delà du *maar*.

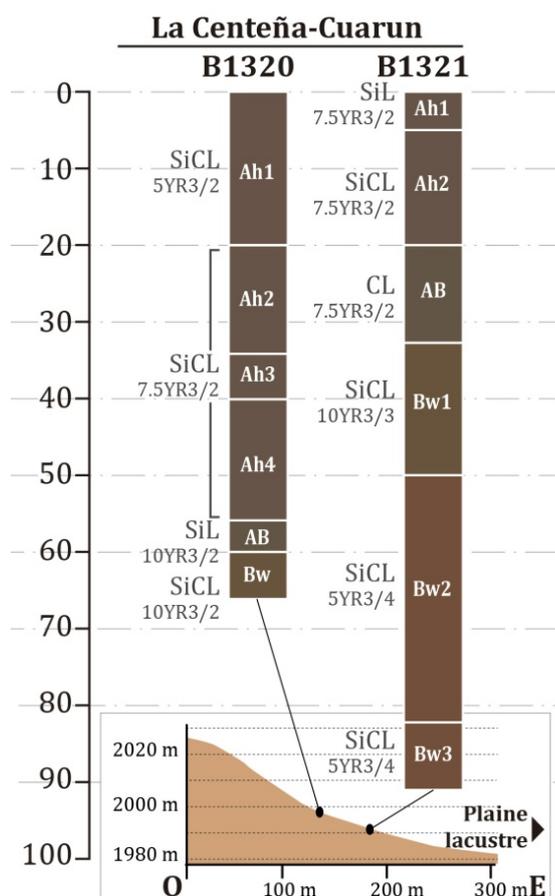


Figure 91 - Observations à la tarière réalisées sur le piémont dans le vallon de la Centeña

Sur la coulée de Los Espinos, la pierrosité est omniprésente à l'épaule des versants ouest et nord. La présence de Skeletic – voire Hyperskeletic – Leptosols est certaine. Au sommet, un creusement nous a permis de constater l'abondance de matériel archéologique au sein d'horizons peu structurés, présentant des classes texturales de loam-argilo limoneux à loam limoneux. Au regard de la présence de structures archéologiques alentours et d'indices d'un nivellement préhispanique d'envergure du sommet (*cf.* 7.4.3), nous estimons que la zone pourrait présenter des Terric Anthrosols (Archaic, Relocatic). Enfin, l'horizon de surface des sols du versant ouest est érodé, laissant à nu l'horizon B de teinte brun rouge, de classe texturale argilo-limoneuse – voire plus fine –, et présentant une importante pierrosité. Il s'agit potentiellement de Leptic, Chromic Vertisols, ce qui confirmerait l'identification proposée par la DETENAL.

En ce qui concerne la coulée de Las Iglesias, outre ce que nous avons pu noter en surface, les sondages archéologiques réalisés par Lefebvre et Quezada (2016), nous ont offert des fenêtres d'observation (UT 143, 144, 136, 156 et 157 ; voir 7.4.2)¹⁵⁷. Elles ont mis au jour des sols à texture de loam argilo-limoneux¹⁵⁸, non structurés, vraisemblablement fruits d'un nivellement anthropique sur un substrat artificiel de blocs d'andésite dans la première moitié du XVI^{ème} siècle apr. J.-C. (Figure 92). Le tout est désormais recouvert de matériau colluvial et d'effondrement. La profondeur maximale de sol atteint environ 1 m. Certains de ces sols artificiels reposent sur de la cendre indurée (*tepetate*). La description des unités stratigraphiques par les auteurs indique la reprise de la pédogenèse après l'abandon du site archéologique (coloration et taux d'argile plus important dans les horizons subsuperficiels). La porosité est bonne. Ces sols pourraient correspondre à des Terric Anthrosols.



Figure 92 - Possibles Terric Anthrosols mis au jour sur la coulée de Las Iglesias. photographie A : O. Quezada ; photographie B : I. Barrientos, noter le *tepetate* au fond du sondage

En dehors de ces Anthrosols, les observations de surface nous ont permis de constater une pierrosité importante sur l'ensemble de la coulée et des horizons de surface présentant une classe texturale de loam argilo-limoneux. L'identification comme Andosols proposée par la DETENAL, certes possible, est fortement mise en doute par l'évolution des critères diagnostiques de ce Groupes de sols de référence (cf. 5.3.4.3). Dans la mesure où les sols des coulées voisines datées du Pléistocène récent (Mesa del Bolsón et Caracol [6.3.1.2]) ne

¹⁵⁷ Nous n'avons toutefois pu examiner qu'un seul des sondages ouverts. Nous avons toutefois pris en compte les descriptions faites par les auteurs dans le rapport d'opération Uacúsecha 2015-2016 (Pereira *et al.* 2016).

¹⁵⁸ La texture est définie comme « argilo-limoneuse » par les archéologues. Néanmoins, nous savons d'expérience que l'acception peut différer de celle entendue par les pédologues. Aussi, au regard des photographies et de notre examen fugace de l'UT 136, nous estimons que la classe texturale est vraisemblablement plus grossière.

remplissent pas ces critères, il nous semble peu probable que la coulée plus ancienne de Las Iglesias les satisfasse.

En ce qui concerne les coulées de La Escondida et Santa Gerturdis, nous n'avons pas été au-delà d'observations de surface. On notera simplement ici l'apparente analogie morphologique entre les deux coulées. Elles se caractérisent par des sols de teinte brun-rouge (horizons B ramenés en surface par les labours), à classe texturale de loam-argileux, voire plus fin. Des affleurements ponctuels mais nombreux attestent de la présence de Leptosols.

- *Morpho-pédogenèse et sols dominants*

Les sols du piémont répondent d'une évolution longue à partir de dépôts de cendre volcanique et de colluvions. Ainsi, originellement, le piémont a probablement été rapidement occupé par des Andosols. Toutefois, au regard des observations réalisées ailleurs dans les hautes terres sur des géoformes plus jeunes, nous pensons que les sols du piémont ne répondent plus aux caractéristiques diagnostiques de tels sols, et qu'ils ont évolués vers d'autres Groupes de sols de référence. Il reste important de noter que les propriétés andiques étaient peut-être encore présentes à l'époque préhispanique.

De fait, les colluvions et cônes alluviaux ont vu leur épaisseur régulièrement augmentée par l'apport de matériaux basiques. Des horizons molliques se sont vraisemblablement développés. Nous estimons donc que les **PHAEOZEMS** constituent le Groupes de sols de référence dominant dans ces géoformes de dépôt.

Ailleurs, le drainage interne – appréciable au travers des classes de pentes modélisées à partir du MNE LIDAR (Figure 93) – constitue l'un des facteurs principaux de l'évolution différentielle des sols. Ainsi, sur les coulées du Pléistocène moyen, le drainage interne lent a favorisé dans certains espaces le lessivage des argiles, voire le développement de possibles caractéristiques vertiques, comme c'est vraisemblablement le cas sur la coulée de Los Espinos¹⁵⁹. Les **VERTISOLS** constituent donc selon nous un Groupes de sols de référence présent dans cette partie du piémont.

¹⁵⁹ Au regard de la pédogenèse des sols, les matériaux parentaux sur la coulée de Los Espinos sont plus anciens que sur les coulées méridionales de la zone. Par ailleurs, de par le ravin qui la sépare de la faille de VJ, elle est aussi moins sujette à l'apport de matériaux colluviaux.

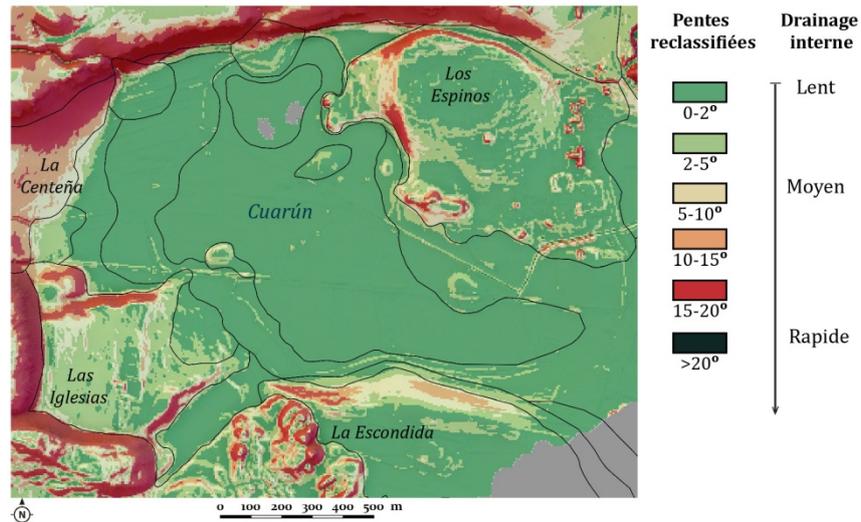


Figure 93 - Classes de pentes (ré-échantillonnage LIDAR à 5 m) et drainage interne théorique associé sur le pourtour de la source de Cuarún.

Sur les coulées de Las Iglesias, La Escondida et Santa Gertrudis, contrairement à ce qu'indique la DETENAL, nous pensons que l'altération pédogénétique est trop avancée pour que les sols présentent encore des propriétés andiques. Les fouilles archéologiques et la couleur des horizons B exhumés par les labours, reflètent de possibles horizons cambiques. La présence d'horizon A épais pouvant être mollique n'a pas pu être attesté. Aussi, l'identification comme Phaeozems n'est pas sûre et peut-être s'agit-il donc de **CAMBISOLS**.

Par ailleurs, les coulées volcaniques visitées sur le piémont présentent de nombreux affleurements rocheux. Les **LEPTOSOLS** caractérisent donc aussi ces géoformes.

Enfin, l'archéologie a mis en évidence des aménagements d'envergure sur le piémont, qui, pour certains, répondent sans doute aux caractéristiques diagnostiques des **ANTHROSOLS**.

6.2.2. La zone soulevée de l'ouest des *lomas*

La partie sud du piémont ne nous est connue qu'au travers de visites rapides et des données numériques. Aussi nous contenterons nous ici d'une brève synthèse basée sur les travaux de la DETENAL (1979a), de Tricart (1992), de l'équipe de Pétrequin (1994), et sur les discussions que nous avons pu avoir avec l'équipe de géologues de la UNAM dirigée par Claus Siebe.

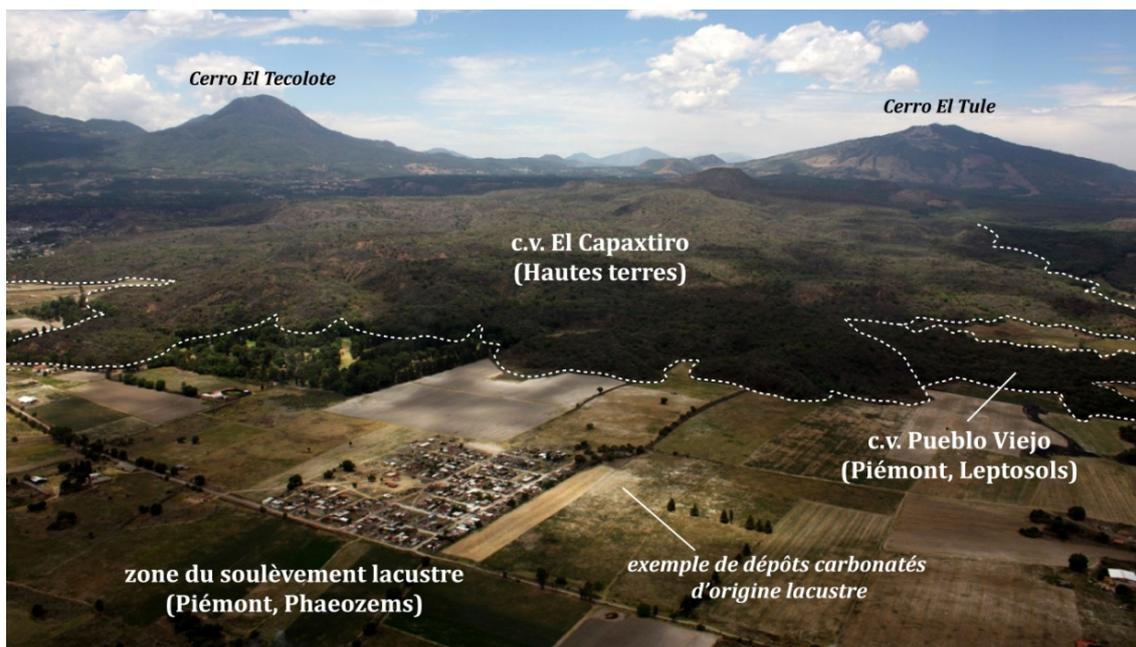


Figure 94 - Vue aérienne de la zone lacustre soulevée au sud de notre fenêtre d'étude.
crédit photographique : G. Pereira

La zone est caractérisée par une pente légère (1 à 2°) depuis le pied de la coulée du Capaxtiro en direction de la plaine lacustre (Figure 94). Les *lomas* en constituent l'extrémité orientale. Cette zone, à l'interface entre le Malpaís de Zacapu et la dépression lacustre, a vraisemblablement connu deux époques dans sa morpho-pédogenèse. Elle est constituée d'un socle volcanique, recouvert par des dépôts lacustres (Tricart 1992 : 129). Ainsi, elle a d'abord fait partie intégrante de la plaine et a donc été un temps recouverte par le lac. Des indices sont observables en surface au travers de la présence de diatomites (Metcalf 1995) et de ce que Tricart qualifie de « lacustro-cinérites ». La zone s'est par la suite retrouvée surélevée au dessus du niveau du lac¹⁶⁰.

Pour expliquer ce phénomène, Pétrequin *et al.* ont d'abord émis l'hypothèse d'un plissement O-E provoqué par la mise en place de la coulée du Capaxtiro autour de 6000 av. J.-C. (Pétrequin 1994 : 125-129). L'équipe se basait sur la datation ¹⁴C d'une discontinuité observée dans les carottages réalisés alors. Les études géologiques récentes infirment cette proposition. En effet, si l'époque à laquelle s'est peut-être produit le phénomène n'est pas remise en question, l'éruption du Capaxtiro a pu être datée par paléomagnétisme entre 200 et 80 av. J.-C. (Reyes Gúzman *et al.* 2018). Siebe propose que le piémont entre le Malpaís et la plaine procède en réalité, non pas d'un plissement, mais d'un

¹⁶⁰ Au moins au cours de l'Holocène et en dehors des éventuels épisodes de transgression lacustre exceptionnels, non documenté dans les enregistrements jusqu'ici étudiés.

soulèvement de sédiments lacustres, provoqué par la pression de lave infiltrée sous ceux-ci (Siebe n.d., comm. pers.). L'origine de cette lave demeure toutefois inconnue. Une fois surélevée, la zone a connu une nouvelle phase de pédogenèse, hors d'eau.

Les sols de la zone soulevée ont été classifiés de **PHAEZEMS** hapliques ou luviques par la DETENAL (*cf.* 3.4.2.1), sur la base de trois profils examinés au-delà de la limite sud-est de notre fenêtre. Cette classification repose vraisemblablement sur la morpho-pédogenèse impliquant des concentrations importantes en matière organique (sols développés à partir de sédiments lacustres) et un matériau parental volcanique basique (cendres et colluvions), lesquels ont contribué à la formation d'horizons molliques. La carbonatation secondaire est toutefois envisageable. Auquel cas, la présence de **KASTANOZEMS** constitue une possibilité qu'il s'agirait de vérifier *in situ*. Plus proche du Malpaís, la pente régulière est ponctuée d'affleurements rocheux, qui la surplombent de 5 à 15-20 m. Vestiges de coulées volcaniques du Pléistocène moyen en partie recouvertes par les dépôts lacustres, ils attestent de la présence de **LEPTOSOLS**.

6.3.LES HAUTES TERRES



Figure 95 - Vue des hautes terres, au-delà du Malpaís vers l'ouest, depuis le Cerrito Pélon.
Le modelé faiblement ondulé visible au premier plan caractérise les coulées du Pléistocène moyen (6.3.1.1).

Plus que nulle part ailleurs dans la région de Zacapu, les hautes terres ont été façonnées par le volcanisme récent. L'âge des édifices volcaniques qui les composent est l'un des facteurs principaux affectant leur morphologie et leur pédogenèse.

Les géoformes majoritaires sont structurales. De fait, les coulées volcaniques représentent près de 4000 ha de la surface des hautes terres étudiée ; soit plus de 70%. Elles constituent autant de géoformes au sein desquelles le degré d'altération a conduit à la mise en place de différents grands types de pédopaysages (6.3.1). Du point de vue de la surface représentée, viennent ensuite les cônes scoriacés, ainsi que le dôme de Las Flores et le *maar* de la Alberca, qui représentent 902 ha, soit 16,4% de la surface totale (6.3.2). Enfin, de vastes zones de colluvionnement et/ou d'alluvionnement sont associées aux reliefs et au réseau hydrographique temporaire des hautes terres (616,3 ha ; 11,2%). Ces géoformes de dépôts se concentrent ainsi au pied des édifices et dans les dépressions inter-coulées.

Malgré une certaine disparité dans la distribution des types de roches volcaniques (Reyes Gúzman *et al.* 2018 ; voir 3.1.3), les matériaux parentaux des sols sont principalement téphriques. Ils ont été déposés à la suite des éruptions explosives. Dans un second temps, l'érosion des roches ignées exposées, mais surtout le flux rapide des matériaux colluviques et alluvionnaires a concouru à l'épaississement des sols par processus de comblement des zones en dépression.

Le Tableau 18, repris de Reyes Gúzman (2017), fait la synthèse des caractéristiques morphométriques des édifices volcaniques de notre fenêtre d'étude (pour la datation des édifices, voir 3.1.2.2, Figure 11 : 93).

| Volcan | Type de roche | Type de structure | Épaisseur moyenne [km ³] | Surface [km ²] | Vol. [km ³] | Vol. du cône [km ³] | Vol. total [km ³] |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------|---|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------|----------------------------------|
| Mesa El Pinal | andésite | coulée | 0,14 | 3,7 | 0,51 | - | 0,5 |
| Brinco del Diablo | basalte traquiandésitique | bouclier | - | 7,0 | 1,40 | - | 1,4 |
| Los Cuarterones | andésite | coulée* | 0,01 | 1,7 | 0,02 | 0,028 | 0,05 |
| La Raya | andésite | coulée* | 0,04 | 5,0 | 0,19 | 0,062 | 0,25 |
| Las Flores | dacite | dômes | - | 8,8 | 2,04 | - | 2,04 |
| Las Minas | dacite | coulée | 0,06 | 2,2 | 0,14 | - | 0,14 |
| El Llano° | andésite | coulée | 0,02 | 3,8 | 0,08 | - | 0,08 |
| San Antonio Tariácuri° | andésite | coulée | 0,03 | 2,7 | 0,07 | - | 0,07 |
| Santa Gertrudis° | andésite | coulée | 0,01 | 2,3 | 0,02 | - | 0,02 |
| Loma Marijo° | andésite | coulée | 0,00 | 0,7 | 0,00 | - | 0,00 |
| El Copalillo-Cerrito Pelón | andésite | coulée* | 0,10 | 21,5 | 2,22 | 0,99 | 3,20 |
| El Coyotillo-El Durazno | andésite | coulée* | 0,04 | 5,0 | 0,20 | 0,07 | 0,27 |
| Alberca de Los Espinos | andésite | maar | - | 1,6 | 0,40 | - | 0,40 |
| Las Milpilllas | dacite | coulée* | 0,02 | 1,8 | 0,04 | 0,07 | 0,11 |
| Malpaísillo | andésite | coulée* | 0,04 | 2,3 | 0,08 | 0,06 | 0,14 |
| Mesa del Bolsón | andésite | coulée | 0,08 | 1,8 | 0,14 | - | 0,14 |
| El Caracol | andésite | coulée | 0,09 | 3,9 | 0,36 | - | 0,36 |
| Las Joyitas de Las Milpilllas | andésite basaltique | coulée* | 0,17 | 1,3 | 0,23 | 0,01 | 0,24 |
| El Infiernillo | andésite | coulée* | 0,05 | 5,8 | 0,29 | 0,01 | 0,29 |
| Malpaís Las Viboras | andésite | coulée | 0,08 | 5,9 | 0,47 | - | 0,47 |
| El Capaxtiro | andésite | complexe de coulée | 0,15 | 20,9 | 3,13 | 0,02 | 3,16 |
| Malpaís Prieto | andésite | coulée | 0,09 | 5,7 | 0,51 | - | 0,51 |

Tableau 18 - Principaux paramètres morphométriques et volumes émis pour les édifices compris dans la fenêtre d'étude.

Modifié d'après Reyes Gúzman 2017, tableau 5 : 69.

*coulée présentant un cône associé.

°Édifices situés hors des hautes terres.

6.3.1. Coulées volcaniques

Notre fenêtre d'étude comprend un total de 18 coulées volcaniques. Bien qu'elles aient toutes leurs particularités, nous distinguons 4 niveaux d'altération, qui représentent autant de types de pédopaysages associés :

- 1) les coulées du Pléistocène ancien-moyen (6.3.1.1) ;
- 2) les coulées du Pléistocène récent (6.3.1.2) ;
- 3) les coulées de l'Holocène 1 (10000 - 2000 BP) (6.3.1.3) ;
- 4) les coulées de l'Holocène 2 (2000 BP - actuel) (6.3.1.3) ;
- 5) les coulées de l'Holocène anthropisées (6.3.1.3), où l'action humaine a été telle, que la pédogenèse en a été notablement modifiée.

6.3.1.1. Coulées volcaniques du Pléistocène ancien-moyen

Outre la coulée du Pléistocène ancien de la Mesa El Pinal ($2,09 \pm 0,13$ Ma), à l'interface avec le piémont, les coulées du Pléistocène moyen (1 Ma - 100 ka BP) se concentrent dans la frange nord et à l'ouest de notre fenêtre. Quasiment contemporaines des îles du paléolac (2726.1.2), elles constituent les édifices les plus anciens de la zone et sont, en conséquence, caractérisées par :

- 1) l'atténuation des reliefs structuraux qui les composaient originellement (ex. disparition des rides de pression, comblement *quasi* total des dépressions...). En résulte une morphologie moins chaotique que dans les coulées plus récentes et des paysages à ondulations modérées (voir Figure 95 : 285).
- 2) l'ancienneté de la couverture pédologique établie à la faveur de longues périodes de stabilité géomorphologique, malgré l'apport fréquent de matériaux téphriques, alluviaux ou colluviques.
- 3) la mise en place de modelés d'érosion, parfois bien marqués, dans les zones d'écoulement (ex. ravines, ravins, et carcavas).

Dans sa carte géomorphologique de 1992, Tricart avait déjà représenté – sans la nommer – une partie de la coulée du Copalillo, issue de l'éruption du Cerrito Pelón, et celle de la Mesa El Pinal. Notre fenêtre s'étendant plus à l'ouest, nous ajoutons, d'est en ouest, cinq coulées du Pléistocène moyen :

- La Raya¹⁶¹, issue du petit cône volcanique situé à l'ouest du Cerrito Pelón ;
- El Durazno-El Coyotillo, qui découle des deux cônes scoriacés éponymes ;
- Los Cuarterones (cône éponyme) ;
- Las Minas, dont le point d'émission n'est pas connu ;
- El Tule, dont seule une petite partie est comprise dans notre fenêtre.

La grande majorité des observations qui nous ont servi à caractériser les coulées du Pléistocène ancien-moyen est concentrée au sud de celle du Copalillo, au pied du Malpaís Prieto. Nous y avons réalisé cinq sondages pédologiques, décrits et analysés : P1, 3, 4, 6, et 7. À ceux-ci s'ajoutent neuf sondages archéologiques : UT60 (P21), 61 (P19), 62 (P18), 63 (P14, 15, 16, 17), et 123 (P25). Des échantillons ont été prélevés et analysés dans certains de ces profils. Des carottages à la tarière ont aussi été réalisés dans cette géoforme. L'ensemble nous a permis d'établir une carte géopédologique à l'échelle du plateau du Copalillo (annexe). En ce qui concerne les autres coulées du même type, nos connaissances sont plus limitées et reposent sur des observations en surface et à la tarière.

▪ *El Copalillo (El Cerrito Pelón).*

La coulée du Copalillo, issue du complexe de cônes du Cerrito Pelón, peut être divisée en deux parties. La première, en dehors de notre fenêtre, se situe au-delà de la ligne de partage des eaux Zacapu-Zipimeo (cf. 3.3.1). Elle présente une pente régulière SO-NE entre 2 et 10°, qui draine les eaux vers la vallée du rio Angulo. Cette zone est entaillée de nombreuses ravines, parfois très marquées, qui témoignent de sols argileux, identifiés comme des Vertisols par la DETENAL. Nos investigations propres se sont concentrées dans la seconde partie de la coulée, au sud de la ligne de partage des eaux (Figure 96 et Figure 97). Elle présente une pente légère, entre 0,5 et 2°, depuis le pied du Cerrito Pelón vers l'est. Une ravine la découpe en son centre et la levée sud-est de la coulée est notablement marquée par l'escarpement de la faille de Villa Jiménez.

Les profils décrits se concentrent au pied du Malpaís Prieto (Figure 96). Ils ont permis d'identifier quatre Groupes de sols de référence différents : des Phaeozems (P1, 4, 6, 17 et 21), des Vertisols (P3, 7 et 18), des Stagnosols (P14 et 19) et des Regosols (P15 et 16). Leurs caractéristiques physiques et chimiques sont détaillées dans les tableaux 19,20, 21 et 22, et

¹⁶¹ Nous avons choisi ce nom d'après une localité située à l'extrême nord de la coulée, en dehors de notre fenêtre, au bord de la route menant à Caurio de La Rinconada.

leur classification selon la WRB 2015 (IUSS 2015) dans le Tableau 24. Leurs descriptions synthétiques sont disponibles dans les annexes 3 et 4.

| P | Hor. | Prof. [cm] | CE [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] | CT | Pier. [%] | DA ¹ [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$] | PT [%] | CA [%] | RU [$\text{L}\cdot\text{m}^{-2}$] | CC [$\text{L}\cdot\text{m}^{-2}$] |
|---|----------|---------------|--|-------|--------------|--|-----------|-----------|--|--|
| 1 | Ah1 | 0-4 | - | ~SiCL | 1 | 1,1* | 45,5 | 7,25 | 8,61 | 15,15 |
| | Ah2 | 4-24 | 87,0 | SiCL | 1 | 1,14* | 48,5 | 5,5 | 26,73 | 83,16 |
| | Ah3 | 24-48 | 57,3 | SiC | 1 | 1,1* | 49 | 5 | 35,64 | 103,36 |
| | 2Bss(g) | 48-65 | 87,0 | C | 1 | 1,2* | 43 | 4 | 18,51 | 65,64 |
| | 2Bssg1 | 65-93 | 105,0 | C | 1 | 1,17* | 43 | 4 | 30,49 | 108,11 |
| | 2Bssg2 | 93-103 | 85,0 | C | 1 | 1,4* | 45 | 3 | 11,88 | 41,58 |
| 3 | Ah1 | 0-3 | - | ~SiCL | 2 | 1 | 47,5 | 7,5 | 8,61 | 15,15 |
| | Ah2 | 3-13 | 151,1 | SiC | 5 | 1,3* | 48,5 | 5,5 | 13,78 | 40,85 |
| | B(ss)(g) | 13-60 | 209,0 | C | 5 | 1,15* | 46,5 | 4 | 58,05 | 189,76 |
| | Bss | 60-83 | 296,5 | C | 10 | 1,18* | 43 | 4 | 22,77 | 80,73 |
| | BCss | 83-106 | 241,0 | C | 1 | 1,3* | 42 | 4 | 27,32 | 86,53 |
| 4 | Ah1 | 0-4 | 164,7 | SiL | 5 | 0,9 | 55 | 9 | 7,60 | 17,48 |
| | Ah2 | 4-18 | 73,3 | SiC | 5 | 1,1 | 45 | 6,5 | 22,61 | 51,21 |
| | 2Ah | 18-58 | 57,6 | C | 5 | 1,3 | 45 | 6,5 | 64,60 | 146,30 |
| | 2AB | 58-76 | 99,5 | C | 5 | 1,3 | 41,5 | 4,5 | 23,94 | 62,42 |
| | 3Bss | 76-87 | 191,0 | C | 5 | 1,3 | 41,5 | 4,5 | 11,97 | 31,21 |
| | 3BCss | 87-102 | 149,4 | CL | 10 | 1,4 | 41 | 3 | 16,20 | 49,95 |
| 6 | Ah1 | 0-6 | 200,2 | SiL | 5 | 1,05 | 54 | 10 | 15,96 | 25,08 |
| | Ah2 | 6-44 | 101,4 | L | 1 | 1,3 | 43 | 7,5 | 58,31 | 133,55 |
| | ABt | 44-71 | 120,9 | SiC | 1 | 1,3 | 40 | 7 | 40,10 | 88,21 |
| | 2Bss | 71-105 | 158,3 | C | 1 | 1,2 | 43 | 4 | 37,03 | 131,27 |
| | 2BCss | 105-110 | 184,9 | C | 1 | 1,3 | 42 | 6 | 7,92 | 17,82 |
| 7 | Ah | 0-7 | 133,7 | SiL | 5 | 1,08 | 54,5 | 9,5 | 15,96 | 29,93 |
| | ABt | 7-24 | 144,1 | C | 5 | 1,3 | 52,5 | 6,5 | 30,69 | 73,48 |
| | B | 24-39 | 130,1 | C | 10 | 1,4 | 50 | 5 | 21,60 | 60,75 |
| | 2Bss(g) | 39-73 | 88,2 | C | 1 | 1,4 | 50 | 5 | 53,86 | 151,47 |
| | 2BCss | 73-100 | 81,6 | C | 1 | 1,5 | - | - | 68,25 | - |

Tableau 19 - Caractéristiques physiques des profils pédologiques décrits sur la coulée du Copalillo (1/2).

¹Approximation de terrain de la densité apparente, sauf * = prélèvements de cylindres de 100 mL
P = Profil ; CE = conductivité électromagnétique ; CT = Classe texturale ; Pier. = pierrosité ; DA = densité apparente ;
PT = porosité totale CA = capacité d'aération ; RU = Réserve utile ; CC = capacité au champs

| P | Hor. | Prof. [cm] | CE [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] | CT | Pier. [%] | DA [$\text{g}\cdot\text{cm}^{-3}$] | PT [%] | CA [%] | RU [$\text{L}\cdot\text{m}^{-2}$] | CC [$\text{L}\cdot\text{m}^{-2}$] |
|-----|---------------|---------------|--|------|--------------|---|-----------|-----------|--|--|
| 14 | Ahg | 0-70 | 68,13 | SiC | 1 | 1,2 | 46 | 4,5 | 83,16 | 287,60 |
| | Ahg | 0-70 | 48,05 | SiC | 1 | 1,2 | 46 | 4,5 | 83,16 | 287,60 |
| | ACg | 70-100 | 42,94 | SiC | 1 | 1,1 | 46 | 4,5 | 35,64 | 123,26 |
| 15 | Ah | 0-20 | 116,90 | SiC | 1 | 1,14 | 49,5 | 5,5 | 26,73 | 87,12 |
| | 2B(g) | 20-70 | 93,91 | C | 1 | 1,5 | 45 | 3 | 59,40 | 207,90 |
| 16 | Ah1 | 0-72 | 81,04 | SiC | 1 | 1,2 | 46 | 4,5 | 85,54 | 295,81 |
| | Ah2 | 0-72 | 51,57 | SiC | 1 | 1,2 | 46 | 4,5 | 85,54 | 295,81 |
| | 2B(g) | 72-100 | 69,15 | SiC | 1 | 1,5 | 37 | 3 | 19,40 | 94,25 |
| 17 | Ah | 0-30 | 88,04 | SiC | 2 | 1,11 | 49,5 | 5,5 | 39,69 | 129,36 |
| | Bw(g)1 | 30-50 | 57,25 | C | 1 | 1,2 | 45 | 3 | 23,76 | 83,16 |
| | Bw(g)2 | 50-78 | 59,20 | C | 1 | 1,4 | 45 | 3 | 33,26 | 116,42 |
| 18* | AB | 0-20 | 84,81 | SiC | 50 | 1,21 | 49,5 | 5,5 | 13,50 | 44,00 |
| | BCss (éch. 1) | 20-40 | 87,09 | C | 50 | 1,3 | 48,5 | 3 | 14,00 | 45,50 |
| | BCss (éch. 2) | 20-40 | 82,61 | C | 50 | 1,3 | 48,5 | 3 | 14,00 | 45,50 |
| 19 | Ah | 0-18 | 125,35 | SiCL | 1 | 1 | 48,5 | 7,5 | 32,97 | 73,06 |
| | Btg | 18-65 | 56,77 | C | 1 | 1,4 | 45 | 3 | 55,84 | 195,43 |
| | 2BCg | 65-75 | 47,21 | SiCL | 1 | 1,2 | 42 | 6 | 15,84 | 35,64 |
| 21 | Ah | 0-35 | 165,00 | SiCL | 1 | 1,1 | 47,5 | 7,5 | 60,64 | 138,60 |
| | Bw | 35-65 | 44,88 | SiC | 1 | 1,2 | 46 | 4,5 | 35,64 | 123,26 |
| | Bss | 65-80 | 50,68 | C | 1 | 1,3 | 45 | 3 | 17,82 | 62,37 |

Tableau 20 - Caractéristiques physiques des profils archéologiques décrits sur la coulée du Copalillo (2/2).
 *Pour P18, décrit à partir du profil d'une tranchée de 3x1 m, deux échantillons ont été collectés pour l'horizon subsuperficiel ; un au nord (éch. 1) et l'autre au sud du profil (éch. 2).

| Profil | pH | C total [%] | N total [%] | P total [mg·kg ⁻¹] | P fixé [%] |
|--------|-------|-------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 1 | ~5,50 | ~5 | ~0,27 | - | - |
| | 5,70 | 3,30 | 0,29 | 11,18 | 59,06 |
| | 6,33 | 1,14 | 0,09 | 14,28 | 45,89 |
| | 6,49 | 0,81 | 0,07 | 1,14 | 50,16 |
| | 7,26 | 0,70 | 0,07 | 2,72 | 46,73 |
| | 7,34 | 0,63 | 0,06 | 2,69 | 37,21 |
| 3 | ~5 | ~4 | ~0,16 | - | - |
| | 5,39 | 2,96 | 0,25 | 6,16 | 55,85 |
| | 6,07 | 1,15 | 0,09 | 2,44 | 34,58 |
| | 7,03 | 0,92 | 0,07 | 0,88 | 31,20 |
| | 7,64 | 0,46 | 0,04 | 1,46 | 32,62 |
| 4 | 5,71 | 5,20 | 0,43 | 4,15 | 54,92 |
| | 6,03 | 1,87 | 0,17 | 0,60 | 48,60 |
| | 6,24 | 1,08 | 0,09 | 0,98 | 41,30 |
| | 6,41 | 0,64 | 0,05 | 1,71 | 38,45 |
| | 6,80 | 0,63 | 0,05 | 0,18 | 40,81 |
| | 7,22 | 0,39 | 0,03 | 0,84 | 32,40 |
| 6 | 5,73 | 4,93 | 0,44 | 5,58 | 44,73 |
| | 6,12 | 1,54 | 0,16 | 0,39 | 45,26 |
| | 6,69 | 0,56 | 0,05 | 0,66 | 22,21 |
| | 7,46 | 0,54 | 0,06 | 1,67 | 21,50 |
| | 7,33 | 0,47 | 0,07 | 6,89 | 24,08 |
| 7 | 5,65 | 4,38 | 0,44 | 1,39 | 48,29 |
| | 5,95 | 1,94 | 0,18 | 0,32 | 58,17 |
| | 6,33 | 0,69 | 0,08 | 0,21 | 51,42 |
| | 6,96 | 0,67 | 0,06 | 0,35 | 32,03 |
| | 7,51 | 0,57 | 0,05 | 0,38 | 29,67 |

Tableau 21 - Caractéristiques chimiques des profils pédologiques décrits sur la coulée du Copalillo (1/2).

| Profil | pH | C total [%] | N total [%] | P total [mg·kg ⁻¹] | P fixé [%] |
|--------|----------------|-------------|-------------|--------------------------------|------------|
| 14 | 6,02 | 1,82 | 0,15 | 3,71 | 60,17 |
| | 6,06 | 1,72 | 0,14 | 9,11 | 45,48 |
| | 6,14 | 1,20 | 0,09 | 18,46 | 43,78 |
| 15 | 6,05 | 2,35 | 0,22 | 0,59 | 54,72 |
| | 7,83 | 0,41 | 0,03 | 1,98 | 34,85 |
| 16 | 6,23 | 1,80 | 0,17 | 3,29 | 56,38 |
| | 6,42 | 1,43 | 0,10 | 3,92 | 44,63 |
| | 7,06 | 0,42 | 0,03 | 0,28 | 27,70 |
| 17 | 5,88 | 3,18 | 0,26 | 3,46 | 48,20 |
| | 6,24 | 0,80 | 0,09 | 1,70 | 44,22 |
| | 6,51 | 0,76 | 0,08 | 1,98 | 45,52 |
| 18 | 5,93 | 3,25 | 0,28 | 0,25 | 49,36 |
| | éch. 1 6,14 | 1,56 | 0,14 | 0,04 | 57,94 |
| | éch. 2 6,08 | 1,27 | 0,11 | 0,11 | 61,65 |
| 19 | 5,41 | 3,71 | 0,35 | 1,66 | 49,90 |
| | 6,17 | 0,82 | 0,09 | 0,18 | 57,13 |
| | 6,29 | 0,22 | 0,03 | 1,01 | 19,03 |
| 21 | 5,53 | 3,48 | 0,32 | 29,01 | 47,67 |
| | 5,99 | 0,96 | 0,11 | 28,01 | 47,13 |
| | 6,19 | 0,94 | 0,11 | 14,89 | 48,74 |

Tableau 22 - Caractéristiques chimiques des profils archéologiques décrits sur la coulée du Copalillo (2/2).

| Profil | CEC[m+s] [cmol·kg ⁻¹] | Ca | Mg [cmol·kg ⁻¹] | K | Na | Somme BE [cmol·kg ⁻¹] | BE [mol·m ⁻²] | Saturation en bases [%] | |
|--------|--------------------------------------|-------|--------------------------------|------|------|--------------------------------------|------------------------------|----------------------------|-------|
| 1 | 33,5 | - | - | - | - | 15* | - | 45* | |
| | 31,5 | 10,86 | 4,26 | 0,34 | 0,11 | 15,56 | 35,13 | 49,40 | |
| | 46,95 | 13,85 | 4,96 | 0,40 | 0,18 | 19,38 | 50,65 | 41,28 | |
| | 59,75 | 14,91 | 6,68 | 0,61 | 0,35 | 22,55 | 45,54 | 37,74 | |
| | 59,75 | 18,28 | 7,98 | 1,06 | 0,47 | 27,79 | 90,11 | 46,50 | |
| | 59,75 | 15,47 | 6,93 | 0,85 | 0,34 | 23,59 | 32,70 | 39,49 | |
| 3 | 27,5 | - | - | - | - | 22* | - | >50* | |
| | 48,5 | 14,16 | 7,10 | 1,23 | 0,12 | 22,61 | 27,92 | 46,62 | |
| | 60,75 | 21,71 | 10,75 | 0,79 | 0,30 | 33,55 | 172,27 | 55,23 | |
| | 59,75 | 28,32 | 13,73 | 0,41 | 0,71 | 43,16 | 105,43 | 72,24 | |
| | 59,75 | 22,27 | 11,52 | 0,32 | 0,83 | 34,93 | 103,41 | 58,47 | |
| | 4 | 31,25 | 11,73 | 6,34 | 1,01 | 0,12 | 19,20 | 6,57 | 61,43 |
| 4 | 46,6 | 10,42 | 5,12 | 0,20 | 0,18 | 15,92 | 23,29 | 34,16 | |
| | 60,75 | 10,86 | 5,50 | 0,26 | 0,22 | 16,82 | 83,11 | 27,69 | |
| | 59,75 | 12,73 | 7,29 | 0,21 | 0,38 | 20,59 | 45,77 | 34,46 | |
| | 59,75 | 19,03 | 10,79 | 0,18 | 0,78 | 30,77 | 34,20 | 51,49 | |
| | 34 | 15,47 | 8,19 | 0,11 | 0,17 | 23,94 | 45,25 | 70,41 | |
| | 6 | 31,25 | 10,48 | 7,35 | 0,18 | 0,10 | 18,10 | 10,84 | 57,93 |
| 6 | 22,4 | 8,36 | 6,61 | 0,58 | 0,06 | 15,61 | 76,33 | 69,67 | |
| | 44,5 | 12,41 | 8,48 | 0,35 | 0,21 | 21,45 | 74,52 | 48,19 | |
| | 59,75 | 17,41 | 11,66 | 0,43 | 0,34 | 29,83 | 120,47 | 49,92 | |
| | 59,75 | 19,84 | 12,91 | 0,39 | 0,39 | 33,52 | 21,57 | 56,10 | |
| | 7 | 31,25 | 11,29 | 4,86 | 0,78 | 0,08 | 17,00 | 12,21 | 54,40 |
| | 7 | 61,65 | 13,66 | 5,43 | 0,64 | 0,22 | 19,95 | 41,89 | 32,36 |
| 59,75 | | 13,60 | 5,66 | 1,68 | 0,36 | 21,29 | 40,24 | 35,63 | |
| 59,75 | | 14,23 | 5,60 | 0,99 | 0,20 | 21,02 | 99,05 | 35,18 | |
| 59,75 | | 14,41 | 5,53 | 1,35 | 0,22 | 21,50 | 86,22 | 35,99 | |
| 14 | | 46,7 | 13,60 | 5,88 | 0,81 | 0,12 | 20,40 | 169,65 | 43,68 |
| 14 | | 46,7 | 14,97 | 5,89 | 0,36 | 0,12 | 21,33 | 177,42 | 45,68 |
| | 45,5 | 16,84 | 6,20 | 0,26 | 0,24 | 23,53 | 76,87 | 51,71 | |
| | 15 | 47,7 | 11,85 | 6,42 | 1,29 | 0,18 | 19,74 | 44,56 | 41,38 |
| 15 | 59,75 | 18,78 | 9,46 | 2,14 | 1,04 | 31,41 | 233,20 | 52,56 | |
| | 16 | 46,9 | 13,54 | 6,50 | 0,28 | 0,30 | 20,62 | 176,33 | 43,96 |
| | 16 | 46,9 | 14,66 | 7,00 | 0,40 | 0,34 | 22,40 | 191,57 | 47,75 |
| 44,5 | | 17,72 | 9,02 | 0,63 | 0,96 | 28,32 | 117,74 | 63,63 | |
| 17 | | 48,5 | 14,04 | 4,73 | 0,41 | 0,18 | 19,35 | 63,15 | 39,90 |
| 17 | 59,75 | 11,73 | 4,73 | 0,91 | 0,31 | 17,68 | 42,01 | 29,59 | |
| | 59,75 | 15,41 | 6,02 | 2,11 | 0,69 | 24,23 | 94,02 | 40,55 | |
| | 18 | 48,5 | 13,72 | 5,61 | 0,34 | 0,28 | 19,95 | 24,13 | 41,12 |
| éch. 1 | 60,75 | 13,29 | 6,12 | 0,27 | 0,45 | 20,12 | 26,16 | 33,12 | |
| | éch. 2 | 60,75 | 11,92 | 5,03 | 1,15 | 0,54 | 18,63 | 24,22 | 30,66 |
| 19 | 31,5 | 12,23 | 4,26 | 0,52 | 0,20 | 17,20 | 30,65 | 54,59 | |
| | 59,75 | 9,98 | 4,34 | 1,29 | 0,44 | 16,05 | 104,56 | 26,86 | |
| | 27,5 | 7,98 | 4,59 | 1,55 | 0,35 | 14,47 | 17,19 | 52,61 | |
| 21 | 31,5 | 14,10 | 3,78 | 0,74 | 0,16 | 18,78 | 71,57 | 59,61 | |
| | 45,4 | 12,17 | 3,57 | 0,74 | 0,18 | 16,65 | 59,36 | 36,68 | |
| | 59,75 | 13,54 | 4,00 | 1,01 | 0,22 | 18,76 | 36,22 | 31,41 | |

Tableau 23 - Capacité d'échange cationique et saturation en bases des profils de la coulée du Copalillo.
[m+s] = interpolation des types d'argiles dans la fraction fine, voir note 163 : 296.

| Profil | Classification WRB 2015 | Contexte/interprétation archéologique |
|--------|---|---|
| 1 | Stagnic, Endovertic Phaeozem (Cutanic) | Zone de passage intra-site |
| 3 | Pellic Vertisol (Mollic, Stagnic) | Dépression sédimentaire |
| 4 | Endovertic Phaeozem (Differentic) | sujette à inondation/ point d'eau potentiel ? |
| 6 | Endovertic Phaeozem (Differentic) | |
| 7 | Leptic Vertisol (Endoskeletal) | Bordure de zone habitée |
| 14 | Umbric Stagnosol (Colluvic, Humic, Endoskeletal) | Fond de dépression sédimentaire/ point d'eau |
| 15 | Stagnic, Colluvic, Protic Regosol (Clayic, Densic, Humic, Relocatic) | Bordure de dépression sédimentaire |
| 16 | Stagnic, Colluvic, Protic Regosol (Clayic, Densic, Humic, Relocatic) | |
| 17 | Endovertic Phaeozem (Relocatic) | Terrasse d'habitat préhispanique |
| 18 | Leptic Vertisol (Humic, Hyperskeletal) | Terrasses agricoles préhispaniques |
| 19 | Mollic Stagnosol (Relocatic) | Bord de plateforme civico-cérémonielle |
| 21 | Endovertic Phaeozem (Technic (Archaic)) | Bord de structure préhispanique |

Tableau 24 - Classification des sols décrits sur la coulée du Copalillo

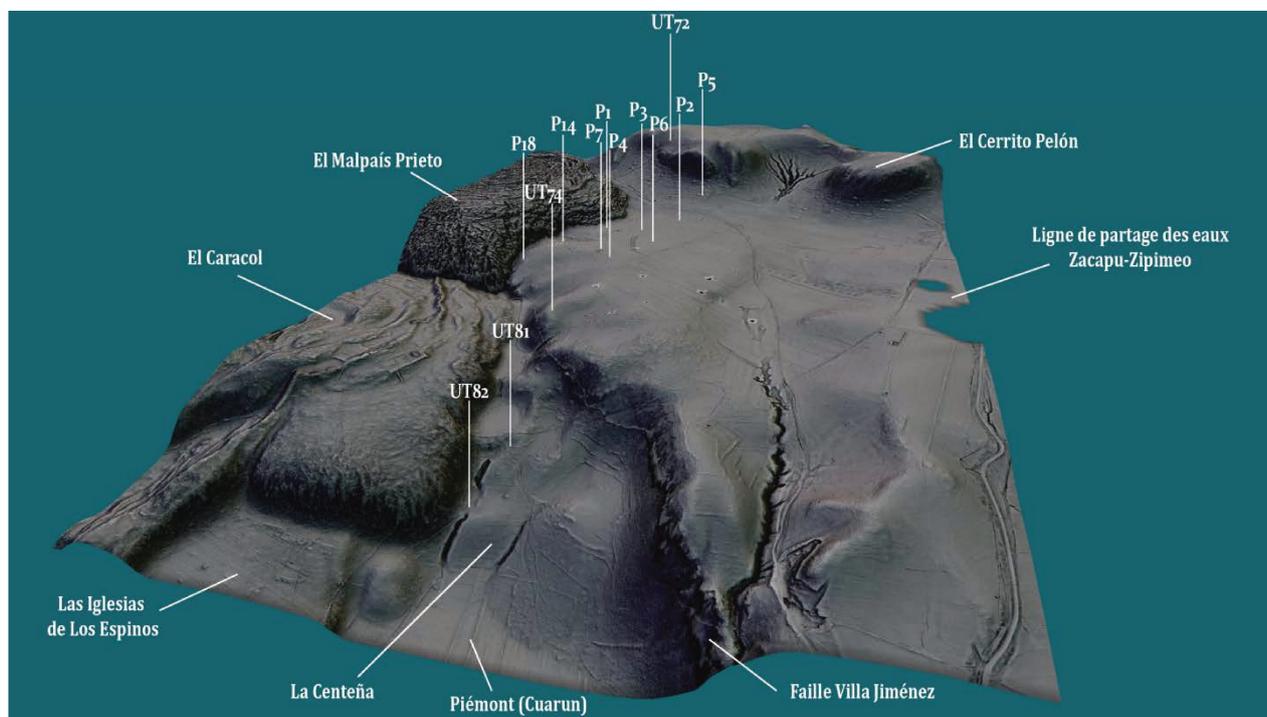


Figure 96 - Localisation des profils pédologiques sur une vue 3D (facteur z = $\times 2$) depuis l'ouest de la coulée du Copalillo.

De manière générale, il s'agit de sols de couleur brun sombre (Figure 98). Cette couleur est en partie due aux taux de carbone organique moyens à modérément élevés dans les horizons minéraux de surface (>2,5% en moyenne), qui se développent sous un humus de type Mull. Des nuances grisâtres et/ou des taches orangées en profondeur dans la plupart des profils témoignent de conditions d'oxydo-réduction et d'un drainage interne lent. La capacité d'aération est globalement mauvaise et la réserve en eau assimilable par les plantes (ou réserve utile, RU) moyenne à basse, voire déficiente dans les profils 15 et 18. Seul le profil 7 présente une conductivité hydraulique réellement mauvaise. La zone la moins bien drainée est localisée directement au pied de la coulée du Prieto, où les profils 14 et 19 remplissent les critères de Stagnosols. Soulignons la position du profil 14 au fond d'une dépression. Un réservoir artificiel a récemment¹⁶² été édifié en amont pour canaliser les eaux de pluies et abreuver les bêtes. Au regard des propriétés stagniques marquées dans P14 (Figure 98), il est vraisemblable que l'accumulation d'eau se soit auparavant faite dans la dépression.



Figure 97 - Vue de la coulée du Copalillo vers le sud depuis la ligne de partage des eaux Zacapu-Zipimeo.



Figure 98 - Principaux types de profil rencontrés sur la coulée du Copalillo.

Les propriétés vertiques sont concentrées en profondeur, sous un Ah épais dans le profil P4 (Endovertic Phaeozem). Elles sont généralisées dans P3 (Pellic Vertisol). Dans P14 (Umbric Stagnosol), les propriétés stagniques dominent.

¹⁶² Il y a moins de 50 ans d'après nos informateurs.

Tous les profils sont riches en argiles, avec une moyenne globale supérieure à 50%. Certains montrent des indices d'illuviation (P4 et P6) et la plupart présentent des horizons subsuperficiels à faces de glissements, témoins du gonflement-retrait des argiles 2/1. Ces horizons semblent répondre d'une phase initiale de pédogenèse, qui aurait par la suite été recouverte par des matériaux plus jeunes (téphriques). Ainsi, malgré des *solums* profonds (en moyenne 1 m ou plus), la profondeur physiologique des sols est limitée dans la majorité des cas par la présence d'horizons vertiques, de propriétés stagniques ou de changements texturaux abrupts (P15 et 16). La superficialité du sol n'est limitative pour l'enracinement que pour le profil 18.

Le pH des horizons de surface est légèrement acide (autour de 5,50), témoin d'une bonne activité biologique, et augmente sensiblement dans les horizons subsuperficiels. Le taux d'azote est généralement haut en surface (autour de 0,40%). La relation C/N est partout autour de 10, indiquant une minéralisation rapide et une bonne disponibilité en azote. La salinité est négligeable (CE entre 42,9 et 296,5 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). En l'absence de mesure du taux d'aluminium (Al) et d'hydrogène (H), la CEC a été estimée en supposant un mélange de différents types d'argiles avec une dominance de smectites¹⁶³ (Tableau 23). La saturation en bases (Ca, Mg, Na, K) apparaît supérieure à 50% dans les profils 1, 3, 4, 6, 17, 19 et 21, lesquels présentent de fait un horizon mullique. Le taux de phosphore est bas ($< 20 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), à l'exception des profils 1 et 21. Ce dernier présente un taux particulièrement élevé ($> 70 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), indicateur de la présence d'une source de phosphore. Elle est potentiellement liée à l'activité humaine car P21 se trouve au cœur du site de Mich. 31N (présence d'ossements ?). À cet égard, notons finalement dans les profils 15, 16, 17 et 19, des indices clairs de modifications humaines de la structure des sols, probablement associées à des opérations de nivellement.

Les observations à la tarière réalisées plus au nord et en bordure de la faille de Villa Jiménez, suggèrent que les caractéristiques des profils 1, 4 et 6 sont parmi les plus représentatives de la coulée du Copalillo. Au regard des prélèvements et de la géomorphologie, le drainage interne des sols est sensiblement plus rapide à mesure qu'on s'éloigne du pied du Malpaís Prieto vers le nord. Il est ralenti au niveau de la ligne de partage des eaux Zacapu-Zipimeo. Dans les zones planes, les classes texturales argileuses observées en profondeur avec la tarière reflètent vraisemblablement la présence d'horizons

¹⁶³ Estimation de la CEC d'après Blume 1990, modifié par Siebe *et al.* 2006. Le choix de considérer une dominance de smectites s'explique par le contexte volcanique des profils et la présence d'horizons vertiques, et donc d'argiles gonflantes (type 2/1), dont les smectites sont parmi les principales représentantes (Girard *et al.* 2011 : 26-27).

subsuperficiels vertiques. Cette évolution naturelle des *solums* vers une texture lourde – bien exprimée au nord de la zone cartographiée (B1275) –, est par endroit contrebalancée par l'influence des mouvements de matière depuis le versant du Cerrito Pelón et concentrés vers la ravine principale. Dans les zones de déperdition d'eau et aux épaulements, les *solums* sont superficiels (voir P7 et 18). Les horizons vertiques y sont mieux exprimés (DA estimée à 1,4-1,5 g·cm⁻³ dans P7) et la pierrosité est particulièrement importante (50% dans P18).

- *Le vallon sec de la Centeña (coulée du Copalillo).*

Deux sondages archéologiques ont été conduits dans le vallon sec de la Centeña (UT81 et 82, 7.4.1.2). À ceux-ci s'ajoutent des observations à la tarière. Le vallon fait partie de la coulée du Copalillo. Les caractéristiques des sols y sont donc similaires. On notera cependant l'influence importante des apports de colluvions issues de l'escarpement de la faille de VJ et du versant nord du Caracol.

La partie aval du vallon est caractérisée par des zones pentues (versants sur carte 1 : 60000^{ème}). Les sols de couleur brun sombre (matière organique modérée à élevée) présentent des horizons subsuperficiels vertiques ou protovertiques, qui ont concourus à la formation de ravines qui entaillent le vallon. Les horizons de surface ont des classes texturales plus grossières. Au regard des analyses chimiques conduites ailleurs sur la coulée, ils satisfont probablement les caractéristiques d'horizons molliques, plus ou moins développés selon le pendage. De manière générale, les *solums* sont assez peu profonds – souvent inframétriques – et marqués par une importante pierrosité. Nous pouvons arbitrairement les classer comme des Leptic, Skeletic Phaeozems et des Vertisols.

La partie amont du vallon se caractérise quant à elle par des zones de replat, où s'accumulent les matériaux colluviques et alluvionnaires. La profondeur de sol est plus importante et les classes texturales moins marquées par les argiles. La couleur passe d'un brun sombre – indiquant un possible horizon mollique au regard du contexte – à une teinte plus ocre – reflet de l'altération pédologique dans des horizons potentiellement cambiques. Aussi proposons nous la classification de Cambic Phaeozems.

- *La Raya.*

À l'ouest du Cerrito Pelón, la coulée de La Raya présente une morphologie générale légèrement bombée (Figure 99). Elle se développe entre la coulée du Copalillo et celle du Coyotillo-Durazno, qui la recouvrent. Le cône dont elle est issue en constitue le point culminant. Au pied de son versant ouest se trouve la ligne de partage des eaux (2130 m,

pointillé sur Figure 99), depuis laquelle la pente modérée (2 à 5°) est descendante vers le nord comme vers le sud, où la levée présente un versant plus fort, ponctué d'escarpements. Au nord – en dehors de notre fenêtre –, la levée est moins nette et les limites de la géoforme se confondent avec les bords de la dépression de Caurio.

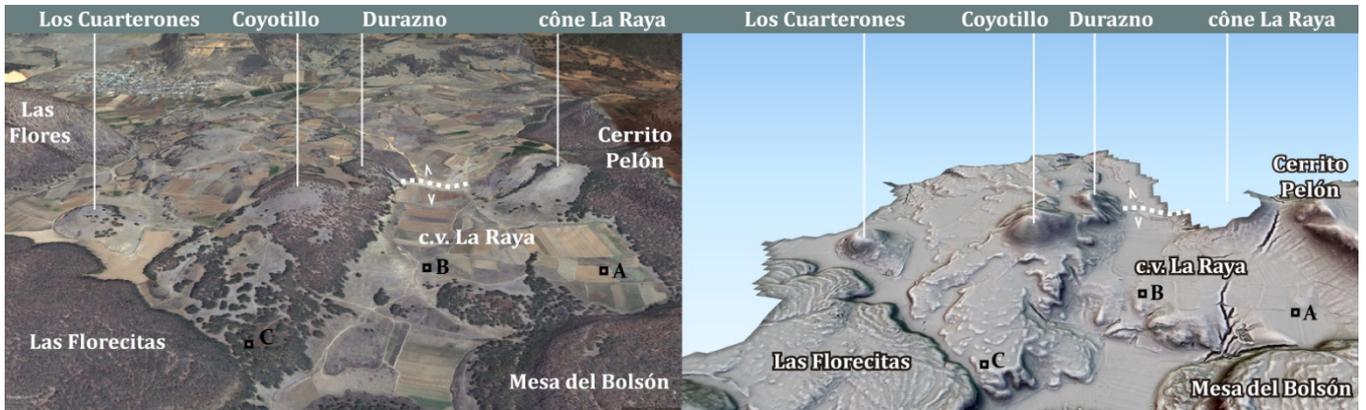


Figure 99 - Vue 3D Google Earth (droite) et LiDAR (gauche) des coulées de La Raya, du Coyotillo-Durazno, et de Los Cuarterones, depuis le sud.

Les observations réalisées à la tarière au sud de la coulée ont révélé une bonne profondeur de sol (> 1 m) et une texture de loam argilo-limoneux (A et B sur Figure 99, et Figure 100). La coloration passe plus ou moins rapidement d'un brun sombre dans l'horizon de surface, à une teinte plus claire, couleur café (7.5 YR 4/4). De fait, bien qu'elle soit plus ancienne que la coulée du Copalillo, la Raya bénéficie d'apports réguliers de colluvions et d'alluvions (ravines) provenant du Cerrito Pelón, du cône scoriacé dont elle est issue, et de la coulée du Coyotillo-Durazno. Ces caractéristiques nous incitent à interpréter l'horizon de surface comme mollique. La coloration en profondeur répond probablement de l'altération pédogénétique au sein d'un horizon potentiellement cambique.

Nous avons choisi d'écarter l'hypothèse de propriétés andiques ou vitriques – et donc de la présence d'Andosols, tels qu'indiqués sur la carte de la DETENAL –, car les analyses conduites dans des contextes similaires ou plus jeunes – sur le piémont du Cerrito Pelón (6.3.3) et sur la Mesa del Bolsón (6.3.1.2) – ont révélé des taux de fixation du phosphore trop bas pour satisfaire les conditions diagnostiques de telles propriétés (cf. 5.3.4.3). Nous proposons donc de classer les sols de La Raya comme des Cambic Phaeozems.

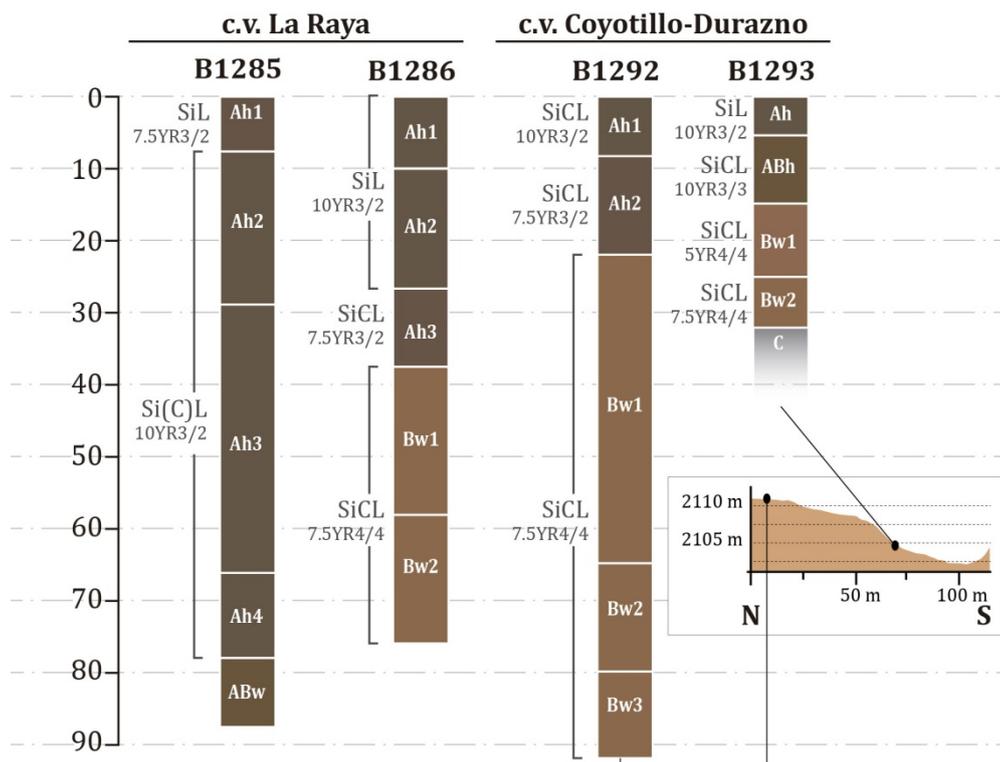


Figure 100 - Synthèse des observations réalisées sur les coulées de La Raya et El Coyotillo-El Durazno.

B1285 = A sur Figure 99

B1286 = B sur Figure 99

B1292 et B1293 = C sur Figure 99

À l'épaulement de la levée sud, le sol s'amincit et quelques affleurements rocheux témoignent de la présence de Leptosols. Par ailleurs, le versant dans cette zone est marqué par le ravinement et de légères *carcavas*. Ce sont là les témoins d'une classe texturale plus argileuse. À ce titre, nous reviendrons plus loin (6.3.3) sur des zones d'accumulation inscrites au sein de la coulée de La Raya, que nous avons catégorisées comme « dépressions intra-coulée » sur la carte au 1 : 60000^{ème}. L'accumulation d'humidité dans les sols de ces zones – exprimée en surface par la présence d'espèces végétales exigeantes en eau (*Saccharum* sp. [canne à sucre]) – est selon nous un autre indicateur de possibles horizons subsuperficiels à argiles gonflantes – *a fortiori*, potentiellement des horizons vertiques. À partir de ces observations, il nous semble envisageable que certains sols puissent répondre aux critères d'Endovertic Phaeozems.

Finalement, notons que la DETENAL considère la partie nord de la coulée de La Raya comme dominée par les Vertisols. La classification nous paraît pertinente. Toutefois, l'observation a été réalisée au bord de la route gouvernementale au nord de la coulée, où le drainage interne est plus lent et où apparaissent des *carcavas*. Nous pensons que les Vertisols se concentrent en réalité aux épaulements et que la prédominance est à nuancer, notamment

au nord du cône scoriacé. Dans cette zone, au regard de la pente, et des apports de matériaux colluviques et d'alluvions, nous pensons que la présence de Phaeozems est probable.

- *El Coyotillo-El Durazno.*

El Coyotillo et El Durazno sont les deux cônes scoriacés desquels est issue la coulée éponyme. Bien qu'elle n'ait pas fait l'objet de datation absolue, Reyes Guzmán *et al.* (2018) considèrent qu'elle est postérieure à $0,23 \pm 0,09 \text{ Ma}^{164}$. Elle est donc plus jeune que les coulées jusqu'ici présentées. En conséquence, les reliefs structuraux n'ont pas encore été totalement altérés. En résulte une morphologie globalement bombée, – couronnée par les cônes scoriacés –, mais dont la pente est brisée par la succession de vastes plans ($0,5$ à 5°), délimités par des talus plus raides, où la roche est exposée (voir Figure 99). De même, la coulée est ponctuée çà et là d'affleurements, qui sont autant de vestiges des rides de pressions originelles.

Nous n'avons réalisé quelques observations à la tarière au sud de l'édifice (Figure 100). Elles ont permis de constater un type de sol très similaire à ceux carottés sur la coulée de La Raya : un horizon brun sombre bien développé ($> 20 \text{ cm}$ dans les zones planes), potentiellement mollique, surmontent un horizon B de chromaticité et valeur élevées (4/4), cambique.

La DETENAL considère que les Andosols sont majoritaires dans la partie sud de la coulée, en contraste avec la partie nord, caractérisée par des Vertisols. Suite à nos travaux, il nous semble que cette opposition est à nuancer car elle a vraisemblablement été surtout fondée sur la différence actuelle d'utilisation des sols, visible sur les photographies aériennes et satellites (pâturages dominants au sud, cultures dominantes au nord). Or, cette différence est avant tout liée à la propriété foncière. La partie sud appartient au *municipio* éloigné de Zacapu, et la partie nord à celui, plus proche, de Caurio. Par ailleurs, l'identification d'Andosols est soumise à conditions, au regard de l'évolution des critères diagnostiques de ce Groupes de sols de référence (Takahashi *et al.* 2004 ; 5.3.4.3). Il s'agit potentiellement de Cambic Phaeozems concentrés au sud, et plus généralement autour du cône principal d'El Coyotillo, dont les versants génèrent des colluvions. Nous ne remettons pas en question la possibilité de développement de Vertisols dans la partie nord, moins pentue. Enfin, soulignons ici la

¹⁶⁴ Datation absolue du Cerro de Enmedio, localisé en dehors de notre fenêtre d'étude, au nord du volcan Tule. La coulée du Cerro de Enmedio présente, selon Reyes Gúzman (2017), des reliefs structuraux légèrement plus érodés que la coulée du Coyotillo-Durazno.

présence de Leptosols (d'origine structurale), plus marquée que dans les coulées plus anciennes du Pléistocène ancien-moyen.

- *Los Cuarterones*

Aucune observation autre qu'en surface n'a été conduite sur cette coulée. Sa morphologie est globalement plane et les reliefs structuraux ont quasiment disparus. Elle est recouverte par la coulée du Coyotillo-Durazno à l'est, par le piémont du complexe de dômes de Las Flores à l'ouest, et par la coulée de Malpaísillo au sud (Figure 99). Los Cuarterones émane du cône éponyme, localisé au nord de Malpaísillo. Depuis le cône, la pente est descendante vers le sud-est et le nord, où elle est incisée par une ravine. Vers l'ouest, la coulée relativement plane est rapidement recouverte par les colluvions et alluvions issus du dôme de Las Flores (6.3.2.4). De manière générale, de par sa position en contrebas des géoformes environnantes, la coulée de Los Cuarterones reçoit des apports importants de matériaux colluviques et d'alluvions.

La DETENAL identifie des Andosols ochriques (matière organique comprise entre 0,2% et 1%). La même question que précédemment se pose pour la classification d'Andosols : les sols satisfont-ils les critères ? Par ailleurs, au regard de la couleur foncée des horizons de surface dans les sols sondés à proximité – au pied du Cerro de Las Flores (voir B1291, 6.3.2.4), eux aussi considérés ochriques –, et des taux de matière organique mesurés ailleurs dans tous les sols analysés – partout supérieurs à 1% dans les horizons minéraux de surface –, un tel qualificatif paraît peu probable.

Les apports de matériaux ont contribué au maintien d'une classe texturale relativement grossière (de loam argilo-limoneux ou plus grossière). Le développement d'horizons molliques est vraisemblable. Il pourrait s'agir de Phaeozems. Par ailleurs, l'accumulation de l'humidité dans certaines zones, matérialisée par des couleurs plus vives dans la végétation sur les photographies satellites, constitue un indice de la rétention d'eau en profondeur. Il est possible que cette rétention soit assurée par la présence d'horizons argileux subsuperficiels, ce qui semble en accord avec le ravinement important constaté au nord de la coulée. Des propriétés vertiques profondes sont donc envisageables (qualificatif d'Endovertic).

- *Las Minas.*

Nous ne connaissons la coulée de La Minas qu'au travers des données numériques (LiDAR, satellite et photographies des fouilles et prospections d'autres membres du projet). Contrairement aux coulées présentées jusqu'ici – à bombement léger et surface

majoritairement plane –, la coulée de Las Minas présente un bombement marqué et un dénivelé important (de 2120 m sur le piémont à 2210 m au sommet) (Figure 101). Il s’agit en réalité d’un unique bras de coulée, partiellement recouvert à l’ouest par un des flux du volcan Tule. Sa forme générale en croissant est marquée à l’est, au sud, et au nord, par des versants forts ($> 15^\circ$). La surface sommitale plane passe progressivement à une pente douce vers l’est. En résulte une différence nette dans l’évolution pédogénétique. Le sommet est caractérisé par une épaisseur importante de sols, développés à partir de matériaux téphriques, alors que les versants et épaulements sont en grande partie dénudés.

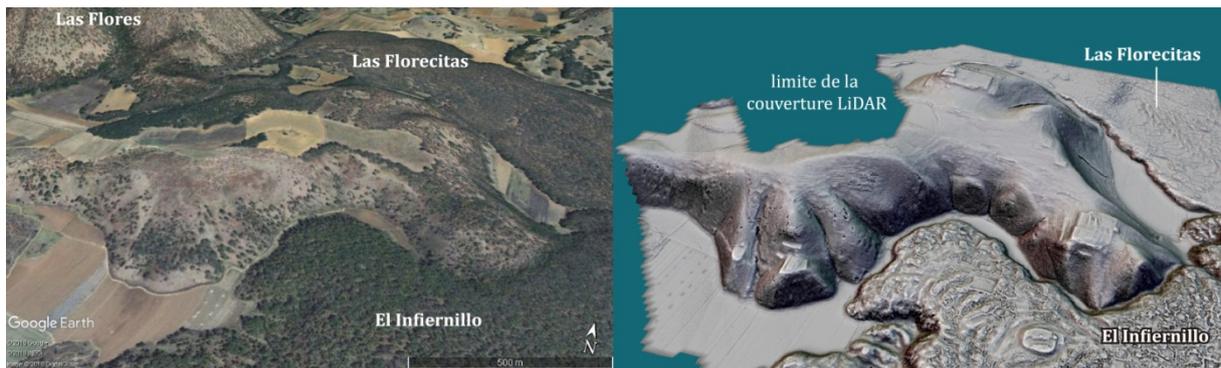


Figure 101 - Vue 3D Google Earth (gauche, facteur $z = \times 2$) et vue 3D LiDAR (droite, $z = \times 2$) de la coulée de Las Minas. Noter les plateformes anthropiques sur le bras sud-est ou au sommet de la coulée.

La DETENAL identifie des Andosols ochriques au sommet et des Lithosols (Leptosols), Andosols molliques et des Luvisols orthiques¹⁶⁵ sur les versants. Nous soulevons encore une fois le problème lié à l’identification d’Andosols (cf. 5.3.4.3). Il est par ailleurs difficile d’estimer la pertinence du qualificatif ochrique sur la base de photographies. Le taux de matière organique inférieur à 1% requis, semble toutefois constituer une estimation très – voire trop – basse au regard de ce que nous avons pu observer ailleurs sur des coulées du même âge. À l’inverse, le développement d’horizons molliques dans les sols des pentes est vraisemblable. En l’absence de mesure du taux de rétention de phosphore, il serait plus prudent de voir en lieu et place des Andosols, des Phaeozems dans le cas des sols présentant un horizon mollique, et des Cambisols dans le cas contraire. La présence d’argiles illuviales, nécessaire à la classification de Luvisols, est possible en théorie. L’ébauche de tels processus a de fait été constatée dans les profils P4 et P6 de la coulée, plus ancienne, du Copalillo. Sans vérification de terrain, il est difficile de trancher. L’omniprésence des Leptosols est quant à elle certaine au regard des photographies (Figure 102).

¹⁶⁵ Le qualificatif « orthique », signifiant qu’il s’agit d’une expression commune d’un Groupes de sols de référence (FAO-UNESCO 1974), n’est plus usité aujourd’hui et a été remplacé par celui d’« haplique », qui lui est plus ou moins synonyme (IUSS 2015).



Figure 102 - Affleurements rocheux (Nudilithic Leptosols) sur le versant sud de la coulée de Las Minas.
crédit photographique : O. Quezada

Notons finalement que sur cette coulée sont construits les sites épiclassiques de Mich. 427 et 428 (7.2.6. et 7.2.7.). Elle est intensément aménagée, tant sur ses versants nord, est, et sud, qu'à son sommet, couronné de plateformes nivelées par du sol téphrique. La présence de sols répondant aux caractéristiques des Anthrosols est donc envisageable.

- *La Mesa El Pinal.*



Figure 103 - Vue 3D Google Earth (gauche) et LiDAR (droite) de la Mesa El Pinal.

Nous ne pouvons fournir une bonne image d'El Pinal car notre connaissance est une fois de plus limitée aux données numériques. Nous n'avons visité qu'une fois le corridor de La Cañada, au sud de l'édifice, et le pied du versant nord. Comme on l'a évoqué, la Mesa El Pinal est la coulée la plus ancienne de notre fenêtre ($2,09 \pm 0,13$ Ma). À l'instar de Las Minas, elle présente une morphologie ramassée, marquée d'un fort dénivelé (de 2000 à 2200 m, depuis le corridor de La Cañada jusqu'au sommet ; Figure 103). Elle est par ailleurs entaillée sur son versant sud par une faille. De par son ancienneté et le pendage important des versants ($> 15^\circ$), les phénomènes de ravinement y sont particulièrement importants.

Outre les Lithosols (Leptosols), qui caractérisent l'escarpement de la faille, la DETENAL considère que les Andosols molliques sont dominants. Nous mettons une fois de plus en doute

la classification en tant qu'Andosols (*cf.* 5.3.4.3). Par ailleurs, le ravinement constaté sur l'ensemble du versant nord reflète selon nous des classes texturales plus argileuses, au moins dans les horizons subsuperficiels. La présence d'horizons molliques est vraisemblable. Nous considérons donc que les Groupes de sols de référence dominants sont potentiellement des Phaeozems. Le qualificatif d'Endovertic est envisageable dans les parties basses de la coulée.

Soulignons par ailleurs le degré d'aménagement de la Mesa El Pinal, occupée par le site archéologique éponyme de Mich. 440 (7.3.4). Le versant nord présente un important réseau de terrasses. Ces aménagements ont tiré profit du ruissellement, des ravines, et plus généralement des flux de matières à la surface de l'édifice.

- *Synthèse pour les coulées volcaniques du Pléistocène ancien-moyen*

Nous concédons que les caractéristiques mises en lumière par les profils décrits sur la coulée du Copalillo ont été assez abusivement extrapolées aux autres coulées volcaniques de notre fenêtre. Des études plus précises de chaque géoforme seraient nécessaires. Nous avons néanmoins tenté d'appuyer nos propos par les observations à la tarière et notre bonne connaissance de certains contextes, plusieurs fois visités.

Dans une première phase de morpho-pédogenèse, il est probable que les sols des coulées du Pléistocène ancien-moyen se soient constitués par altération des vulcanites qui les composent. Peu après leur mise en place – à l'échelle des temps géologiques –, les éruptions explosives postérieures ont entraîné leur recouvrement par des matériaux téphriques plus jeunes. Aussi la morpho-pédogenèse est-elle étroitement associée à ces dépôts superficiels successifs. Par ailleurs, malgré la morphologie globalement plane des coulées du Pléistocène ancien-moyen, l'ondulation générale des hautes terres et la superposition de flux de lave plus jeunes, sont à l'origine d'apports importants de matériaux colluviques et, par endroit, d'alluvions ; principalement mis en mouvements par les pluies estivales.

Ces facteurs ont concouru au maintien d'horizons de surface à classes texturales relativement grossières, se développant – selon les contextes – jusqu'à une profondeur importante du profil. Le pH légèrement acide (5,5 à 6, au regard des profils analysés) indique une saturation en bases modérée (de manière générale, probablement autour de 50%). La couleur foncée (brun sombre) observée dans la plupart des horizons de surface (Ah) reflète l'humification – qui se traduit au laboratoire par des valeurs modérées à élevées de carbone

organique (> 2,5%). Les horizons molliques sont de fait fréquents. En l'absence de carbonate, les sols satisfont pour la plupart les critères diagnostiques des **PHAEZEMS**.

La rapidité du drainage interne est à l'origine d'altérations pédogénétiques variables. Dans les zones confinées, l'alternance entre saison humide et sèche a permis la néoformation d'argiles gonflantes, comme en témoigne les horizons vertiques fréquemment observés. Là où le drainage interne est lent, cette évolution – autrement cantonnée aux horizons subsuperficiels (Endovertic Phaeozems) – s'est généralisée à l'ensemble du profil, conduisant à la formation de **VERTISOLS**.

Outre ces deux Groupes de sols de référence principaux, d'autres types de sols se sont développés, plus localement. Notons les **STAGNOSOLS** localisés dans les zones présentant le drainage très lent et les **LEPTOSOLS**, vestiges de reliefs structuraux, concentrés là où l'érosion est la plus forte (escarpements). Enfin, de par notre formation et l'orientation de cette thèse, soulignons les importantes modifications humaines qui peuvent toucher ces géoformes et qui modifient la pédogenèse de leurs sols (ex. **ANTHROSOLS**, Protic **REGOSOLS** ; voir chapitre 8).

6.3.1.2. Coulées volcaniques du Pléistocène récent

Les coulées volcaniques du Pléistocène récent (100 ka BP - 12000 ans BP) constituent le second type que nous avons défini, au regard des pédo-paysages qui s'y développent. Elles représentent un stade intermédiaire dans l'évolution géopédologique entre les coulées du Pléistocène ancien-moyen et les coulées de l'Holocène. Elles se caractérisent par :

- 1) des reliefs structuraux encore bien marqués (rides de pression notamment), qui leur confèrent une morphologie chaotique, où les affleurements rocheux sont omniprésents ;
- 2) des zones d'accumulation concaves entre les rides de pression, stocks de matériaux d'origine téphrique (dépôts de cendre, colluvions ou alluvions), qui, par ailleurs, orientent le réseau hydrographique temporaire à la saison humide.

Au regard de cette seconde caractéristique, la pente générale de la géoforme détermine le degré de concentration des eaux de ruissellement. On verra plus avant que c'est un élément fondamental dans l'organisation des espaces agraires préhispaniques (8.2.2).

Notre fenêtre d'étude regroupe cinq coulées de ce type :

- El Caracol, exclusivement effusive ;
- La Mesa del Bolsón, effusive elle aussi ;
- Malpaísillo, issu d'un petit cône scoriacé situé au sud du Cerro de Las Flores ;
- Las Milpillas, vraisemblablement issue d'un des cônes des Tres Cerritos (Reyes Gúzman 2017) ;
- et Las Joyitas de Las Milpillas¹⁶⁶, elle aussi probablement issue des Tres Cerritos.

La nature de nos investigation n'a pas été la même sur l'ensemble des coulées du Pléistocène récent. Précisons que notre travail de terrain a été très limité en ce qui concerne les coulées de Las Milpillas et Las Joyitas de Las Milpillas.

▪ *El Caracol*

À l'interface avec le piémont, le lecteur trouvera une cartographie partielle de la coulée du Caracol sur la carte géopédologique du nord du Malpaís de Zacapu au 1 : 10000^e. Nous avons principalement exploré la partie Nord de cette coulée. La partie Sud, entre les bras du Malpaís Prieto, n'a pas été visitée. Seule l'extension Est a été rapidement vue. Outre les observations de surface, nous avons réalisé des sondages à la tarière et excavé trois contextes, au travers de la conduite de sondages archéologiques (UT 126 et 127) et de la description du profil pédologique P23 (non analysé en laboratoire).

La coulée présente une forme générale bombée, façonnée par l'écoulement concentrique de la lave depuis son point d'émission (Figure 104). Les levées nord et nord-est sont marquées par des escarpements abrupts. Vers l'est, la limite de la géoforme est moins nette, car un bras de lave s'est écoulé au-delà d'une levée intermédiaire. Il est probable qu'une extension similaire ait jadis existée vers le sud-ouest, bien qu'elle soit aujourd'hui recouverte par la coulée du Prieto. Celle-ci forme un mur de roche de plusieurs dizaines de mètres, qui surplombe la partie occidentale et méridionale. De par son mode d'éruption – lave basique à écoulement lent –, El Caracol (littéralement, « l'escargot ») est caractérisé par l'alternance entre rides de pressions concentriques et concavités linéaires, que nous nommons « inter-

¹⁶⁶ Cette dénomination est arbitraire. Nous n'avons pas eu l'occasion de demander aux locaux le nom donné à cette zone et aucune carte ne la mentionne, hormis chez Reyes Gúzman *et al.* (2018) qui l'appellent « Milpillas Nord ». Compte tenu de la polysémie du terme « Las Milpillas » (deux sites archéologiques, une coulée volcanique), nous avons choisi le nom « Las Joyitas de Las Milpillas » dans un souci de clarté.

rides ». La DETENAL identifie – certainement d’après ce constat – des Andosols molliques dans les zones d’accumulation, et des Lithosols (Lithic Leptosols), au niveau des affleurements. La réalité de la couverture pédologique est plus complexe.



Figure 104 - Vue aérienne (gauche, © G. Pereira) et 3D (droite, z x2) de la coulée du Caracol.

La pédogenèse sur les rides de pression est peu développée. Ces rides sont dominées par des Lithic et Nudilithic Leptosols. Cependant, l’intervention humaine préhispanique y est souvent importante. La coulée est occupée par le site de Mich. 68 (7.1.8). De nombreux terrassements serrés ont permis d’accommoder les pentes des rides de pression pour accumuler localement la terre et former des sols superficiels (< 50 cm). De classes texturales relativement grossières (loam argilo-limoneux ou plus limoneux) et présentant une forte pierrosité, ils s’étagent en de longues bandes étroites perpendiculaires à la pente. Leur faible épaisseur les exclut en théorie du Groupe de sols de référence des Anthrosols (qui nécessitent un horizon hortique ou terrique de plus de 50 cm), et ils ne répondent pas non plus aux critères des Technosols, car ils présentent généralement moins de 20% d’artéfacts. Ils peuvent être considérés comme des Skeletic Leptosols (Transportic). Toutefois, la classification ne rend pas bien compte de l’investissement humain déployé pour les façonner dans une perspective probablement agricole.

Dans la même veine, certaines surfaces sommitales des rides de pression ont été nivelées. En résulte des sols aux horizons de surface à classe texturale de loam argilo-limoneux, sur lequel le couvert forestier apporte aujourd’hui de la matière organique fraîche. Malgré une faible épaisseur (*solum* inframétrique) et une forte pierrosité, les horizons subsuperficiels ont pu développer une texture plus argileuse. Ils pourraient remplir les critères de Skeletic Leptosols (Transportic).



Figure 105 - P23, profil nord

Dans les inter-rides, où l'accumulation est importante, des sols profonds se sont développés. Dans un de ces contextes, le profil P23 a été creusé sur 140 cm sans rencontrer la vulcanite sous-jacente (Figure 105). Ses caractéristiques principales sont présentées dans les Tableau 25 Tableau 26. L'horizon Ah est peu développé et laisse rapidement place à un horizon Bw épais de couleur brun-jaune, puis jaune. Le profil présente une classe texturale de loam limoneux et des agrégats sub-angulaires, qui se réduisent facilement en une poudre par pression faible entre les doigts. La porosité est importante, comme en témoigne le développement racinaire, qui s'étend jusqu'au fond du sondage. Pour autant la densité apparente n'est pas partout faible. Elle est au contraire assez élevée dans les premiers horizons ($1,4 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). Cette caractéristique est peut-être liée à l'utilisation actuelle du *cerro* comme pâturage et, *a fortiori*, au compactage du sol par les bêtes. La pierrosité, faible, se caractérise par la présence de lapillis et de quelques matériaux colluviques dans les horizons supérieurs. La réserve utile est évaluée particulièrement importante ($> 200 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}$) et la capacité au champ moyenne ($\sim 325 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}$).

| Hor. | Prof. | Couleur (humide) | CT _{terr.} | Pier. [%] | DA _{terr.} [g·cm ⁻³] | VPT [%] | CA [%] | RU [L·m ⁻²] | CC [L·m ⁻²] |
|------|--------|---------------------|---------------------|--------------|--|------------|-----------|----------------------------|----------------------------|
| Ah | 0-6 | 5YR3/2 | SiL | 2 | 1 | 63 | 12 | 18,23 | 29,99 |
| Bw1 | 6-30 | 7.5YR3/2 | SiL | 2 | 1,4 | 41 | 7 | 56,45 | 79,97 |
| Bw2 | 30-70 | 5YR4/4 | SiL | 1 | 1,2 | 41 | 7 | 95,04 | 134,64 |
| Bw3 | 70-90 | 7.5YR4/4 | SiL | 1 | 1 | 50 | 9 | 53,46 | 81,18 |
| Bw4 | 90-140 | 7.5YR5/4 | SiL | 1 | <1 | 50 | 9 | 133,65 | 202,95 |

Tableau 25 - Caractéristiques physiques de P23.

| Hor. | pH | matière organique [%] | CEC [m+a] [cmol·kg ⁻¹] | ΣBE [mol·m ⁻²] | Saturation en bases [%] |
|------|-----|-----------------------|------------------------------------|----------------------------|-------------------------|
| Ah | 5,5 | 4,5 | 37,5 | 13,2 | 60,00 |
| Bw1 | 6 | - | 30 | 74,1 | 75,00 |
| Bw2 | 6 | - | 30 | 107 | 75,00 |
| Bw3 | 6,5 | - | 36 | 53,5 | 75,00 |
| Bw4 | 6,5 | - | 36 | 120,3 | 75,00 |

Tableau 26 - Estimations des caractéristiques chimiques de P23, capacité d'échange cationique et saturation des bases.

En ce qui concerne les propriétés chimiques du profil, le pH¹⁶⁷ est légèrement acide et tend vers la neutralité en profondeur. La matière organique a été estimée modérée à élevée dans l'horizon Ah. Au regard des caractéristiques physiques du sol et du contexte volcanique, la présence d'allophane est possible (bien que nous n'ayons pas eu à disposition les réactifs pour le prouver sur le terrain). L'approximation de la CEC a donc été faite en considérant un mélange d'allophanes et de différents types d'argiles¹⁶⁸. À partir de celle-ci, la quantité de bases échangeables a été estimée importante (~250 mol·m⁻²), et le taux de saturation, relativement élevé (60 à 75%). Le test à l'HCl était négatif dans l'ensemble du profil. Malgré la présence potentielle d'allophanes, la densité apparente est trop élevée pour satisfaire les critères diagnostiques d'un Andosol. Par ailleurs, l'analyse d'échantillons sur des sols de la coulée similaire et vraisemblablement contemporaine de la Mesa del Bolsón (voir *infra*), a prouvé que la rétention de phosphore était trop faible pour satisfaire les critères des propriétés andiques. Par extrapolation, la probabilité pour que le profil P23 réponde à ces critères paraît faible et nous autorise à mettre en doute l'identification d'Andosols sur la coulée par la DETENAL. Pour toutes ces raisons, nous classifions le profil P23 de Chromic, Eutric Cambisol (Loamic, Colluvic, Tephric).

- *La Mesa del Bolsón*

Située à l'ouest de la coulée du Prieto, la Mesa del Bolsón est à de nombreux égards comparable à la coulée du Caracol. Leurs formations sont sensiblement contemporaines et leurs compositions chimiques, semblables (Reyes Gúzman 2017). Elle a été formée par l'écoulement concentrique de lave andésitique visqueuse, dont résulte une surface similaire où s'alternent rides de pression et zones d'accumulation. La Mesa del Bolsón est ceinte par sa levée principale au nord et à l'ouest, au-delà de laquelle tombe un escarpement, fort d'un dénivelé supérieur à 50 m en moyenne. L'écoulement a été recouvert au sud par la coulée de Las Joyitas de Las Milpilllas, et à l'est par celle du Malpaís Prieto.

¹⁶⁷ Estimation au papier pH en eau déminéralisée.

¹⁶⁸ voir note de bas de page 148 : 10



Figure 106 - Vue satellite (gauche) et 3D (droite) de la coulée de la Mesa del Bolsón depuis le sud-ouest.

Nous avons prospecté à pied la grande majorité de la géoforme. Outre des observations des sols à la tarière, nous avons décrit et fait analysé un profil pédologique (P8) au sommet. À l’instar du Caracol, La Mesa del Bolsón est intégralement occupée par un site préhispanique, Mich. 318 (7.2.1). Aussi avons-nous conduit des sondages archéologiques au niveau de l’épaule nord-est (UT 64 [P20]) et dans le versant sud (UT 107 [P24]). Les fouilles d’autres membres du projet ont également fourni des fenêtres d’observation sur ce même versant (UT 105 et 106), ainsi qu’au niveau de la levée orientale (UT 110 et 111) et au contact avec la coulée du Prieto à l’ouest (UT 108, 109 et 112). Deux Groupes de sols de référence ont été identifiés : un Cambisol et deux Phaeozems. Ils témoignent de la reprise d’une pédogenèse « normale » de ces sols téphriques, nonobstant d’intenses modifications humaines à l’époque préhispanique, notamment dans une perspective agricole (voir chapitre 8).

○ P8

Le profil P8 a été creusé dans une clairière en dépression légère au sommet du *cerro*, vraisemblablement au niveau du point d’émission du flux lavique. Il s’agit d’un Cambisol. Ses caractéristiques physiques et chimiques (mesurés pour la plupart en laboratoire) sont compilées dans les Tableau 27, Tableau 28 et Tableau 29.

| Hor. | Prof. | CT _{lab.} | Couleur (humide) | Pier. [%] | DA _{lab.} [g·cm ⁻³] | VPT [%] | CA [%] | RU [L·m ⁻²] | CC [L·m ⁻²] |
|------|---------|--------------------|---------------------|--------------|---|------------|-----------|----------------------------|----------------------------|
| Ah | 0-16 | SiL | 5YR3/1 | 2 | 1,1 | 54,5 | 9,5 | 37,63 | 70,56 |
| Bw1 | 16-50 | SiL | 5YR3/4 | 2 | 1,2 | 45 | 6,5 | 54,98 | 128,28 |
| Bw2 | 50-102 | SiL | 7.5YR4/4 | 5 | 1,3 | 42 | 6 | 79,04 | 177,84 |
| BCw | 102-140 | SiL | 7.5YR5/4 | 5 | 1,3 | 41,5 | 6,5 | 72,20 | 126,35 |

Tableau 27 - Caractéristiques physiques de P8.

| Hor. | pH | C.E. [$\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$] | C total [%] | N total [%] | P total [$\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$] | P fix. [%] |
|------|------|--|----------------|----------------|---|---------------|
| Ah | 5,89 | 131,7 | 6,65 | 0,48 | 1,25 | 64,96 |
| Bw1 | 6,35 | 49,7 | 1,00 | 0,08 | 1,07 | 53,00 |
| Bw2 | 6,53 | 46,7 | 0,59 | 0,05 | 2,67 | 46,33 |
| BCw | 6,66 | 51,8 | 0,31 | 0,03 | 1,07 | 32,75 |

Tableau 28 - Caractéristiques chimiques de P8.

| Hor. | CEC [m+a] [$\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$] | Ca* | Mg* [$\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$] | K* | Na* | ΣBE [$\text{cmol}\cdot\text{kg}^{-1}$] | ΣBE [$\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}$] | Saturation en bases [%] |
|------|---|-------|---|------|------|---|---|----------------------------|
| Ah | 37,5 | 18,28 | 4,79 | 0,19 | 0,06 | 23,31 | 40,62 | 62,17 |
| Bw1 | 36 | 10,10 | 6,02 | 0,82 | 0,15 | 17,08 | 69,01 | 47,46 |
| Bw2 | 36 | 13,66 | 6,88 | 0,16 | 0,39 | 21,08 | 141,10 | 58,56 |
| BCw | 36 | 18,78 | 7,10 | 0,10 | 1,01 | 26,99 | 132,00 | 74,97 |

Tableau 29 - Capacité d'échange cationique et saturation en bases au sein de P8.

*Extraction à l'acétate d'ammonium ($\text{C}_2\text{H}_7\text{NO}_2$), détermination par absorption atomique.

[m+a] = estimation d'un mélange d'argiles et allophanes dans la fraction fine.

Le sol du profil 8 passe d'une couleur café en surface (Ah), à orangée dans les horizons subsuperficiels (Bw), indice de l'altération pédogénétique par oxydation du fer (Figure 107). Du point de vue physique, il présente une classe texturale de loam limoneux et une structure sub-angulaire, à macro-agrégats peu stables, caractéristiques d'un sol développé à partir de matériaux téphriques. Malgré la présence de gros blocs dans la partie nord-est de la fosse, la pierrosité comprise dans la fraction fine – d'origine colluvique, téphrique et probablement anthropique (voir *infra*) –, ne constitue pas un frein au développement racinaire. Par ailleurs, le tamisage manuel de la fraction fine a révélé un pourcentage d'éléments vitreux trop bas pour satisfaire des propriétés vitriques¹⁶⁹. La densité apparente est basse mais ne satisfait pas aux critères diagnostiques des propriétés andiques (nécessairement $\leq 0,9 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$). De par sa porosité moyenne à haute, le profil présente une capacité d'aération médiane. La réserve utile est bonne ($\sim 175 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}$) et la capacité au champ moyenne à élevée (estimée autour de $390 \text{ L}\cdot\text{m}^{-2}$). Malgré sa localisation au niveau d'une dépression sommitale, la conductivité hydraulique du profil est haute ; ce qui s'explique probablement par l'infiltration rapide de l'eau dans la roche volcanique poreuse sous-jacente.

¹⁶⁹Aucune mesure granulométrique plus fine n'a pu être réalisée en laboratoire pour identifier les potentiels éléments vitreux les plus fins. Par ailleurs, comme on l'a précisé au chapitre 5, les extractions à l'oxalate d'ammonium d' Al_{ox} et Fe_{ox} n'ont pas non plus été conduites. Aussi le doute persiste-t-il tout de même au regard de possibles propriétés vitriques au sein de P8.



Figure 107 - P8, profil est (gauche) et sud (droite).
 Noter la présence de pierres alignées à 80 cm de profondeur dans le profil est.

Au niveau chimique, le taux de carbone organique est modérément haut dans l'horizon Ah (6,65 %), qui se développe sous un humus de type Mull. La vitesse d'humification est bonne au regard du taux de saturation en bases, estimé supérieur à 50 % (moyenne sur l'ensemble du profil). Celles-ci sont par ailleurs disponibles en quantité très élevée ($250 \text{ mol}\cdot\text{m}^{-2}$), malgré une CEC moyenne. Toutefois, l'Ah est trop mince pour satisfaire les critères diagnostiques d'un horizon mollique, et donc d'un Phaeozem. La relation C/N (13,8) témoigne d'une bonne activité biologique, confirmée par un pH légèrement acide, qui augmente sensiblement en profondeur. La salinité est négligeable et le test à l'HCl négatif, indiquant l'absence de carbonate. La fixation du phosphore est relativement élevée dans la plupart des horizons. Elle demeure néanmoins trop basse pour des propriétés andiques mais pourrait satisfaire des propriétés vitriques. La disponibilité en phosphore est basse ($> 5\% \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ dans l'espace racinaire effectif).

Notons finalement la présence d'un alignement de quelques pierres ($\varnothing \approx 30 \text{ cm}$) à 80 cm de profondeur, surmontée par un nodule de terre visiblement compactée. Il est possible, au regard du contexte archéologique (place proche d'une zone civique, voir 7.2.1), que ce nodule constitue le vestige d'un sol d'habitat. Le cas échéant, la partie supérieure du profil P8 pourrait être interprétée de deux façons : elle pourrait correspondre à l'érosion des versants adjacents à la dépression ou être liée à un remaniement anthropique pour niveler l'espace. Soulignons le fait que, nonobstant l'action humaine, les caractéristiques pédologiques ci-dessus présentées, indiquent que la pédogenèse a repris un cours normale. Nous classifions P8 comme un Chromic, Eutric, Endoskeletal Cambisol (Loamic, Colluvic, Transportic).

○ P20 et 24

Les profils P20 et 24 ont été étudiés au cours d'opérations archéologiques, respectivement en bordure d'une structure d'habitat au sommet de la coulée (UT 64 [P20]) et au sein d'un réseau de terrasses agricoles sur son versant sud (UT 107 [P24]) (Figure 108). Il s'agit de Phaeozems. Leurs caractéristiques physiques et chimiques (approximations à partir des travaux de terrain) sont compilées dans les Tableaux 30 et 31.



Figure 108 - P20 (gauche) et P24 (droite).

| Profil | Hor. | Prof. | CT | Couleur (humide) | Pier. [%] | DA [g·cm ⁻³] | VPT [%] | CA [%] | RU [L·m ⁻²] | CC [L·m ⁻²] |
|--------|------|-------|------|------------------|-----------|--------------------------|---------|--------|-------------------------|-------------------------|
| 20 | Ah | 0-20 | SiCL | 5YR3/1 | 10 | 1,3 | 48,5 | 7,5 | 32,40 | 74,70 |
| | BCw | 20-40 | SiCL | 10YR3/2 | 20 | 1,3 | 42 | 6 | 25,60 | 57,60 |
| 24 | Ah | 0-30 | SiL | 10YR3/2 | 2 | 0,9 | 63 | 12 | 91,14 | 149,94 |
| | Bw | 30-70 | SiL | 5YR3/4 | 2 | 1 | 50 | 9 | 105,84 | 160,72 |

Tableau 30 - Caractéristiques physiques des profils P20 et P24.

| Profil | Hor. | pH | C total [%] | CEC[m+a] [cmol·kg ⁻¹] | BE [mol·m ⁻²] | Saturation en bases [%] |
|--------|------|-----|-------------|-----------------------------------|---------------------------|-------------------------|
| 20 | Ah | 5,5 | 5 | 35,5 | 56,55 | >50,00 |
| | BCw | 5,5 | - | 31,5 | 49,14 | >50,00 |
| 24 | Ah | 5,5 | 4,5 | 37,5 | 74,42 | >50,00 |
| | Bw | 6,5 | - | 36 | 105,84 | >50,00 |

Tableau 31 - Caractéristiques chimiques, CEC, et saturation en bases estimées de P20 et P24.

Le profil P20 est limité en profondeur par l'affleurement du matériau parental, lequel présente des indices d'altération supergène. Le sol est de couleur brun sombre (matière organique modérée à élevée) et prend une teinte rosâtre dans l'horizon subsuperficiel. Le pH est légèrement acide (5,5). La pierrosité est assez importante. La réserve utile et la capacité au champ sont estimées basses, pour une conductivité hydraulique moyenne. La classe texturale est légèrement plus argileuse qu'ailleurs sur la coulée, et la structure sensiblement plus développée. Ces constats sont à mettre en lien avec la conductivité hydraulique réduite. La

CEC (approximation mélange d'argiles et allophanes) est moyenne, et le sol présente un taux élevé de bases, dont il est saturé à plus de 50%¹⁷⁰. Ce constat nous a conduit à interpréter l'horizon Ah comme mollique. La localisation du sol en bordure d'une structure d'habitat préhispanique a par ailleurs conduit à l'accumulation d'artefacts dans les horizons. Le profil P7 a été classifié comme un Leptic Phaeozem (Technic).

Localisé directement en amont d'une terrasse agricole préhispanique, P24 n'a été creusé que sur 70 cm, mais se développait probablement bien au-delà. D'une couleur café sombre en surface (Ah), le sol prend une teinte plus orangée en profondeur (Bw). L'horizon Ah, modérément riche en matière organique (estimée autour de 4%), est bien développé (30 cm). La classe texturale est un loam limoneux et la structure est sub-angulaire, avec une faible stabilité des macro-agrégats. Le pH est légèrement acide et tend vers la neutralité dans l'horizon Bw. Le sol est riche en éléments grossiers d'origine principalement colluvique. La densité apparente est moyenne à faible et le bilan hydrique (VPT, CA, RU et CC) indique qu'il s'agit d'un sol aéré, présentant une très bonne réserve en eau, malgré un drainage interne rapide. La saturation en bases est estimée élevée (> 50%) et la CEC moyenne. P24 répond aux critères d'un Cambic Phaeozem (Loamic, Colluvic, Escalic).

La Mesa del Bolsón se caractérise par de nombreux Lithic et Nudilithic Leptosols, vestiges des rides de coulées, mais aussi et surtout par des sols développés sur matériaux téphriques, présentant un drainage interne rapide, une réserve en eau importante et des nutriments (cations basiques) relativement abondants. L'investissement humain pour mettre à profit ces sols à l'époque préhispanique a été important (voir 7.2.1).

- *Las Florecitas*

À l'instar des coulées du Caracol et de la Mesa del Bolsón, Malpaísillo est quasiment entièrement occupée par un site archéologique, Mich. 317 (7.2.2). Sa morphologie est toutefois différente dans la mesure où la coulée est plane, avec un léger pendage NNO-SSE (Figure 109). Sa surface se caractérise par de nombreuses rides de pression formant des ondulations. Elles sont généralement espacées d'une dizaine de mètres les unes des autres et sont relativement peu élevées par rapport au pendage principal (< 5 m de haut). La coulée est délimitée au nord, à l'ouest, et à l'est, par un escarpement qui crée un dénivelé de plusieurs dizaines de mètres par rapport au terrain en contrebas. Au sud, la levée est masquée par

¹⁷⁰ Le taux de saturation de 75% estimé à partir de données de terrain est probablement à revoir à la baisse au regard des valeurs obtenues en laboratoire sur P8.

l'érosion du flux de Las Minas. Le point d'émission est un cône scoriacé situé au pied du dôme de Las Flores. Outre des observations de surface lors de la prospection archéologique réalisée sur la frange nord de la coulée, nous avons pu voir les profils mis au jour par les sondages conduits par Dominique Michelet en 2014 (UT 68, 69 et 70).



Figure 109 - Vue satellite (gauche) et 3D (droite) de la coulée de Malpaísillo, depuis l'est.



Figure 110 - Sol anthropique sur la coulée de Malpaísillo.

Malgré sa morphologie plus plane, Malpaísillo se caractérise par une couverture pédologique assez proche de celles observées sur le Caracol et la Mesa del Bolsón. Les rides de pressions expliquent l'omniprésence de Lithic Leptosols. Cependant, en dépit de cette apparente restriction, partout les nivellements humains ont concouru à l'établissement de sols relativement profonds (Figure 110). Ils ont vraisemblablement été façonnés *via* le transport des sols naturels d'origine téphrique depuis les zones d'accumulation.

Les sols anthropiques observés présentent des caractéristiques que nous estimons très proches des sols naturels de la coulée. Leur classe texturale est un loam limoneux ou légèrement plus fin. Néanmoins, la fréquence des éléments grossiers, tels que des lapillis, est notable. L'horizon Ah, assez épais, est de couleur brun sombre humide et repose sur un horizon Bw, plus orangé. Ils reflètent la reprise de la pédogenèse dans ces sols. Au regard de

leurs caractéristiques macroscopiques et de leur matériaux parentaux, ils semblent très proches de ceux observées sur la Mesa del Bolsón ou le Caracol. Aussi, bien que la DETENAL identifie des Andosols humiques, nous pensons qu'il s'agit potentiellement de Cambisols.

- *Las Joyitas de las Milpilllas*

Cette coulée n'a été visitée que très rapidement et seuls de maigres observations à la tarière ont pu y être conduites. Elle est la plus récente des coulées jusqu'ici présentée. Par ailleurs, au même titre que la coulée de Las Milpilllas (voir *infra*, Figure 111), Las Joyitas a la particularité de se trouver à proximité des cônes Holocène des Tres Cerritos – d'un desquels elle est probablement issue –, et surtout de celui de Las Vigas, formé il y a un peu plus de 3000 ans (Reyes Guzmán *et al.* 2018). La coulée est donc susceptible d'avoir été recouverte par des matériaux téphriques plus récents que la plupart des autres coulées du Pléistocène récent, rajeunissant de fait la pédogenèse en son sein.

En dehors de cette spécificité, Las Joyitas présente une morphologie assez similaire à la coulée de Malpaísillo. Elle est plane et sa surface est aussi marquée par l'alternance entre rides de pression et zones d'accumulation inter-rides. Les reliefs structuraux sont toutefois sensiblement moins altérés que sur Malpaísillo et plus imposants. Cependant, de par son recouvrement à l'est et à l'ouest par des flux plus récents (Prieto et Infiernillo), ces levées sont pour la majorité occultées et ne sont visibles qu'au nord et au sud. L'épaisseur de la coulée est moins importante que Malpaísillo.

Les rides de pression constituent des affleurements rocheux à la surface de la géoforme. Les Lithic Leptosols sont donc une fois de plus omniprésents. Ils n'ont pourtant pas contraint l'installation humaine puisque l'ensemble des affleurements a été aménagé (7.3.2). De fait, la coulée a attiré les groupes humains. S'y étend le site de Mich. 439, à ce jour uniquement repéré sur le LiDAR. Les zones d'accumulation, où les vestiges anthropiques sont moins nombreux – ou moins visibles –, se caractérisent quant à elles par des sols formés sur matériaux téphriques. Là encore, la DETENAL définit des Andosols molliques. En l'absence d'analyse de laboratoire, nous ne pouvons nous prononcer sur ce point. Les sondages à la tarière révèlent néanmoins des sols à classe texturale de loam argilo-limoneux ou loam limoneux. Sous un humus de type Mull, l'horizon Ah est très bien développé (~ 50 cm) et présente une couleur brun sombre. En profondeur, la coloration orangée reflète l'oxydation ferrique (horizon Bw). Dans la mesure où la coulée a bénéficié d'apports téphriques récents,

la probabilité pour que les sols répondent aux critères diagnostiques des Andosols est plus grande qu'ailleurs.

- *Las Milpillas*

À l'instar de Las Joyitas, la coulée de Las Milpillas est en grande partie recouverte par les flux récents du Malpaís Prieto, du Capaxtiro et de l'Infiernillo, et a très probablement reçu elle aussi des apports de tephres depuis les cônes Holocène des Tres Cerritos (Figure 111). Sa surface est relativement plane et présente des escarpements marqués au niveau des levées visibles. Sa forme est assez irrégulière vers l'est, de telle manière que les circonvolutions du flux induisent des ondulations à fort dénivelé (> 50 m). Nous n'avons visité la coulée qu'une seule fois et très rapidement, sans pouvoir y entreprendre aucune observation des sols. Tout comme les autres coulées du Pléistocène récent, elle a été grandement aménagée par les groupes humains préhispaniques, qui y ont édifié le centre urbain de Mich. 95 (7.3.3).

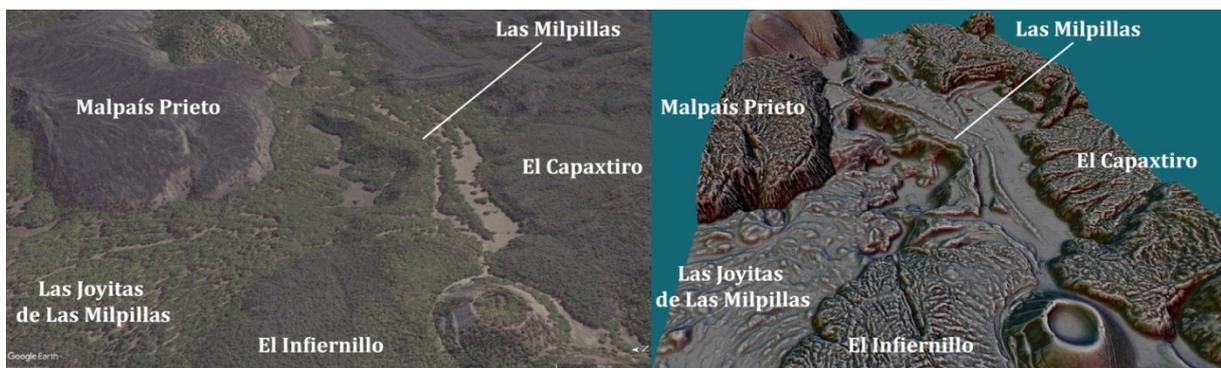


Figure 111 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) de la coulée de Las Milpillas, depuis l'ouest.

La DETENAL identifie des Andosols molliques et des Lithosols (Lithic Leptosols). Ces derniers, une fois encore vestiges des rides de pression internes, sont plus altérés qu'au sein des coulées précédemment présentées. Par ailleurs, elles ont été intensément aménagées pour l'habitat préhispanique. La question de la classification des sols des zones d'accumulation comme Andosols reste une fois de plus en suspens. Sans observations de terrain, nous ne pouvons nous prononcer. Comme pour le cas de Las Joyitas, nous nous contenterons de souligner le fait que les apports téphriques récents sont un indice supplémentaire en faveur de la présence de propriétés andiques dans les sols de Las Milpillas.

- *Synthèse pour les coulées volcaniques du Pléistocène récent.*

Les coulées volcaniques ci-dessus décrites présentent toutes de nombreux affleurements rocheux. Ils sont les vestiges des rides de pressions et escarpements d'origine structurale, mis en place lors de la formation des flux, et encore assez peu marqués par l'altération supergène.

En résultent autant de Lithic – voire Nudilithic – **LEPTOSOLS**. Comme nous le verrons en détail dans le chapitre suivant, notons d’ores et déjà que malgré leur apparente inhospitalité, ces reliefs ont été abondamment aménagés par les groupes préhispaniques. Des opérations de nivellement par transport de terre ont concouru à la formation de poches localisés de sols superficiels, rendu ainsi propice à la mise en culture – bien qu’une telle utilisation ne soit pas toujours de rigueur. Ces sols artificiels présentent des caractéristiques très proches des espaces dont la terre qui les constitue est issue.

Les espaces desquels provient la terre utilisée pour aménager les affleurements sont les zones d’accumulation naturelle de matériaux téphriques et/ou colluviques, qui se développent entre les rides de pression. Ce type de matériau parental sous climat sub-tropical conduit généralement à la formation d’**ANDOSOLS** – comme l’indiquait la carte de la DETENAL. Cependant, si certaines coulées présentent peut-être des Andosols (Las Joyitas et Las Milpillars ?), les contextes décrits – et analysés pour le cas de P8 – ne satisfont pas les critères diagnostiques. Il s’agit plutôt de Chromic, Eutric **CAMBISOLS**, ou de **PHAEOZEMS**, lorsque l’horizon Ah est suffisamment développé et saturé en bases pour constituer un horizon mollique. Au-delà des subtilités de la classification, ce sont des sols majoritairement légers (classe texturale de loam limoneux généralement), riches en nutriments, présentant un drainage interne rapide, mais une réserve utile en eau qui demeure bonne. Précisons finalement que les pentes recouvertes par ces sols ont été intensément terrassées, ce qui a parfois – mais pas nécessairement – contribué à l’épaississement des *solums*.

6.3.1.3. Coulées volcaniques Holocène

Notre fenêtre d’étude comprend trois coulées volcaniques formées au cours de l’Holocène. Il s’agit des coulées d’El Infiernillo (3420 cal BP), d’El Capaxtiro (entre 200 et 80 av. J.-C.) et d’El Malpaís Prieto (830 et 960 apr. J.-C.). De manière générale, ces flux se caractérisent par l’extrême superficialité des sols (Nudilithic Leptosols dominants). Toutefois, différents facteurs nous ont amené à différencier trois types de pédo-paysages :

- 1) le type « Holocène 1 » correspond à une partie des flux d’El Infiernillo – le plus ancien – et du Capaxtiro, et se caractérise par l’existence d’une ébauche de pédogenèse, relativement généralisée ;
- 2) le type « Holocène 2 » correspond à la majeure partie des coulées de Malpaís Prieto et du Capaxtiro, où les processus d’altération supergène et

d'accumulation ont commencé, mais où la pédogenèse est encore circonscrite en des zones très localisées ;

- 3) le type « Holocène anthropisé » est commun aux trois coulées et se développe là où les aménagements humains ont sensiblement modifié la pédogenèse.

Hormis l'étude des données LiDAR et satellites, nos observations dans chacun de ces pédopaysages sont limitées. Si nous nous sommes rendu plusieurs fois sur la partie nord de la coulée de Malpaís Prieto, nous n'avons visité qu'une fois l'appendice nord de celle d'El Infiernillo et n'avons jamais gravité le Capaxtiro, dont nous n'avons observé que l'escarpement nord depuis la coulée de Las Milpillás. Nous admettons donc que les descriptions proposées ci-dessous – notamment en ce qui concerne la pédogenèse au sein des géoformes – relèvent avant tout du domaine de l'hypothétique, voire de la conjecture, et ne sont absolument pas à prendre pour argent comptant en l'absence de nécessaires vérifications de terrain.

- *El Infiernillo*

La coulée d'El Infiernillo est caractérisée par une surface plane et une épaisseur moyenne d'une vingtaine de mètres de haut (Figure 112). Les rides de pression constituent autant d'ondulations légères, ne dépassant pas quelques mètres. La présence d'une forêt de chênes sur la totalité de l'édifice nous a conduit à définir le type Holocène 1 (Figure 113). La végétation omniprésente témoigne de l'existence d'une couverture pédologique sommaire sur l'ensemble de la coulée, bien que principalement concentrée dans les zones inter-rides. Outre l'ébauche de l'altération supergène des andésites exposées, le matériau parental est probablement en partie téphrique. La coulée a vraisemblablement été recouverte par des cendres volcaniques issues du cône de Las Vigas, dont elle est issue, et peut-être du cône plus récent du Capaxtiro. Au regard des observations pédologiques réalisées sur les édifices alentours et de la composition chimique supposée des cendres¹⁷¹, ce dépôt téphrique a potentiellement conduit à la pédogenèse de sols à classes texturales globalement limoneuses, à drainage interne rapide et bonne réserve en eau. Ils correspondent probablement à des Lithic ou Skeletic Leptosols (Loamic [?], Tephric [?], Vertic [?]).

¹⁷¹ Estimée relativement proche de celle des roches qui composent les cônes de Las Vigas et du Capaxtiro, rapportées par Reyes Gúzman *et al.* (2018).



Figure 112 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) de la coulée d'El Infiernillo, depuis le sud-ouest.

Un examen attentif de l'image satellite permet de découper la coulée d'El Infiernillo en deux zones. Le couvert végétal est moins développé dans la partie centre-est qu'ailleurs. Les parties ouest et sud de la coulée forment ainsi une bande de forêt plus dense de plusieurs centaines de mètres de large. Cette différence est-ouest est visible sur l'image LiDAR. Celle-ci montre que les formes structurales sont encore bien visibles dans la partie centre-est. Elles ont été estompées par les aménagements humains pour la construction du centre urbain Mich. 38 dans toute la bande périphérique. Au travers des transports de terre, de remblais, de sélection des blocs d'andésite, de fragmentation possible des plus gros blocs, *etc.*, les modifications humaines ont changé la pédogenèse. Nous avons décidé de différencier ces surfaces aménagées en un type particulier de pédopaysage : les coulées volcaniques holocènes anthropisées.

La modification de la morphologie de la coulée en surface par les opérations de nivellement a entraîné la formation de sols artificiels plus épais, sur lesquels la végétation a pu se développer plus facilement (Figure 113). Les fouilles réalisées par d'autres membres du projet montrent que ces sols de nivellement sont construits selon un processus récurrent – par ailleurs observé et décrit par Forest sur Mich. 31 (Forest 2014). Il s'agit d'abord de la mise en place d'un socle de blocs d'andésite de grand module ($\varnothing \approx 50$ cm), surmonté par une pierraille plus légère ($\varnothing \approx 20$ cm), elle-même recouverte de terre transportée. Nous pensons que cette terre déplacée provient principalement de la couverture pédologique naturelle de la coulée, concentrée pour former des plateformes et des terre-pleins. L'image LiDAR révèle aussi ce qui s'apparente à des formes en creux (voir 8.2.5.1). Nous émettons l'hypothèse qu'elles résultent d'épierrements systématiques pour dégager des espaces plans ou concaves où la terre pouvait être accumulée, peut-être à des fins agricoles. En l'absence d'observation de terrain, cette hypothèse n'a cependant aucun support solide.



Figure 113 - Couverture pédologique sommaire colonisée par une forêt de chênes au nord de la coulée d'El Infiernillo (gauche) et potentiel Leptic Technosol excavé au pied d'une plateforme soutenant une habitation préhispanique plus au sud de la coulée (droite, crédit photo. : G.Pereira).

La bande anthropisée de la coulée d'El Infiernillo présente potentiellement des sols pouvant être qualifiés de Terric Anthrosols (Transportic) – dans le cas où ils font plus de 50 cm de profondeur – et de Leptic Technosols (Terric) dans le cas contraire. Un travail de terrain serait cependant nécessaire pour vérifier ces conjectures.

- *El Capaxtiro*

Seule la partie nord du Capaxtiro se trouve dans notre fenêtre d'étude. À l'instar de l'Infiernillo, la coulée est plane (Figure 114). Son épaisseur est d'environ 50 m. La majorité des flux – puisqu'il s'agit en réalité d'un complexe de flux (Reyes Gúzman *et al.* 2018) – est encore très peu altérée. Les reliefs structuraux sont bien visibles. Du point de vue des sols, la couverture est quasiment nulle. En terme de classification WRB, on parle de Nudilithic Leptosols. L'absence quasiment totale de couverture pédologique définit les pédopaysages de coulées volcaniques Holocène 2 ; à la différence de la partie centre-est de l'Infiernillo où les sols, bien que peu épais, ont suffi au développement d'un couvert végétal généralisé.



Figure 114 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) de la coulée d'El Capaxtiro, depuis le sud.

Néanmoins, les processus d'altération sont en cours sur le Capaxtiro aussi. Une couverture végétale – et donc pédologique – est en voie de développement dans les inter-ride de pression, où s'accumulent naturellement les produits de l'altération des andésites. Ce développement pédogénétique localisé a été noté par les habitants préhispaniques de la zone. En témoignent quelques terrasses transversales de ravins, qui ont été implantées en bordure de la coulée à des fins agricoles. Par ailleurs, au même titre que sur l'Infiernillo, l'occupation humaine a modifié l'évolution pédogénétique normale dans certains espaces, concentrés en un chapelet au nord de la coulée. Cette partie du Capaxtiro abrite en effet une extension du centre urbain de Mich. 95-96 (7.3.3). Des systèmes de nivellement similaires à ceux de l'Infiernillo ont été entrepris (voir *supra*) ; à la différence que, dans le cas du Capaxtiro, la terre transportée provient bien plus probablement du flux voisin de Las Milpillas, que de la coulée Holocène elle-même. Le chapelet de nivellements anthropiques au nord du flux répond donc d'un pédopaysage de coulée de l'Holocène anthropisée. Les sols peuvent être classés comme des Leptic Technosols (Terric) ou des des Terric Anthrosols (Transportic).

Notons à titre indicatif – car nous parlons ici de zones localisées en dehors de notre fenêtre d'étude –, la présence d'autres nivellements anthropiques en chapelet, autrement plus étendus, au niveau de la frange méridionale du Capaxtiro. Là a été édifié le centre urbain préhispanique de Mich. 23, où les transports de sols réalisés à l'époque préhispanique pour construire les terrasses d'habitat ont créé des sols épais. Ces sols anthropiques ont été réinvestis dès l'époque coloniale¹⁷² et sont encore cultivés à l'heure actuelle. Par ailleurs, le cône scoriacé qui couronne la coulée du Capaxtiro est entouré par les colluvions qui émanent de ces pentes abruptes. Les sols du cône et les sols colluviques associés ont attirés les groupes préhispaniques, qui y ont construit les sites de Mich. 322 et 323 (Migeon 1991, 1998 ; Michelet 1992).

¹⁷² Mich. 23 était encore occupé à l'époque du contact (Caravajal 1523). À ce jour, aucun indice ne permet d'estimer la date à laquelle les terrasses d'habitat du site ont été réinvesties pour l'agriculture.

▪ *El Malpaís Prieto*



Figure 115 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) de la coulée du Malpaís Prieto, depuis le sud-est.

Le cas de la coulée du Prieto est assez similaire à celui du Capaxtiro, en plus extrême cependant. Le Prieto s'est formé entre 830 et 960 de notre ère (Maghoub *et al.* 2018). La date récente de l'éruption explique l'aspect chaotique de la coulée, caractérisée par des blocs d'andésite encore très peu altérés en surface (Figure 115). La morphologie plane est délimitée par des escarpements forts de plusieurs dizaines de mètres de dénivelé. Son épaisseur moyenne est d'environ 90 m (Reyes Gúzman 2017). Les rides de pressions sont fraîches. Entre elles, l'altération a commencé et des colluvions s'y accumulent sous l'effet de la gravité. Bien qu'encore confinée en de fines bandes au cœur de l'étendue rocheuse, une végétation arbustive a entamé une colonisation. La coulée du Prieto nous a servi de référence pour définir le pédopaysage de coulée Holocène 2, où dominant de manière quasiment exclusive les Nudilithic Leptosols.

Toutefois, le flux lavique du Prieto n'a pas été colonisé uniquement par les espèces végétales. L'extrême nord a été choisi pour construire le centre urbain préhispanique de Mich. 31. Les nivellements pour l'habitat ont créé une couverture pédologique artificielle, qui a repris une évolution naturelle depuis l'abandon du site. Les sols de ce pédo-paysage, constitués par la superposition de couches de matériaux de plus en plus fins (Forest 2014), peuvent être qualifiés de Terric Anthrosols (Transportic) et de Leptic Technosols (Terric).

Il est important de noter l'impact de la mise en place de la coulée de Malpaís Prieto. L'éruption intervient en plein milieu de la séquence chronologique étudiée dans ce travail. En s'implantant entre les coulées de la Mesa del Bolsón, du Copalillo, du Caracol et de la Mesa El Pinal, Malpaís Prieto a occulté près de 600 ha de ces géoformes plus anciennes ; soit autant de terres arables (voir 9.2.3.2). En observant les principales rides de pression à la surface de la coulée holocène sur le LiDAR, nous avons estimé les contraintes rencontrées par le flux lors de

sa mise en place. Ces observations nous ont conduit à proposer une reconstitution hypothétique du paysage sous Malpaís Prieto (Figure 116)¹⁷³ :

La continuation de la faille de Villa Jiménez formait probablement une limite nord marquée, au sud de laquelle se développait une vallée entre les coulées de la Mesa del Bolsón et du Caracol. Ces dernières ont été les plus impactées par le recouvrement. Au sud, la vallée se divisait vraisemblablement entre une extension Ouest – rapidement limitée par les coulées de Las Joyitas et Las Milpillas –, et une extension Est – en un corridor relativement étroit entre la Mesa El Pinal et le Caracol, conduisant aux rives du paléolac.

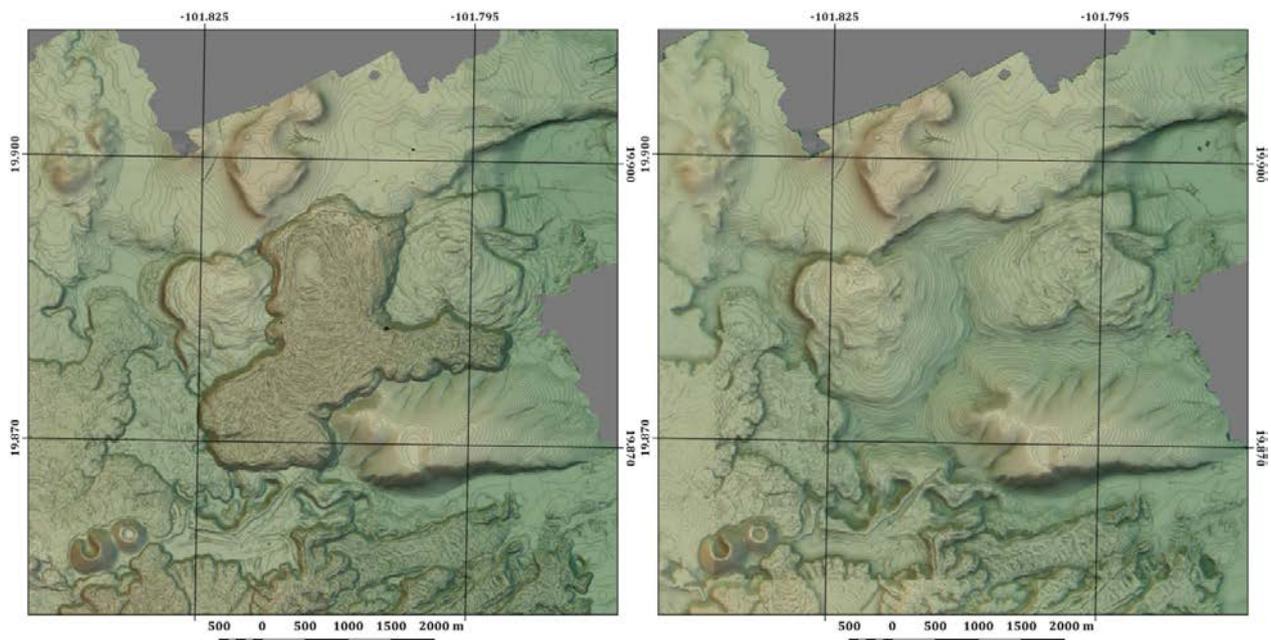


Figure 116 - Tentative de reconstruction du paysage avant l'éruption de Malpaís Prieto.

▪ *Synthèse pour les coulées volcaniques de l'Holocène.*

Retenons avant tout pour les coulées de l'Holocène la prédominance des (Nudi)lithic **LEPTOSOLS**. Soulignons aussi l'importance des aménagements opérés par les groupes humains qui ont choisi de s'établir sur ces coulées. Ils ont fortement modifié leurs surfaces au travers d'important travaux de nivellement pour l'habitat, mais aussi par des ouvrages plus discrets et localisés, pour la mise en culture (terrasses transversales de ravines et, hypothétiquement, certaines structures en creux). Notons de fait la présence de Leptic **TECHNOSOLS**, voire de potentiels Terric **ANTHROSOLS** (sous réserve d'une profondeur de sol suffisante).

¹⁷³ Le MNE a été construit par extrapolation progressive des courbes de niveaux après la suppression numérique de la coulée de Malpaís Prieto.

6.3.1.4. Synthèse pour les coulées volcaniques

La diversité pédologique au sein des coulées volcaniques dépend de leur âge, mais aussi des processus de rajeunissement superficiels, provoqués par 1) le dépôt de matériaux téphriques issus d'éruption explosive proche, 2) l'apport de matériaux colluviques, notamment depuis les versants marqués des cônes scoriacés (6.3.2), et 3) le transport ou la contention de la terre par les groupes humains, qui jadis peuplaient le Malpaís de Zacapu. À ce titre, bien que nous n'ayons défini une sous-catégorie « anthropisée » que pour les coulées volcaniques de l'Holocène, le lecteur aura pu s'apercevoir que ce qualificatif aurait aussi bien pu faire sens pour les coulées plus anciennes. En réalité, l'impact humain est omniprésent dans les hautes terres.

6.3.2. Cônes scoriacés, *maar* et dômes

Les cônes scoriacés et *maars* procèdent d'un processus de formation semblable : ils résultent de l'accumulation des cendres volcaniques qui jaillissent d'un point d'émission pendant une durée déterminée lors d'une éruption explosive (unique, dans le cas du monogénétisme caractéristique du Michoacán). La nuance – et non des moindres en réalité – réside dans le fait que, dans le cas d'un *maar*, l'éruption traverse une nappe phréatique. Le processus de formation des dômes est différent. Il s'agit d'une éruption effusive, mais, contrairement aux coulées volcaniques planes, la viscosité de la lave est telle, qu'elle s'accumule plus qu'elle ne s'étend, formant de fait un édifice de plus en plus élevé (Bardintzeff 2004).

La similitude entre cônes, *maar* et dômes – et la raison pour laquelle nous les avons réunis – est l'inclinaison forte des versants. Elle résulte des différents processus de formation. En conséquence, ces géoformes sont généralement très actives au niveau géomorphologique, dans la mesure où l'érosion de leurs versants abrupts génère des colluvions et des alluvions (ravinement) en abondance.

Nous distinguons les cônes du Pléistocène (6.3.2.1), des cônes de l'Holocène (6.3.2.2) en fonction de leur degré d'altération. Nous traitons à part le *maar* de la Alberca de Los Espinos (6.3.2.3) et le complexe de dômes de Las Flores (6.3.2.4).

6.3.2.1. Cônes du Pléistocène

Notre fenêtre d'étude comprend cinq cônes formés au cours du Pléistocène moyen. Par ordre d'éruption, on compte celui de La Raya, de Los Cuarterones, du Cerrito Pelón ($0,62 \pm 0,03$ Ma), et, finalement, les cônes d'El Coyotillo et d'El Durazno. À ceux-ci, nous ajoutons le cône duquel est issue la coulée de Malpaísillo, sensiblement plus récent, puisque daté de la première moitié du Pléistocène récent (> 30000 BP).

Le cône de Malpaísillo pas été visité sur le terrain et se situe en dehors de la couverture LiDAR. Les seules données à disposition sont les images satellites, qui nous renseignent peu sur la nature de la couverture pédologique. Sur la carte pédologique de la DETENAL le cône n'est pas distingué comme tel mais considéré comme faisant partie du volcan de Las Flores. Les sols identifiés sont des Lithosols (Lithic Lepostols), des Andosols molliques et des Luvisols ochriques (hapliques). La prépondérance des Leptosols est vraisemblablement surestimée et ses caractéristiques géopédologiques correspondent probablement plutôt à une situation intermédiaire entre les cônes du Pléistocène et ceux de l'Holocène (6.3.2.2).

De manière générale, les autres cônes du Pléistocène moyen présentent une évolution relativement semblable, qui nous autorise à les réunir ici. La DETENAL y identifie systématiquement des Andosols, molliques ou vitriques. Cette identification se fonde probablement sur l'évolution théorique des sols issus de matériaux parentaux téphriques vers des Andosols. Cette extrapolation ne repose cependant sur aucun profil et a été faite sans compter sur les datations géologiques, qui nous permettent aujourd'hui de mieux apprécier le degré d'évolution des cônes. Nous remettons en question l'identification d'Andosols pour les cônes du Pléistocène sur la base des profils observés sur le Cerrito Pelón (UT 71, 72, 73 et 114, voir 7.1.7) et des sondages à la tarière réalisés sur le cône de La Raya. Pour ce qui est des autres cônes, nos connaissances se limitent à des observations du paysage et aux images satellites et LiDAR.

▪ *El Cerrito Pelón*

Le Cerrito Pelón constitue une éminence relativement volumineuse – $2,5 \times 1,25$ km pour 100 m de haut –, couronnant la coulée du Copalillo qui en est issue. La délimitation du cône n'est, en réalité, pas très claire. Dans les années 1980, Alain Demant (1992 : 61) identifiait un unique cône. Le *cerro* était interprété comme une accumulation localisée de lave issue de ce cône, surmontant la coulée du Copalillo. Nanci Reyes Gúzman et collaborateurs (2018) définissent deux cônes distincts : El Cerrito Pelón au sud et El Copalillo au nord. Nous

suivons cette seconde hypothèse mais nous nous limitons à l'appellation de « Cerrito Pelón » pour l'ensemble de la géoforme.



Figure 117 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) du Cerrito Pelón, depuis le sud-est.

Le Cerrito Pelón se caractérise par une morphologie assez atypique en « 8 » (Figure 117). Ses versants sont intensément altérés, comme en témoignent les nombreuses ravines qui l'entaillent. Notons particulièrement une ravine très bien développée à l'est du *cerro*, qui irrigue la coulée du Copalillo à la saison humide. À son embouchure s'est formé un important cône alluvial (6.3.3). Au même titre, l'intégralité de la géoforme est encerclée par un pied de versant colluvial.

Le Cerrito Pelón abrite le site de Mich. 319 (7.1.7). Ainsi, les sondages archéologiques réalisés sur l'épaule nous ont permis de caractériser ses sols. Ils ont mis au jour des profils souvent peu profonds (inframétriques), mais pouvant se développer sur une bonne profondeur dans les replats. Ils présentent une pierrosité relativement importante (20% ou plus) et des classes texturales de loam limoneux à loam argilo-limoneux. La concentration en argile était notablement plus importante en profondeur. Les horizons de surface sont de couleur brun sombre mais les sols sont globalement plus orangés qu'au sommet et sur les colluvions en aval. Le pH est légèrement acide (entre 5 et 6)¹⁷⁴, indicateur d'une bonne activité biologique et d'une saturation en bases assez élevée. Le taux de matière organique est modéré à élevé en surface, entre 2 et 5%¹⁷⁵. Ainsi, de par leur épaisseur généralement pluridécimétrique, nous estimons que certains horizons Ah peuvent être molliques. Les colorations plus orangées en profondeur et la texture plus argileuse indiquent l'altération pédogénétique. Aussi avons-nous considéré les horizons subsuperficiels comme cambiques, ou potentiellement vertiques, lorsque la classe texturale était particulièrement argileuse. Nous

¹⁷⁴ Mesure au papier pH en eau déminéralisée.

¹⁷⁵ Estimation de terrain d'après Renger *et al.* 1987.

émettons l'hypothèse que les sols du cône satisfont les critères diagnostiques de Leptic, (Skeletal), Cambic Phaeozems, d'Endovertic Phaeozems ou d'Endovertic Cambisols.

Précisons que le double-cône du Cerrito Pelón-Copalillo a la particularité de présenter des dépressions sommitales, probables vestiges des cratères originels. L'importance des apports colluviques dans la pédogenèse de ces zones nous a conduit à les distinguer du reste de l'édifice (voir 6.3.3). Soulignons par ailleurs la présence d'escarpements marqués sur tout le pourtour du *cerro*, encore une fois liés au taux d'érosion important. Ils constituent des zones présentant des Nudilithic Leptosols. Enfin, nous noterons que les épaulements ont été aménagés par les groupes préhispaniques. Ils y ont notamment implanté de nombreuses terrasses agricoles. Cependant, si celles localisées en aval des escarpement, sur les colluvions (6.3.3), ont concouru à la formation de *solums* épais, la morphologie des terrasses situées en amont – à l'épaulement –, ne permet pas l'accumulation de beaucoup de matière.

- *Le cône de La Raya*

Avec son sommet aplani mais légèrement convexe, le cône de la Raya présente une morphologie assez typique des cônes scoriacés dépourvus de cratère (Figure 117). La couverture végétale y est mieux développée au nord qu'au sud, où l'édifice est dépourvu d'espèces arbustives. À l'épaulement et dans le versant haut, les observations à la tarière ont révélé des sols à classe texturale de loam argilo-limoneux, peu profonds (< 70 cm), et riches en éléments grossiers. La couleur brun sombre indique un taux de matière organique modéré à élevé. En supposant un pH légèrement acide – sur la base des observations réalisées sur le Cerrito Pelón voisin –, l'Ah pourrait remplir les critères d'un horizon mollique. Une classe texturale d'argile limoneuse apparaît très rapidement dans le *solum* (dès 35 cm dans B1283), indice probable de l'illuviation. Par ailleurs, l'accumulation des argiles sur le bas versant, marqué de *carcavas* (6.3.3), et la présence d'une ravine qui découpe le cône depuis son sommet, nous autorisent à penser que des horizons vertiques subsuperficiels sont en formation. Nous considérons donc que les sols du cône de La Raya sont potentiellement des Leptic Phaeozems et des Leptic, Endovertic Phaeozems.

Soulignons que quelques terrasses agricoles préhispaniques ont pu être identifiées à l'épaulement du cône. Elles correspondent toutefois à un type qui ne cause que très peu d'accumulation de terre de amont de la terrasse (8.2.4.1).

- *Autres cônes du Pléistocène : El Coyotillo, El Durazno et Los Cuarterones*

Ces cônes n'ont pas été sondés. L'image LiDAR montre une nette différence entre ceux, très similaires, d'El Coyotillo et d'El Durazno (Figure 118), et celui de Los Cuarterones (cf. Figure 99 : 298). Ce dernier présente une morphologie comparable au cône de La Raya à de nombreux égards. Le sommet aplani, la couverture végétale peu développée (opposition nord-sud encore), les *carcavas* sur le pied de pente, le ravinement en cours sur les versants ou encore l'âge du cône – quasiment contemporain de celui de La Raya –, sont autant d'indices d'une évolution similaire des deux édifices. Nous supposons donc que les sols sont semblables ; potentiellement des Leptic Phaeozems et Endovertic Phaeozems. Le LiDAR révèle toutefois que le sommet du cône de Los Cuarterones est différent de celui de La Raya. Une ligne de crête légère indique que le cône présentait originellement un cratère égouulé vers l'est, qui a été lissé par l'érosion. Il est donc possible que ce cratère présente des sols plus épais que ce qui a été observé au sommet de La Raya. Précisons finalement que des terrasses agricoles préhispaniques aménagent peut-être le versant haut.



Figure 118 - Les cônes du Coyotillo (gauche, plan central) et du Durazno (droite, plan central), vus depuis le sommet du Cerrito Pelón. En arrière plan, le Cerro de Las Flores. À droite au premier plan, entre les arbres, on aperçoit le versant sud du cône de La Raya.

Les édifices d'El Coyotillo (le plus imposant) et d'El Durazno sont moins marqués par les phénomènes d'érosion que les cônes présentés jusqu'ici. Leur formation est plus récente, comme nous l'avions déjà constaté au regard du degré d'altération des reliefs structuraux sur la coulée associée (6.3.1.1). Bien que clairsemé, le couvert végétal recouvre l'intégralité des édifices. La DETENAL identifie des Andosols vitriques. Cette classification est vraisemblable mais, une fois de plus, soumise à conditions (cf. 5.3.4.3). Archéologiquement, les deux cônes

sont aménagés de denses réseaux de terrasses agricoles. Bien que nous ne les ayons pas observées sur le terrain, elles ont pu permettre l'épaississement localisé des *solums*.

6.3.2.2. Cônes de l'Holocène

Notre fenêtre comprend deux cônes formés au cours de l'Holocène. Il s'agit des deux édifices les plus à l'est du chapelet des Tres Cerritos (Figure 119). Précisons que ceux-ci se composent en réalité de quatre cônes. Las Vigas est le plus occidental. Sa formation a partiellement occulté un cône plus ancien et plus petit. Viennent ensuite les deux cônes inscrits dans notre fenêtre d'étude. Nous n'avons pas pu les visiter, aussi ne les connaissons-nous que par les images LiDAR et satellites. Le cône oriental est fermé et présente une concavité nette au niveau du cratère. Le cône occidental est égueulé vers le nord. En conséquence, ce dernier semble marqué par des affleurements rocheux dans sa partie interne et une ravine l'entaille en son centre. L'édifice oriental présente, au contraire, une concentration de végétation plus importante au sein de son cratère, qui indique peut-être une épaisseur de sol plus importante. Autrement, les deux cônes sont morphologiquement très similaires. Leurs versants réguliers présentent des pentes d'environ 30°, caractéristiques des cônes scoriacées de la CVT (Bloomfield 1975 : 481).



Figure 119 - Vue satellite (gauche) et 3D (droite, z x2) du complexe des Tres Cerritos et du cône du Capaxtiro, depuis le nord-est.

La DETENAL identifie ici des Andosols molliques et ochriques sur la base d'une observation réalisée à l'ouest, sur une coulée volcanique considérée comme plus ancienne par Reyes Gúzman *et al.* (2018). En l'absence de visite de terrain, nous suivons cette proposition – en mettant toutefois le lecteur en garde encore une fois sur la question du taux de phosphore fixé (Takahasi *et al.* 2004 ; 5.3.4.3). Nous nous limitons à des remarques générales. Notons d'abord les processus de ravinement assez marqués qui sont en place au pied du cône occidental. Ils témoignent peut-être d'un taux d'argile plus important dans les sol des bas de pente et donc de réserves en eau. La concentration d'espèces végétales caducifoliées le long

des ravines en formation semble aller dans ce sens. Soulignons ensuite l'apparente rareté des terrasses agricoles préhispaniques sur ces cônes, malgré la proximité de sites archéologiques importants (notamment Mich. 95-96 et 38). Seules quelques terrasses aménagent le bas versant sud de l'édifice oriental. En comparaison, de denses réseaux couvrent les cônes plus anciens du Coyotillo et du Durazno (6.3.2.1). Ces observations indiquent peut-être que les sols des cônes de l'Holocène présentaient des restrictions pour les agriculteurs préhispaniques. Des hypothèses plausibles sont : une épaisseur limitée du *solum* et/ou une classe texturale sableuse (matériau téphrique jeune), à drainage interne très rapide.

6.3.2.3. Le maar de la Alberca de Los Espinos

Le *maar* de la Alberca de Los Espinos présente une morphologie similaire aux cônes, bien que plus imposant. Son cratère est comblé par un lac. Les versants internes du *maar* présentent de nombreux affleurements rocheux. En dehors du cône à proprement parler, la Alberca présente un appendice qui se développe vers le nord-est. Le *maar* est peu marqué par l'érosion.

Nos travaux se limitent à des observations en surface. Nous avons cependant noté l'épaisseur des sols et leur couleur brun sombre (matière organique ?) dans une carrière d'extraction de gravier qui entaille le versant sud-ouest. Sur la base d'une observation au pied du versant sud-est, la DETENAL propose l'identification de Cambisols eutriques. Secondairement, la présence d'Andosols vitriques a été proposée. Dans ce cas, le doute demeure une fois de plus sur l'identification car les critères de classification ont évolué (*cf.* 5.3.4.3).

6.3.2.4. Le complexe de dômes de Las Flores

Le *cerro* de Las Flores est un complexe de dômes (Demant 1992). Il est l'édifice le plus imposant de notre fenêtre d'étude (voir Figure 118). Le volume de lave émis – 2,04 km³ – est circonscrit dans une aire géographique limitée – 8,8 km² (Reyes Gúzman 2017, voir Tableau 18 : 286) – ; soit un ratio volume/surface de 1 : 4. En comparaison, la coulée plus fluide du Copalillo présente un volume assez proche de 2,22 km³, pour une surface de 21,5 km² ; soit un ratio volume/surface d'environ 1 : 10. De par sa morphologie ramassée et ses versants abrupts (> 20°), le *cerro* de Las Flores est fortement érodé. Il est marqué de nombreuses zones d'écoulement, qui ravinent le bas de pente. Les sols ne sont pas absents pour autant, bien que généralement peu épais.

Nous n'avons pas réalisé d'opération sur le *cerro* lui même, hormis sur son piémont caractérisé par un fort taux de colluvionnement et d'alluvionnement (6.3.3), et occupé par le site de Mich. 416 (7.2.5). Nous nous référons aux identifications de la DETENAL : sur la base d'une observation au sommet du *cerro*, les Lithosols (Lithic Leptosols) sont majoritaires ; ce qui paraît plausible vu l'importance de l'érosion des versants. Des Andosols molliques ont été identifiés secondairement, ainsi que des Luvisols orthiques. La présence d'Andosols est une fois de plus discutable en l'absence de données sur le taux de phosphates fixés (*cf.* 5.3.4.3). L'âge de l'édifice ($0,91 \pm 0,22$ Ma) (Reyes Gúzman *et al.* 2018), nous incite par ailleurs à rapprocher la pédogenèse du *cerro* de Las Flores de celle des coulées du Pléistocène ancien-moyen (6.3.1.1), bien que les cendres du bouclier proche d'El Tule aient pu rajeunir la couverture pédologique. La présence de Luvisols orthiques est possible dans la mesure où l'illuviation d'argile a été démontrée ailleurs sur la coulée contemporaine du Copalillo (P4 et P6). Ils seraient aujourd'hui dénommés Haplic Luvisols.

6.3.2.5. Synthèse pour les cônes, dômes et la maar de la Alberca

Du point de vue géopédologique, les cônes, dômes, et *maar* présentent des sols généralement superficiels ; à mettre en relation avec le pendage fort de leurs versants, supérieur à 20°. Cette caractéristique implique la présence de Lithic **LEPTOSOLS** – voire de Nudilithic Leptosols.

La pédogenèse est plus ou moins avancée en fonction de l'âge des édifices. Le matériau parental téphrique – notamment dans le cas des cônes et du *maar* – a permis le développement d'horizons de surface vraisemblablement riches en matière organique et en bases échangeables (horizons molliques). Nous proposons des Leptic **PHAEZOZEMS**. Ces sols peuvent par ailleurs présenter des horizons subsuperficiels argileux, potentiellement vertiques ou protovertiques. Ce constat, ainsi que la fréquence des phénomènes de ravinement sur les cônes, nous amène à proposer la présence d'Endovertic Phaeozems. Par ailleurs, la migration des argiles au sein du profil a aussi pu entraîné la formation de **LUVISOLS**.

Nous pensons que l'omniprésence d'**ANDOSOLS** proposée par la DETENAL est surestimée au regard de l'évolution récente des critères de classification de ces sols (Takahashi *et al.* 2004). Les taux nécessaires à la classification de matériaux vitriques ou de rétention des phosphates¹⁷⁶ ne sont peut-être plus remplis. Certains sols satisfont probablement les critères

¹⁷⁶ $\geq 5\%$ de verres volcaniques ou apparentés (IUSS 2015).

diagnostiques des **CAMBISOLS** – en l’absence d’horizon mollique. Nos identifications sur les coulées de la Mesa del Bolsón (6.3.1.2) et du Cerrito Pelón (6.3.1.1), et celle de la DETENAL sur le *maar* de la Alberca de Los Espinos vont dans ce sens.

6.3.3. Colluvions, alluvions et dépressions

Les colluvions, alluvions, et dépressions constituent une part significative des contextes pédogénétiques des hautes terres (616 ha¹⁷⁷). Elles se développent à la faveur de l’érosion des versants des édifices volcaniques. La matière mise en mouvement est ainsi stockée sur les pieds de pente (colluvions ; Figure 120), à l’embouchure des cours d’eau temporaires (alluvions) (6.3.3.1), et dans les zones concaves (dépressions) (6.3.3.2). Exceptionnellement, on observe des zones de colluvionnement important sur les parties sommitales des géoformes.



Figure 120 - Zone de colluvionnement au pied du Cerrito Pelón. Vue depuis l’est.
Noter la concentration de végétation plus verte sur le pied de pente à la faveur de l’accumulation d’eau dans les horizons subsuperficiels argileux.

Nous avons réalisé des carottages à la tarière dans les géoformes de dépôt situées :

- au bas du versant ouest du *cerro* de Las Flores ;
- entre les coulées de Malpaísillo et d’El Coyotillo-El Durazno ;
- dans la dépression au nord de la coulée de l’Infiernillo ;
- au pied du versant est de la coulée d’El Coyotillo-El Durazno ;
- au pied du versant sud du cône de La Raya ;
- entre les coulées de La Mesa del Bolsón et de Las Joyitas de Milpilllas ;
- sur les bas versants et au sommet du Cerrito Pelón ;
- dans les dépressions localisées sur la coulée du Copalillo.

¹⁷⁷ Auxquels s’ajoutent toutes les zones de colluvionnement et d’alluvionnement inscrites au sein d’autres géoformes mais non représentées sur la cartographie de la fenêtre d’étude.

Les opérations archéologiques et pédologiques conduites au pied du Malpaís Prieto nous ont par ailleurs fourni des fenêtres d'interprétation plus précises pour la description de ces contextes géopédologiques (UT115, P2, P4, P5, P6, et P14).

6.3.3.1. Colluvions et alluvions

Les profils P2 et P5, respectivement excavés sur le piémont et sur le bas versant oriental du Cerrito Pelón, constituent des exemples de colluvionnement en contexte archéologique et en bordure (Figure 121). Leurs caractéristiques physiques et chimiques sont compilées dans les Tableau 32 et Tableau 33.

| Profil | Hor. | Prof. [cm] | Couleur (humide) | CT | Pier. [%] | DA [g·cm ⁻³] | VPT [%] | CA [%] | RU [L·m ⁻²] | CC [L·m ⁻²] |
|--------|----------|---------------|---------------------|------|--------------|-----------------------------|------------|-----------|----------------------------|----------------------------|
| 2 | Ah1 | 0-3 | 10YR3/2 | SiL | 1 | 0,95 | 54,5 | 9,5 | 7,13 | 13,66 |
| | Ah2 | 3-16 | 10YR3/2 | SiL | 1 | 1,23 | 47,5 | 7,5 | 22,52 | 51,48 |
| | 2Ab | 16-54 | 10YR3/3 | SiCL | 1 | 1,14 | 45 | 6,5 | 63,95 | 144,84 |
| | 2Bw | 54-116 | 10YR3/3 | SiC | 1 | 1,1 | 42 | 6 | 98,21 | 220,97 |
| | 2Bw (ss) | 116-125 | 5YR3/2 | SiC | 1 | 1,1 | 43 | 4 | 9,80 | 34,75 |
| | 3Bw ss | 125-136 | 10YR3/1 | HC | 1 | 1,1 | 45 | 3 | 10,69 | 37,42 |
| 5 | Ah1 | 0-3 | 10YR3/2 | SiL | 2 | 0,9 | 55,5 | 10,5 | 8,38 | 13,23 |
| | Ah2 | 3-18 | 7.5YR3/2 | SiL | 2 | 0,87 | 55,5 | 10,5 | 41,90 | 66,15 |
| | Bw1 | 18-63 | 10YR3/3 | SiL | 2 | 0,96 | 53 | 9,5 | 121,28 | 191,84 |
| | Bw2 | 63-75 | 10YR4/4 | SiL | 2 | 1,03 | 41,5 | 6,5 | 23,52 | 41,16 |
| | Bw3 | 75-103 | 10YR3/3 | SiL | 2 | 0,83 | 50 | 9 | 74,09 | 112,50 |
| | Bw4 | 103-160 | 10YR3/3 | SiL | 2 | 1,01 | 41,5 | 6,5 | 111,72 | 195,51 |

Tableau 32 - Caractéristiques physiques des sols développés sur colluvions.
*Densité apparente estimée sur le terrain ; le reste en laboratoire.

| Profil | pH | C.E. [μS·cm ⁻¹] | C total [%] | N total [%] | P Bray [mg·kg ⁻¹] | P fix. [%] |
|--------|-------|--------------------------------|----------------|----------------|----------------------------------|---------------|
| 2 | 5,83 | 158,0 | 5,12 | 0,46 | 4,17 | 60,30 |
| | 5,98 | 79,0 | 2,55 | 0,25 | 1,83 | 53,23 |
| | 6,53 | 75,1 | 1,98 | 0,15 | 4,58 | 53,41 |
| | 6,79 | 60,0 | 0,71 | 0,05 | 5,40 | 44,95 |
| | 6,68 | 70,1 | 0,60 | 0,05 | 14,59 | 28,84 |
| | 6,59 | 180,7 | 0,57 | 0,05 | 7,02 | 30,18 |
| 5 | 6,00* | - | >3,00° | ~0,18 | - | - |
| | 6,21 | 150,4 | 3,12 | 0,26 | 3,94 | 43,97 |
| | 6,32 | 64,3 | 1,02 | 0,12 | 6,65 | 44,91 |
| | 6,65 | 60,4 | 0,63 | 0,06 | 1,11 | 30,04 |
| | 6,85 | 45,3 | 0,55 | 0,05 | 0,42 | 23,28 |
| | 6,98 | 57,3 | 0,86 | 0,07 | 0,63 | 21,59 |

Tableau 33 - Caractéristiques chimiques des sols développés sur colluvions.
*pH estimé sur le terrain (papier pH), le reste en laboratoire.
°Valeur de matière organique estimée d'après Renger *et al.* 1987

| Profil | CEC [cmol·kg ⁻¹] | Ca | Mg [cmol·kg ⁻¹] | K | Na | BE [mol·m ⁻²] | Saturation en bases [%] |
|--------|---------------------------------|-------|--------------------------------|------|------|------------------------------|----------------------------|
| 2 | 31,25 ¹ | 11,17 | 4,66 | 0,98 | 0,07 | 4,76 | 54,00 |
| | 26,75 ¹ | 10,61 | 4,47 | 0,28 | 0,13 | 24,51 | 57,89 |
| | 31,7 ¹ | 15,16 | 5,68 | 0,88 | 0,15 | 93,72 | 68,93 |
| | 44,5 ¹ | 16,53 | 5,78 | 0,87 | 0,19 | 157,79 | 52,52 |
| | 44,5 ¹ | 15,47 | 5,65 | 0,52 | 0,13 | 21,34 | 48,92 |
| | 59,75 ¹ | 25,70 | 10,49 | 0,72 | 0,19 | 36,35 | 62,07 |
| 5 | 42,00 ² | - | - | - | - | - | 50,00* |
| | 42,00 ² | 16,72 | 4,61 | 0,21 | 0,08 | 27,93 | 51,48 |
| | 38,40 ² | 13,35 | 5,55 | 0,87 | 0,17 | 85,26 | 51,92 |
| | 36,00 ² | 14,66 | 5,78 | 1,13 | 0,33 | 26,79 | 60,81 |
| | 36,00 ² | 15,91 | 5,27 | 1,05 | 0,38 | 52,00 | 62,78 |
| | 36,00 ² | 23,58 | 5,74 | 0,17 | 0,47 | 170,72 | 83,20 |

Tableau 34 - Capacité d'échange cationique et saturation en bases des sols développés sur colluvions.
¹ approximation de la CEC en supposant un mélange de types d'argile, dont une dominance de smectites.
² approximation de la CEC en supposant un mélange de types d'argile et d'allophanes dans la fraction fine.
 *Saturation estimée sans correction de la somme des BE en laboratoire



Figure 121 - Profils 2 et 5.
 Noter sur P2 les horizons verticaux subsuperficiels.

Le profil P5 reflète un colluvionnement important associé à des modifications anthropiques. La couleur passe d'un brun sombre à une teinte plus orangée, indice de l'altération. La classe texturale est un loam limoneux dans l'ensemble des 160 cm excavés¹⁷⁸. La pierrosité est caractérisée par la présence de lapillis et les artefacts sont abondants (5 à 10%), au sein d'une stratigraphie archéologique mélangée. La densité apparente est basse et la porosité importante. Malgré un drainage interne rapide, la capacité au champ est très haute, tout comme la réserve utile en eau. Le pH est légèrement acide et tend vers la neutralité en profondeur. Le taux de carbone organique est modéré et le rapport C/N de 11 indique une bonne activité biologique sous l'humus de type Mull. La salinité est négligeable et les carbonates absents (pas de réaction à l'HCl). Au regard du contexte, nous avons estimé la CEC

¹⁷⁸ Profondeur arbitraire fixée par l'arrêt de l'excavation. Le sol est probablement plus profond.

en supposant un mélange de types d'argile et d'allophanes dans la fraction fine. Sa valeur est moyenne. Le taux de saturation en bases, corrigée à partir des mesures de laboratoire pour Ca, Mg, K, et Na – Al et H n'ayant pas été mesurés –, est évalué supérieur à 50% dans l'ensemble du *solum*. Le taux de phosphore est assez bas ($\sim 12 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) et la rétention de ce dernier modérément élevée (40% en moyenne). Le profil a été classifié comme un Cambic Phaeozem (Colluvic, Technic).

Le profil P2 est plus complexe, dans la mesure où l'on peut y observer l'enfouissement d'un sol ancien, sous un dépôt colluvique (à 16 cm de la surface du sol minéral). Les caractéristiques pédologiques du sol enfoui sont proche de celles de la coulée du Copalillo. Le changement textural est abrupt. On passe d'un loam limoneux en surface (24% d'argile), à des classes texturales plus fines dans les horizons subsuperficiels (plus de 45% d'argile). Dans l'ensemble du *solum*, la couleur est un brun sombre. L'altération est perceptible au travers de l'accumulation d'argile. Des propriétés protovertiques puis vertiques apparaissent au-delà d'1 m de profondeur. À ce titre, le dernier horizon atteint procède vraisemblablement d'une évolution très longue, au regard de ses propriétés vertiques fortement marquées (faces de glissement très nettes, classe texturale d'argile lourde [78% d'argile]). Le drainage interne demeure assez rapide et la réserve utile est importante. Le pH est légèrement acide et le taux de carbone organique sensiblement plus élevé qu'en amont, sur le bas versant du Cerrito Pelón. La salinité est peu importante et le test à l'HCl, négatif. La CEC, estimée ici à partir d'un mélange potentiel d'argile avec dominance de smectites (gonflement-retrait des horizons vertiques), est moyenne. La saturation en bases est évaluée supérieure à 50%. La réserve en phosphore est légèrement plus importante que sur la bas versant du Cerrito Pelón mais demeure assez basse ($\sim 15 \text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$), pour une rétention modérée à haute (45% en moyenne). Le sol a été classifié comme un Endovertic Phaeozem (Colluvic, Cutanic, Differentic, Siltinovic).

Ailleurs dans les zones de colluvionnement et d'alluvionnement, les observations à la tarière ont généralement révélées une profondeur importante – voire très importante – et des classes texturales de loam limoneux ou légèrement plus fines (Figure 122). Ces sols sont, de fait, particulièrement prompts à s'éroder, par flux régulier de matière vers les piémonts. Au-delà du cas du Cerrito Pelón vu ci-dessus (voir *supra*, Figure 117 : 327), nous soulignerons de façon plus générale, le fait que les aménagements humains préhispaniques sont fréquents dans les zones de colluvionnement. L'impact anthropique est perceptible au travers du mélange des *solums* (qualificatif WRB de « relocatic »), jusqu'à une profondeur importante (stratigraphies

très développées). Pour autant, la pédogenèse n'en a pas été drastiquement modifiée par rapport à une zone de colluvionnement non aménagée ; et ce à la faveur de la texture limoneuse et pulvérulente des sols. Il est donc compliqué de classer les sols des colluvions, qui présentent un mélange de matériaux colluviques et transportés/ré-agencés par la main humaine. Entre ces différents matériaux parentaux la distinction est difficile, alors même qu'une séquence pédologique « normale » (A-B-C) s'est rapidement remise en place au sein du profil. Le cas du Cerro de Las Flores est particulièrement probant (Figure 122).



Figure 122 - Profil-type des sols sur colluvions observés à la tarière (gauche) et exemple de *solum* très développé et intensément modifié par la main humaine au pied du Cerro de Las Flores (droite, photo : G. Pereira).

Dans plusieurs cas, l'horizon subsuperficiel est plus argileux. Cette classe texturale indique la redistribution des argiles dans le profil. Elles s'accumulent en profondeur dans le *solum*, à mesure que la pente s'adoucit et que le drainage ralentit. Des processus de néoformation sont probables. Si ces horizons argileux sont souvent profonds et difficilement observables à la tarière (limitée à 1 m), ils sont détectables en surface au travers de la concentration de végétation plus verte qu'ailleurs, à la faveur de l'humidité emmagasinée par les argiles. Il arrive que ces horizons subsuperficiels formés anciennement se retrouvent exposés. On soulignera à cet égard le cas du cône de La Raya (6.3.2.1). Au pied de celui-ci, les sols présentent en effet une classe texturale argileuse, dès les premiers centimètres sous la surface de l'horizon minéral (-16 cm). En résulte des zones de *carcavas*. Nous pensons que ce phénomène est du à l'érosion progressive des horizons supérieurs, faisant apparaître des niveaux verticaux, anciennement enfouis. Le même phénomène a été observé en certains

endroits du piémont du Cerrito Pelón (Figure 123) ou encore, au pied du cône de Los Cuarterones.



Figure 123 - *Carcavas* en bas de versant du Cerrito Pelón.

L'exposition des horizons vertiques sous l'action de l'érosion peut être couplée à un phénomène d'induration.

6.3.3.2. Dépressions

Les colluvions et/ou alluvions se retrouvent par endroits confinées dans des zones concaves : les dépressions. Elles se concentrent à l'intérieur même des géoformes volcaniques (dépressions intra-coulée sur la carte au 1 : 60000^{ème}) ou entre celles-ci (dépressions inter-coulées, Figure 124). Concentrant naturellement l'humidité, elles sont repérables dès la surface par la présence d'une végétation fréquemment plus verte. Les sondages P4, P6, P14, et P15 décrit au 6.3.1.1, ont été entrepris au cœur de dépressions au pied du Malpaís Prieto. Dans un souci de mise en regard de ces profils avec le reste du pied du Prieto, nous avons préféré les présenter plus tôt dans le développement. Ils nous servent cependant ici de base d'interprétation (voir carte du Plateau du Copalillo).



Figure 124 - Zone en dépression entre les coulées de l'Infiernillo, du Coyotillo-Durazno, de La Raya (hors image) et de la Mesa del Bolsón. Vue depuis cette dernière vers l'ouest.

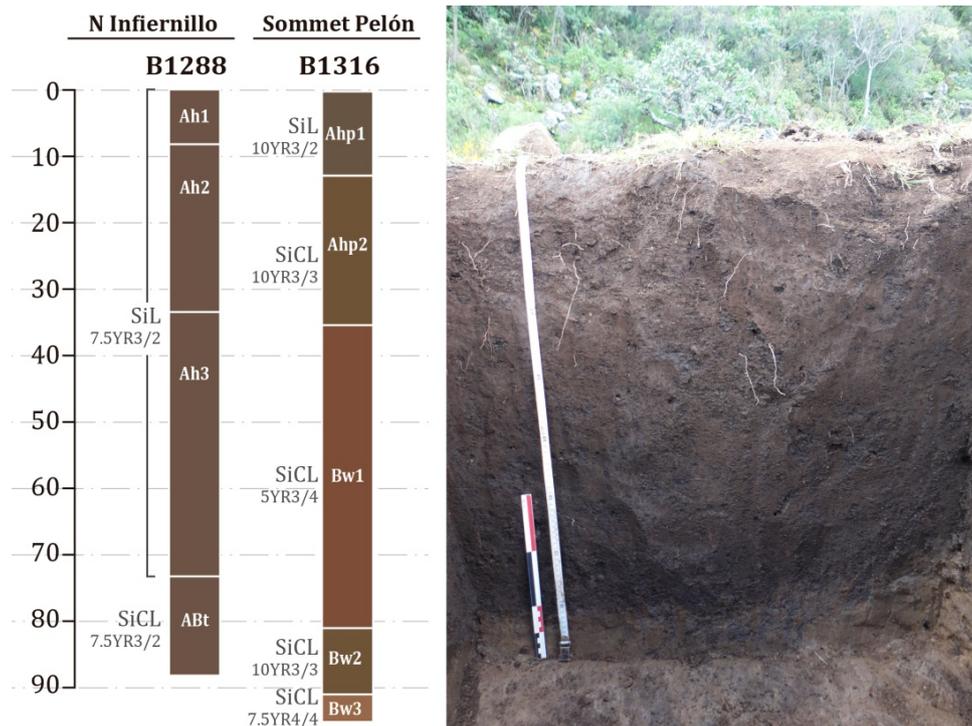


Figure 125 - Exemple d'observations à la tarière dans des zones de dépression et profil P15, dont la structure est peu développé dans la majorité du profil mais qui présente un horizon argileux en profondeur (fruit probable d'une première phase de pédogenèse avant recouvrement).

Nos observations ont révélé des sols profonds, de couleur brun sombre (taux relativement élevés de matière organique), mais régulièrement marqués de teintes grisâtres en profondeur (réduction du fer en conditions anaérobies). Les horizons de surface sont épais. Le pH légèrement acide et l'origine intermédiaire à basique des minéraux primaires altérés, sont autant d'indices de taux de saturation en bases probablement assez élevés. En témoigne les profils P4 et P6, excavés en bordure de dépression sur la coulée du Copalillo, qui présentent des taux de saturation supérieurs à 50%. De manière plus générale, nous estimons par conséquent que la potentialité de formation d'un horizon mollique est assez importante. Les observations à la tarière indiquent par ailleurs des classes texturales relativement grossières (loam argilo-limoneux). En complément, les profils 4, 6, 14 et 15 révèlent une structure globalement peu développée au sein du comblement. Toutefois, des classes texturales argileuses – et une meilleure structuration – peuvent apparaître dès les premiers décimètres du *solum*. Les profils P4 et P6, indiquent en effet que ces zones confinées sont propices à l'illuviation des argiles et à la mise en place d'horizons vertiques. La condition *sine qua non* est cependant l'alternance entre phases de saturation en eau et de dessiccation. Tel n'est pas le cas du profil 14 qui présente des propriétés stagniques. Il témoigne de la propension des dépressions à la mise en place de condition anaérobie lorsque le drainage interne est déficient.

6.3.3.3. Synthèse sur la morpho-pédogenèse des géoformes de dépôt

Dans les hautes terres, les dépôts téphriques sont omniprésents. Leur altération a conduit à la formation de sols à classe texturale de loam à macro-agrégats peu stables. En résulte une grande sensibilité à l'érosion. C'est pourquoi les taux de colluvionnement et d'alluvionnement sont importants dans les hautes terres. Toutefois, contrairement à un paysage où les roches demanderaient de longue période d'altération avant que la gravité et l'eau n'entraîne ponctuellement des matériaux vers l'aval, l'omniprésence des sols téphriques à très bon drainage interne induit des flux de matière quasiment continus. Les événements fortement morphogènes sont donc assez rares¹⁷⁹.

Les sols de colluvions et d'alluvions présentent des classes texturales relativement grossières et une pierrosité avant tout caractérisée par des matériaux colluviques et téphriques. Ils sont bien aérés et présentent une réserve en eau élevée, malgré un drainage interne rapide. D'après nos observations, les horizons de surface sont globalement épais, assez riches en matière organique et en bases échangeables. Ils sont souvent molliques mais ne présentent pas de carbonates. La présence d'horizons subsuperficiels argileux est fréquente mais ne semble pas généralisée. Ces sols satisfont en majorité les critères d'Endoveritic **PHAEOZEMS** et de Cambic Phaeozems. Soulignons l'abondance des terrassements humains dans les zones de colluvions, qui contribuent à l'épaississement des *solums*.

Lorsque les flux de matières sont confinés dans des zones en dépression, l'évolution des sols est différente. La concentration en argile augmente et conduit à la formation d'horizons de mieux en mieux structurés, à la faveur de l'alternance entre saison sèche et humide (gonflement-retrait des argiles). Les sols des dépressions peuvent ainsi évoluer à terme vers des **VERTISOLS**. Enfin, dans les quelques cas où le confinement entraîne des conditions d'anaérobie, les processus de structuration sont inhibés au profit de la mise en place de propriétés stagniques. Lorsqu'elles sont prononcées, les sols peuvent évoluer en **STAGNOSOLS**.

¹⁷⁹ Nous estimons que le cas du profil P2 est un exemple de ces événements morphogènes. Sa stratigraphie correspond selon nous au recouvrement d'une partie des sols de la coulée du Copalillo par les matériaux érodés du Cerrito Pelón lors d'une phase érosive importante. Elle est peut-être à mettre en relation avec l'abandon des versants cultivés du Cerrito au XV^{ème} siècle apr. J.-C. (voir 8.3.4).

6.4. UNE SYNTHÈSE DE LA MORPHO-PÉDOGENÈSE DES SOLS DU NORD-OUEST DU BASSIN DE ZACAPU

En guise de synthèse de ce chapitre, soulignons à nouveau la diversité pédologique de la fenêtre étudiée. Dans les hautes terres et sur le piémont, elle est le fruit de l'altération rapide des matériaux parentaux téphriques issus du volcanisme récent, ainsi que des mouvements de matières importants qu'ils induisent dans le paysage. Dans les basses terres de la plaine lacustre, l'influence du paléolac a été fondamentale. Actuellement, et en dépit du drainage, celle de la nappe phréatique l'est tout autant.

6.4.1.1. Les hautes terres

Dans le contexte volcanique zacapense, il est assez logique que la DETENAL ait identifié de nombreux **ANDOSOLS** dans les années 1970. Ils se sont développés au sein des géoformes ayant été recouvertes par les matériaux téphriques les plus jeunes ; notamment aux abords des cônes des Tres Cerritos et du Capaxtiro. Au regard du type d'éruption (strombolienne) et des vents dominants (hypothétiquement E-O à S-N) (voir 3.2.1.5), ce sont en effet les coulées de Las Milpillas, Las Joyitas et El Infiernillo¹⁸⁰, et, dans une moindre mesure, la Mesa del Bolsón et Malpaísillo qui semblent les plus à même d'avoir reçu les éjectas issus de ces cônes. Comme nous l'avons évoqué au chapitre 3, les Andosols correspondent à l'évolution pédologique « normale » des dépôts téphriques, par hydrolyse des verres volcaniques (Baize et Girard 2008 ; IUSS 2015 ; 3.4.2.1). La mise en place de tels sols peut être très rapide, de quelques centaines à un millier d'années (Shoji *et al.* 1993 ; Jahn et Stahr 1996). De plus, les dépôts de cendre volcanique sur des surfaces plus anciennes ne stoppent généralement pas la pédogénèse, mais contribuent au contraire à rajeunir les profils (Peña Ramirez *et al.* 2015). Légers, bien aérés, bien drainés, pulvérulents une fois exposés à l'air libre, les Andosols se caractérisent par leur texture limoneuse, leur faible densité apparente, la présence de matériaux téphriques plus ou moins altérés, et la formation de produits amorphes (ex. allophanes), à fort pouvoir fixateur du phosphore. Toutefois, l'identification faite par la DETENAL reposait sur des critères aujourd'hui obsolètes (FAO-UNESCO 1974), ne prenant notamment pas en compte la question de la rétention du phosphore. De fait, au travers des analyses, notre étude a montré que certains sols identifiés comme tels – P5 et P8 – présentent des taux de rétention des phosphates trop bas pour satisfaire les critères diagnostiques des propriétés andiques. Sur les dépôts les plus récents, concentrés aux abords du complexe de

¹⁸⁰ Les dépôts téphriques sur l'Infiernillo

cônes des Tres Cerritos et de celui du Capaxtiro, des propriétés vitriques sont toutefois envisageables.

Ainsi, les sols anciennement identifiés comme Andosols de notre fenêtre d'étude, peuvent en réalité être classifiés pour la plupart comme des **PHAEZEMS**¹⁸¹. Bien qu'ils se caractérisent tous par un horizon mollique diagnostique et une saturation en bases – liée au matériau parental intermédiaire à basique –, les Phaeozems qui se développent dans les zones à drainage modéré, présentent des degrés d'évolution pédologique variés. Elle s'exprime au travers de la structuration des *solums*, 1) par la formation de complexes organo-minéraux en surface – processus au sein duquel, en l'absence de carbonates, l'importance des argiles et des oxyhydroxydes est ici particulièrement notable – et 2) par l'illuviation modérée des argiles et l'oxydation du fer dans les horizons B subsuperficiels (Duchaufour 2001). Ainsi, les Phaeozems des hautes terres ont typiquement gardé une morphologie proche des Andosols, mais présentent un degré d'altération pédogénétique plus avancé. La redistribution des argiles a par ailleurs conduit dans quelques profils à la formation d'horizons Bt argiques. Nous n'avons personnellement observé que des phénomènes d'illuviation peu prononcés, mais la DETENAL va jusqu'à identifier par endroits des **LUVISOLS**.

Par ailleurs, l'altération des minéraux primaires dans ce contexte subtropical à saisonnalité marquée, a provoqué la néoformation d'argiles gonflantes de type 2/1 (smectites/montmorillonites) (Duchaufour 2001 : 32). Ce phénomène correspond à une altération longue et caractérise donc les géoformes anciennes. L'alternance de phases d'humectation/dessiccation des argiles smectitiques dans les contextes à drainage interne relativement lent, a pu conduire à la formation de fentes de retrait et de faces de glissement au sein des *solums* ; processus connu sous le vocable de vertisolisation (Wilding et Tessier 1988, cités par Duchaufour 2001 : 173). Les sols présentant ces caractéristiques satisfont les critères diagnostiques de **VERTISOLS**. C'est la raison qui a conduit la DETENAL à classer comme tels la plupart des sols des hautes terres, autres que les Andosols. En réalité, notre étude a montré que de nombreux sols présentaient des propriétés vertiques encore non complètement affirmées, ou cantonnées à la partie inférieure du profil (procédant alors généralement de mise en place ancienne) : 1) soit parce qu'un drainage interne plus rapide a limité les processus de

¹⁸¹ Rappelons que la WRB est conçue de telle manière (5.3.4.1), que ce changement de Groupes de sols de référence ne signifie pas une différence dans les caractéristiques générales de ces sols. Ils demeurent aérés, bien drainés et relativement pulvérulents. Simplement, l'élément diagnostique qui permet la classification n'est plus dans ce cas la présence d'horizon(s) à propriétés andiques ou vitriques, mais celle d'un horizon de surface mollique.

néoformation (sols en position de pente modérée), 2) soit parce que les *solums* ont été rajeunis par un apport de matière (zones de colluvions, dépôts téphriques...). Là encore, il s'agit généralement de Phaeozems, alors agrémentés du qualificatif d'« endovertic ». On les retrouve, associés à des Vertisols, sur les coulées volcaniques les plus anciennes de la zone, où le lissage des modelés tend à créer des surfaces relativement planes (coulée El Copalillo, La Raya, El Coyotillo-Durazno et Los Cuarterones). Dans les contextes les plus confinés, un drainage particulièrement lent a pu conduire à des conditions d'anoxie et, par extension, à la formation de propriétés stagniques, caractéristiques – s'il est besoin de le préciser – des **STAGNOSOLS**.

À l'inverse, là où les pentes sont plus marquées et dans les zones sommitales sujettes à une déperdition d'eau en milieu légèrement acide (pH entre 5 et 6,5), les sols originels (sur dépôts de cendre) ont pu évoluer différemment. Les bases des horizons de surface ont été entraînées vers l'aval par lixiviation (Duchaufour 2001 : 167). En a résulté un appauvrissement en nutriments dans les horizons A ou un amincissement de ceux-ci, qui ne répondent donc plus aux critères diagnostiques des horizons molliques (plus de 50% de saturation en bases et plus de 20 cm d'épaisseur). Le cas échéant, les sols remplissent les caractéristiques de **CAMBISOLS**, s'ils présentent par ailleurs des indices d'altération pédogénétique. Il s'agit typiquement d'une coloration plus rouge des horizons B à Zacapu (brunification). Les Cambisols constituent un stade intermédiaire dans la pédogénèse (du latin *cambiare*, changer). Une fois encore, ils conservent généralement une morphologie assez proche des Andosols dont ils découlent. On les retrouve notamment sur les coulées du Pléistocène récent, où les ondulations du terrain sont encore importantes (notamment la Mesa del Bolsón et le Caracol).

Enfin, les **LEPTOSOLS** sont caractéristiques des hautes terres. Ils sont les vestiges de reliefs structuraux (d'origines volcanique ou tectonique) ou découlent de phénomènes d'érosion importants qui ont mis à nu les versants (ex. cône du Cerrito Pelón). Souvent qualifiés de Lithic, voire de Nudilithic (roche exposée), ils sont loin de constituer de réels obstacles à l'installation humaine – et c'est peut-être là l'un des points les plus intéressants soulevés par cette étude. Les zones de Leptosols ont été abondamment aménagées à profit par les habitants préhispaniques de la région. Par d'ingénieux et laborieux systèmes de contention/transport de matière, des sols limoneux cultivables et/ou habitables ont ainsi été façonnées. Le cas le plus probant est sans doute l'aménagement d'**ANTHROSOLS** et de **TECHNOSOLS** sur les coulées volcaniques chaotiques de l'Holocène (Capaxtiro, Prieto et Infiernillo).

6.4.1.2. Les basses terres de la plaine lacustre et le piémont

Nous serons plus bref en ce qui concerne le piémont et la plaine, laquelle était en eau de façon permanente à l'époque préhispanique.

Les sols du piémont sont caractérisés par leur matériaux parentaux colluviques ou alluviaux. Ils proviennent de l'érosion des sols des hautes terres formés sur dépôts téphriques et de la désagrégation des roches ignées, globalement andésitiques, qui environnent le bassin. En conséquence, les sols du piémont se sont développés à partir de matériaux parentaux riches en bases, ce qui nous a conduit à interpréter les horizons A épais, foncés et relativement structurés, comme molliques. Par extension, et en l'absence de carbonates secondaires, nous considérons que les **PHAEOZEMS** sont une fois de plus majoritaires. L'identification d'Andosols par la DETENAL autour de la source Cuarín nous semble de fait erronée. Par ailleurs, de par leur position topographique dans des zones où la pente faiblit, les sols du piémont constituent des espaces propices à la redistribution des argiles au sein du profil, voire à la néoformation. Le développement de **VERTISOLS** est probable. Enfin, l'impact du domaine lacustre sur le piémont est notable dans plusieurs zones, où des matériaux limniques ont été déposés, plus ou moins anciennement (comme dans le cas de la zone soulevée à l'ouest des *lomas*). De par la faible profondeur – observée ou supposée – de la nappe phréatique, la présence de carbonates secondaires dans certains sols du piémont est envisageable. Auquel cas, la classification de ces derniers comme **KASTANOZEMS** constitue une hypothèse viable, mais à vérifier.

Pour ce qui est de la plaine elle-même, les sols – au sens le plus large en pédologie – n'y sont qualifiés comme tels que depuis le drainage du lac¹⁸². En d'autres termes, leur pédogenèse n'a guère plus de 100 ans, et résulte essentiellement de l'évolution récente des matériaux limniques déposés au cours de la longue existence du paléolac. En outre, malgré le drainage, de nombreuses zones sont encore fortement influencées par la faible profondeur de la nappe. Dans ces conditions, l'anoxie est fréquente et, en conséquence, la décomposition des matières organiques est lente. Aussi la majorité des sols de la plaine lacustre entre-t-elle dans le Groupes de sols de référence des **HISTOSOLS**. Le drainage du lac a néanmoins permis la mise en place de processus de minéralisation et d'humification de la matière organique dans

¹⁸² Selon la WRB, qui pourtant considère une acception large de ce qu'est un « sol », exclue de la définition les surfaces immergées de façon continue sous 2 m d'eau (IUSS 2015 : 4). Avec une profondeur excédant généralement les 2 m d'eau, le fond du paléolac de Zacapu n'était donc pas considéré comme du sol avant son drainage au début du XX^{ème} siècle.

les horizons de surface, favorisés par l'aération de ceux-ci par les labours. Les *solums* de la plaine lacustre tendent par conséquent vers une meilleure structuration depuis ces 100 dernières années, quand le drainage artificiel est suffisamment efficace. Les sols ont donc commencé à évoluer vers des **PHAEOZEMS**, voire des **KASTANOZEMS** (carbonates secondaires). *A fortiori*, bien que le développement de **VERTISOLS** – lequel nécessite une alternance marquée entre phases d'humectation et de dessiccation – soit en théorie possible, il n'est selon nous pas aussi généralisé que ne l'indiquait la DETENAL dans notre fenêtre d'étude. Nous estimons que des conditions anaérobies continues sont largement répandues et empêchent encore une telle évolution. La présence de propriétés gleyiques est, par contre, tout à fait possible.

7. RÉÉVALUATION DU PEUPEMENT PRÉHISPANIQUE DU NORD DU MALPAÍS DE ZACAPU

Grâce aux prospections et sondages dont la méthodologie a été présentée au chapitre 5, nous sommes désormais en mesure de proposer une réévaluation du peuplement septentrional du Malpaís de Zacapu, du VII^e au XV^e siècle apr. J.-C. Nous reprenons ici la division de la fenêtre d'étude en cinq secteurs :

- 1) le centre urbain de Mich. 31 et sa périphérie (7.1) ;
- 2) les hautes terres occidentales (7.2) ;
- 3) les centres urbains de Mich. 38 et Mich. 95-96 et leurs alentours (7.3) ;
- 4) le piémont et les rives du paléolac (7.4) ;
- 5) l'île d'El Llano (7.5).

Si ces grands secteurs font plus ou moins sens au niveau écologique, il n'en va pas de même au niveau anthropologique.

Ce chapitre détaille 31 sites archéologiques. Pour chacun, nous revenons sur :

- 1) son contexte environnemental, sa composition et son organisation interne ;
- 2) les opérations qui ont été réalisées en son sein – précisons que, de manière générale, ne sont présentées que les fouilles, dans la mesure où la prospection et les ramassages de surface sont communs à tous les sites du corpus ;
- 3) les éléments qui nous permettent d'associer le site à une phase chronologique et son interprétation fonctionnelle, ainsi que les regroupements possibles d'établissements sur des critères spatiaux et temporels.

Nous avons grandement participé à la constitution de ce corpus. Néanmoins, nous nous inscrivons dans le cadre plus large du projet Uacúsecha et au sein d'une recherche en cours. Aussi, outre nos investigations propres, nous présentons aussi des informations collectées par d'autres membres du projet. Afin d'être clair en ce qui concerne notre part du travail dans la collecte des données à partir de 2009¹⁸³, nous en faisons une synthèse dans le Tableau 35.

¹⁸³ Nous excluons de fait les travaux antérieurs au projet Uacúsecha dans le tableau 1. La mention de ceux-ci, réalisés dans le cadre des projets Michoacán I, II et Zacapu III, est précisée pour chaque site dans le corps du texte.

| Secteur | Site | Données collectées à partir de 2009 par |
|-----------------------|---------------|---|
| Prieto | 31 | Forest, Pereira, Michelet, Jadot, Manin, Barrientos, Elliott et Stevanato |
| | 31Norte | Dorison |
| | 417 | Dorison |
| | 418 | Dorison |
| | 425 | Pereira |
| | 426 | Pereira et Dorison |
| | 319 | Dorison et Goudiaby |
| | 68 | Dorison |
| | Hautes terres | 318 |
| 317 | | Michelet, Pereira, Barrientos, Quezada et Dorison |
| 429 | | Pereira |
| 430 | | Pereira |
| 416 | | Michelet, Pereira, Gillot, Barrientos, Sion et Natahi |
| 427 | | Pereira et Michelet |
| 428 | | Quezada et Darras |
| Infiernillo-Milpillas | 38 | Forest, Michelet, Pereira, Barrientos, Quezada et Dorison |
| | 439 | Dorison |
| | 95-96 | Forest, Combey et Dorison |
| | 440 | Dorison |
| Rives | 410 | Dorison |
| | 415 | Lefevre, Quezada et Dorison |
| | 420 | Dorison |
| | 421 | Dorison |
| | 422 | Dorison |
| | 423 | Dorison |
| | 424 | Dorison |
| | Îles | 34-70 |
| 32 | | Dorison |
| 33-69 | | Dorison |
| 71 et 72 | | - |

Tableau 35 - Liste des personnes impliquées dans la collecte des données présentées dans le chapitre 7.

7.1. LE CENTRE URBAIN DE MALPAÍS PRIETO ET SA PÉRIPHÉRIE

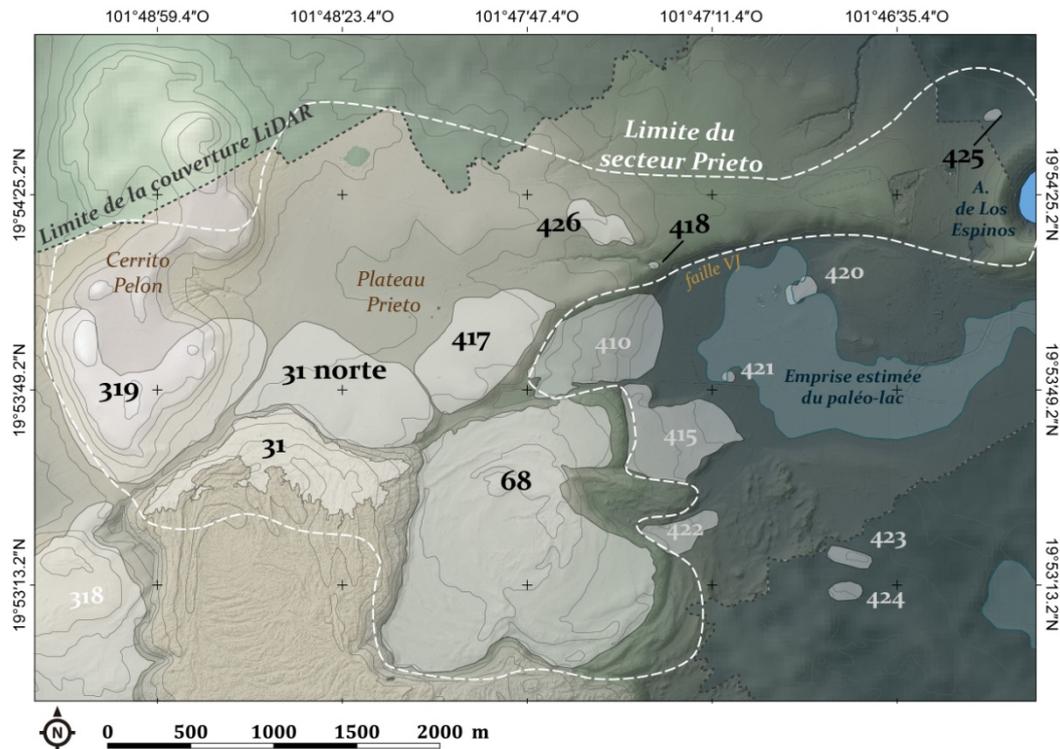


Figure 126 - Localisation du secteur *Prieto*.
L'emprise des sites est figurée en blanc.
Les établissements hors du secteur sont numérotés en gris clair.

Le secteur *Prieto* comprend le centre urbain de Mich. 31 et le plateau du Copalillo qui s'étend au nord de celui-ci, jusqu'à la ligne de partage des eaux Zacapu-Zipimeo (Figure 126). Sa limite ouest est le Cerrito Pelón et sa limite est, la faille de Villa Jiménez et le *maar* de la Alberca de Los Espinos. Il constitue de loin le secteur le mieux étudié de notre travail, où la cartographie archéologique touche au plus près de l'exhaustivité. Précisons que le centre urbain de Mich. 31 – qui en constitue le cœur – a été travaillé par d'autres membres du projet Uacúsecha. Nous avons pour notre part dirigé l'ensemble des opérations sur le reste du secteur *Prieto*.

7.1.1. Mich. 31, El Malpaís Prieto

Le site de Mich. 31 est vraisemblablement connu depuis la fin du XIX^e siècle. Il était connu de Caso (1930) et de Freddolino (1973) et a été visité, sondé et partiellement topographié par l'équipe du projet Michoacán étape I dans les années 1980 (Michelet 1992). Après une cartographie de densité dans les années 1990 (Michelet 1998), Mich. 31 reçoit la plus grande attention lors du premier plan quadriennal du projet Uacúsecha (Pereira 2013), le plaçant ainsi parmi les sites les mieux connus du Malpaís de Zacapu avec Mich. 95-96 (7.3.3).

Le centre urbain de Mich. 31 a été abondamment étudié en intrasite, mais pas par nous. Aussi renvoyons-nous le lecteur aux publications antérieures (Migeon 1991, 2015, 2016 ; Michelet 2008 ; Forest 2014 ; Pereira et Padilla 2018) et aux rapports d'opération (Pereira et Forest 2011 ; Pereira *et al.* 2012, 2013, 2014). Nous n'en faisons ici qu'une présentation succincte.

7.1.1.1. Environnement et organisation spatiale

1) Généralités sur l'organisation intrasite



Figure 127 - Vue aérienne de Mich. 31 depuis le nord. Au premier plan, le site qui a favorisé le développement d'une couverture végétale ; au second, la coulée brute.
(photographie : G. Pereira)

D'une superficie de 37 ha, Mich. 31 est construit sur le front nord de la coulée éponyme de Malpaís Prieto (Figure 127). Datée du X^e siècle après J.-C. (Maghoub *et al.* 2018), elle présente une surface chaotique de blocs d'andésite (3.1.3). En conséquence, outre le caractère naturellement défensif du site, uniquement accessible par le nord, sa principale caractéristique est son système constructif constitué de plus de 1100 terrasses, qui permettent d'accommoder

le terrain (Forest 2014 : 170, Figure 128). Leur talus mesure en règle générale plus d'un mètre de haut et leur blocage de pierre et de terre rapportée façonne des espaces nivelés, qui varient entre 6 et 4000 m². Les terrasses assurent ainsi l'assise des édifices, mais la profondeur de sol est généralement trop limitée pour permettre l'agriculture.

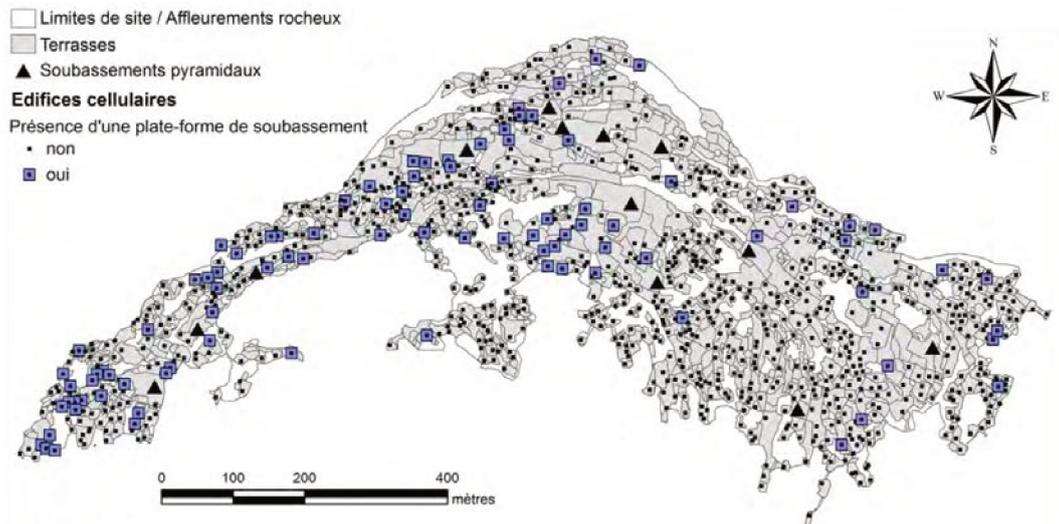


Figure 128 - Plan du parcellaire d'habitat de Mich. 31 (issu de Forest 2014, fig. 83 : 207)

L'organisation socio-spatiale du site a été traitée en détail par Marion Forest (2014). À l'échelle des habitats communs¹⁸⁴, chaque espace terrassé supporte en général une ou deux maisons, dont il constitue l'aire d'activité. De petites structures circulaires – interprétées grâce aux fouilles comme des bases de greniers aériens – viennent régulièrement compléter ce schéma organisationnel caractéristique (Michelet et Forest 2012). Le site s'organise ensuite en quartiers. Ils semblent d'abord structurés par la proximité des habitats avec une des 13 zones cérémonielles, matérialisées par la répétition de l'ensemble canonique temple-pyramide – place – autel – maison de réunion ou « Grande Maison », typique du Postclassique moyen (Michelet *et al.* 2005 ; Forest 2014). Ainsi, les maisons « d'élite »¹⁸⁵, plus grandes, sont proches des zones cérémonielles. Les maisons communes en sont plus éloignées. Par conséquent, la densité de l'habitat augmente à mesure qu'on s'éloigne des noyaux culturels, alors que la superficie des maisons diminue. La densité moyenne est de l'ordre de 25 structures cellulaires/ha (Forest 2014) ; des conditions qui limitent encore le potentiel agricole intrasite (Figure 129).

¹⁸⁴ Près de 800 identifiés comme tel, d'une surface au sol de 15 à 40 m² en moyenne.

¹⁸⁵ 91 identifiées.

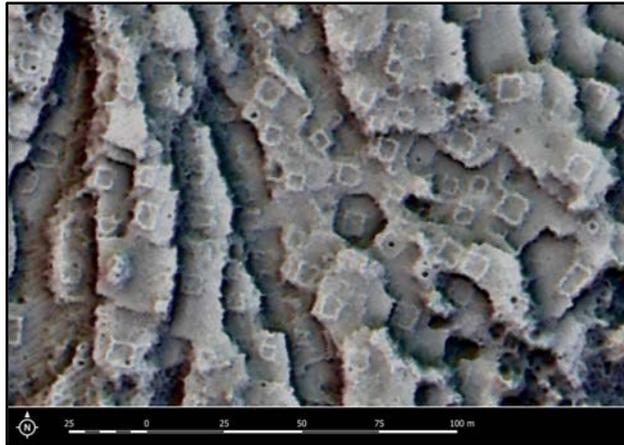


Figure 129 - Exemple de forte densité de l'habitat sur Mich. 31. Les carrés correspondent aux maisons.
(traitements LiDAR : SVF + LRM + MHS)

2) Connectivité de Mich. 31 avec la microrégion

L'étude de Forest a aussi révélé la complexité du réseau viaire intrasite (Forest 2014 : 451-464 et Figure 130). En outre, de manière tout à fait notable pour nos problématiques propres, l'auteur a mis en évidence trois entrées principales – et plusieurs autres hypothétiques – depuis le pied de la coulée. Elle a aussi souligné le lien qui existait entre Mich. 31 et le plateau, notamment dans la partie nord-est du site.

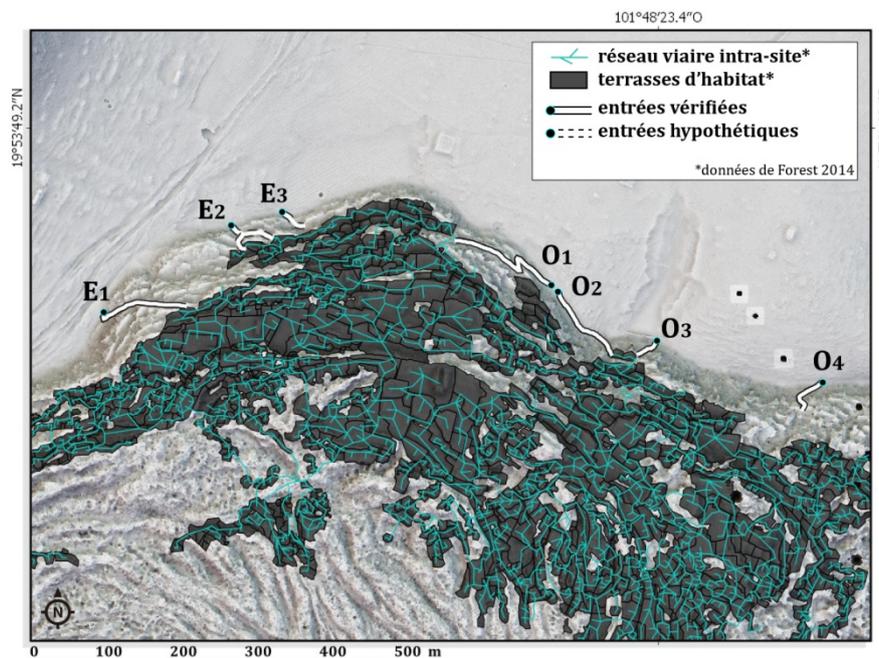


Figure 130 - réseau viaire intrasite et systèmes d'entrée est (E) et ouest (O)

Dans notre perspective d'inscription du centre urbain au sein de la microrégion, nous nous sommes attaché à réviser les accès possibles, à pied, puis à l'aune des données LiDAR. Nous avons dans un premier temps pu confirmer et préciser la localisation des trois entrées

principales. À celles-ci se sont ajoutés deux accès vérifiés sur le terrain et deux autres hypothétiques, identifiés sur le LiDAR, pour un total de sept entrées (Figure 130). Ces nouvelles identifications confirment la tendance exposée par Forest d'une accessibilité accrue dans la partie nord de la coulée, au détriment des extrémités est et ouest, mal desservies (Forest 2014). De fait, l'avancée maximale de la langue volcanique au nord présente le dénivelé le plus réduit entre le pied de coulée et les premières terrasses d'habitat – une dizaine de mètres. De chaque côté de cette avancée, vers l'est et vers l'ouest, le dénivelé augmente progressivement jusqu'à atteindre un maximum d'environ 40 m aux extrémités du site. Ainsi, la morphologie « en pointe » de la coulée a une incidence sur la répartition des accès. Ils se développent, d'une part, sur la face exposée nord-est et, d'autre part, sur la face nord-ouest. La partie est bénéficie de quatre systèmes d'accès et la partie ouest, de trois. Les entrées orientales ouvrent sur l'établissement de Mich. 31N et sur les réseaux de terrasses qui s'y développent (7.1.2). Les entrées ouest favorisent quant à elle la communication avec le site de Mich. 319 (7.1.7). Sur cette face, là où le dénivelé est le plus grand, le versant de la coulée est notablement entaillé de ce qui semble être une voie d'accès rectiligne de plus de 100 m de long. Ainsi, au regard des établissements environnants décrits ci-après, le centre urbain bénéficie – malgré son aspect infranchissable – d'une bonne connexion avec le plateau qui s'étend à son pied vers le nord.

7.1.1.2. Opérations de terrain

Outre diverses opérations de cartographie (Michelet 1998 ; Forest 2014), Mich. 31 a fait l'objet de nombreux travaux de fouille listés ci-après :

- Les UT 1 (dir. Pereira) et 2 (dir. Forest et Lefevre) se sont intéressées à la fouille extensive de deux terrasses d'habitat commun, composées chacune de deux maisons et de plusieurs bases de greniers aériens (Pereira et Forest 2010 ; Pereira *et al.* 2012).
- L'UT 3 (dir. Forest, Jadot et Manin) s'est attachée à la fouille d'une terrasse d'habitat d'élite surmontée de deux maisons de grandes dimensions (>100 m²), proche d'une zone cérémonielle importante (Pereira *et al.* 2012 ; 2013 et 2014). La première maison a été complètement dégagée ; la seconde, partiellement.
- L'UT 4 (dir. Pereira puis Michelet) était vouée au sondage et à la consolidation du temple-pyramide J7 (Pereira *et al.* 2012 et 2013).
- L'UT 5 (dir. Pereira et Barrientos) a permis de dégager l'autel S3, associé à J7, et de fouiller une importante zone funéraire (Pereira *et al.* 2012, 2013 et 2014).

- L'UT 6 (dir. Elliott) s'est intéressée à la fouille d'une grande structure circulaire située en contexte cérémoniel et associée à l'usage du feu (Pereira *et al.* 2013 et 2014).
- L'UT 7 (dir. Manin) s'est concentrée sur un ensemble de rochers naturels utilisés à des fins rituelles, localisé à proximité de la zone cérémonielle principale du site (Pereira *et al.* 2013).
- L'UT 8 (dir. Pereira) avait les mêmes objectifs que l'UT 6 pour une structure circulaire de la zone cérémonielle principale du site (Pereira *et al.* 2013 et 2014).
- L'UT 9 (dir. Michelet) s'est attachée à la fouille complète d'un bâtiment cellulaire à la surface interne inférieure à 10 m². La fonction de grenier a été exclue au profit d'une interprétation comme habitat ou annexe domestique (Pereira *et al.* 2014).
- L'UT 10 (dir. Stevanato) a consisté en la fouille d'une maison de taille réduite, localisée sur la même terrasse que la structure excavée dans le cadre de l'UT 9 (Pereira *et al.* 2014).
- L'UT 11 (dir. Stevanato) a permis de fouiller un foyer dans un habitat périphérique.

À côté des fouilles à proprement parler, de nombreuses opérations ont été conduites sur le matériel ou d'autres aspects du site :

- L'analyse spatiale à l'aune de relevés GPS (dir. Forest) et d'opérations de topographie à la station totale (dir. Michelet et Forest) (Forest 2014).
- L'analyse céramique (dir. Jadot) du matériel excavé (Jadot 2016a).
- L'analyse faunistique (dir. Manin) des vestiges archéozoologiques (Manin 2015).
- L'étude des restes humains (dir. Pereira et Barrientos) (Pereira *et al.* 2011, 2012, 2013 et 2014 ; Pereira 2018 ; Pereira *et al.* 2018b).
- L'étude archéomagnétique (dir. Chauvin) de prélèvements réalisés sur le site (Chauvin *et al.* 2016).
- La fouille et l'analyse micromorphologique de foyers (dir. Stevanato) (Pereira *et al.* 2013 et 2014).

7.1.1.3. Éléments de datation et interprétation

L'ensemble des indicateurs chronologiques utilisé pour dater Mich. 31 (analyse céramique, lithique, datation ¹⁴C, archéomagnétisme) borne l'occupation entre 1250 et 1440 apr. J.-C. (Pereira *et al.* sous presse), durant la phase Milpillás.

Au niveau social, les fouilles d'espaces communs, d'élite, et funéraires, ont permis d'esquisser une société caractérisée par une grande homogénéité culturelle, notamment dans l'équipement de base des habitats. La différenciation sociale s'exprime avant tout au niveau spatial (proximité des centres culturels et surface au sol des édifices), bien qu'on la retrouve aussi au niveau matériel (qualité du bâti, vaisselle, diète, entre autres). L'organisation du site, sa surface limitée (37 ha), le nombre potentiel d'habitants (5000 à 6000 personnes), ou encore son caractère de consommateur (pas ou peu de zones de production de biens) sont autant d'éléments qui concourent à le qualifier d'urbain (Forest 2014).

**

Notre étude a par ailleurs permis d'apporter de nouvelles données quant à la relation entre Mich. 31 et la microrégion. D'abord, nous avons pu mettre en exergue le lien fort qui existe entre le centre urbain et l'ensemble du plateau qui se développe au nord de celui-ci au Postclassique moyen. À cette époque, les sites de Mich. 31 Norte (7.1.2), 417 (7.1.3), 426 (7.1.6), et 319 (7.1.7), semblent subornés à Mich. 31. Leur vocation première est vraisemblablement d'assurer l'approvisionnement du centre urbain en denrées alimentaires.

Ensuite, si l'hypothèse d'une ouverture de Mich. 31 vers la *ciénega* – mise en avant lors d'un précédent travail (Dorison 2013) – n'a pas été abandonnée, elle a été réévaluée. En effet, l'ampleur du site de Mich. 410, qui fait la connexion entre le centre urbain et les rives de l'ancien lac, a été revue à la baisse après précision de sa chronologie et de son organisation spatiale (7.4.1). Par ailleurs, le cas du site proche de Mich. 68 reste problématique (7.1.8). La question de la subordination comme de la contemporanéité stricte de cet établissement avec Mich. 31 reste à préciser. Le lien entre la zone lacustre et le plateau du Copalillo est donc moins évident que nous ne l'avions à l'origine supposé.

Enfin, aucun lien spatial fort entre Mich. 31 et les autres centres urbains – notamment l'établissement voisin de Mich. 38 –, n'a pu être corroboré par nos travaux et, plus généralement, ceux du projet Uacúsecha. Au contraire, l'existence d'un *no man's land* a été mise en avant (voir 9.1.2.2), au regard de l'absence de marqueur du Postclassique moyen sur le site de Mich. 318 (7.2.1), qui fait le lien entre le plateau du Copalillo et Mich. 38.

7.1.2. Mich. 31 Norte, au pied de Malpaís Prieto



Figure 131 - Photographie d'archive de Mich. 31N, prise depuis Mich. 31, vue vers le nord-ouest. Les bosquets de végétation xérophyte dans la prairie sont autant de structures archéologiques.
(photographie : G. Migeon, 25/05/1984)

Le site avait depuis longtemps été identifié par les membres du projet Uacúsecha, et avant eux, lors du projet Michoacán (Figure 131). De fait, certaines structures monumentales ne peuvent manquer d'être vues quand on s'apprête à gravir la coulée du Prieto. Pourtant, aucun enregistrement n'avait été réalisé avant novembre 2012 – année de notre master 2 – où, dans le cadre de la 5^e campagne Uacúsecha, nous avons commencé ce travail (Dorison 2013).

7.1.2.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

- *Situation générale*

Le site de Mich. 31N se développe sur environ 50 ha, au pied de la coulée du Prieto (Figure 126 et Figure 132). Il s'étend depuis le piémont du Cerrito Pelón jusqu'à la faille de Villa Jimenez, à l'extrémité sud de la coulée pléistocène de Copalillo. Pseudo-plan dans sa majeure partie, le terrain comporte en son centre une zone dépressionnaire, puis présente une inclinaison croissante à l'épaule de la coulée au S-E, marqué par deux zones d'écoulement concaves. La zone sert de pâturage et se caractérise par une strate herbacée dominante, parsemée de bosquets d'espèces xérophytes. De manière générale, les sols sont caractérisés par des propriétés vertiques ou, au minimum, protovertiques. Soulignons le meilleur drainage interne dans la partie ouest, au pied du Cerrito Pelón, ainsi que la superficialité du *solum* et l'importante pierrosité à l'épaule de la coulée, en bordure orientale du site.

- *État de conservation*

Le site est altéré par le passage des bêtes et les épierrements. En outre, l'ouest de l'établissement a été partiellement occulté par l'érosion du versant du Cerrito Pelón, probablement à la suite de l'abandon des terrasses de Mich. 319 (7.1.7). La mise en culture du plateau – peut-être dès l'époque moderne – a altéré plus encore la frange nord du site, où des anomalies microtopographiques décelables grâce au traitement LRM, soulèvent l'hypothèse de la présence de structures enfouies.

- *Organisation intrasite*

Le site peut être divisé en 3 secteurs, Central, Est et Nord-ouest (Figure 132).

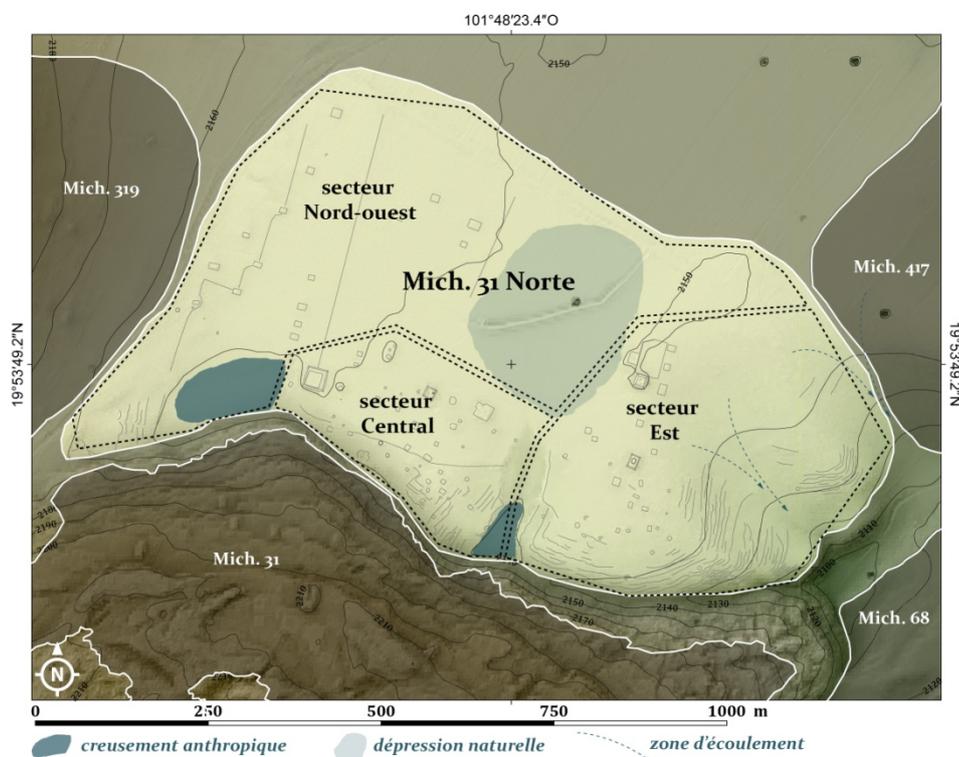


Figure 132 - Secteurs de Mich. 31 Norte

Le **secteur Central** (~6 ha) est borné à l'est comme à l'ouest par des creusements d'origine anthropique. Ils sont peut-être le fruit d'excavation pour l'édification de Mich. 31 (Figure 133). Le secteur est découpé d'est en ouest par un mur (n°8 et 227, $\alpha \approx 108^\circ$ ESE) dont les pierres affleurent à peine. Au nord de celui-ci ont été édifiées trois plateformes monumentales (1, 14 et 71). Seule la plus orientale (1), mieux conservée, est clairement surmontée d'un édifice cellulaire de 360 m² (228) dont le plan rappelle les « grandes maisons » du centre urbain de Malpaís Prieto (7.1.1.2). Ces plateformes sont entourées de

structures plus modestes (30 à 60 m²) à la morphologie indéfinie – possiblement des édifices cellulaires (ex. 51, 52, 53, 54, 269, 270...).

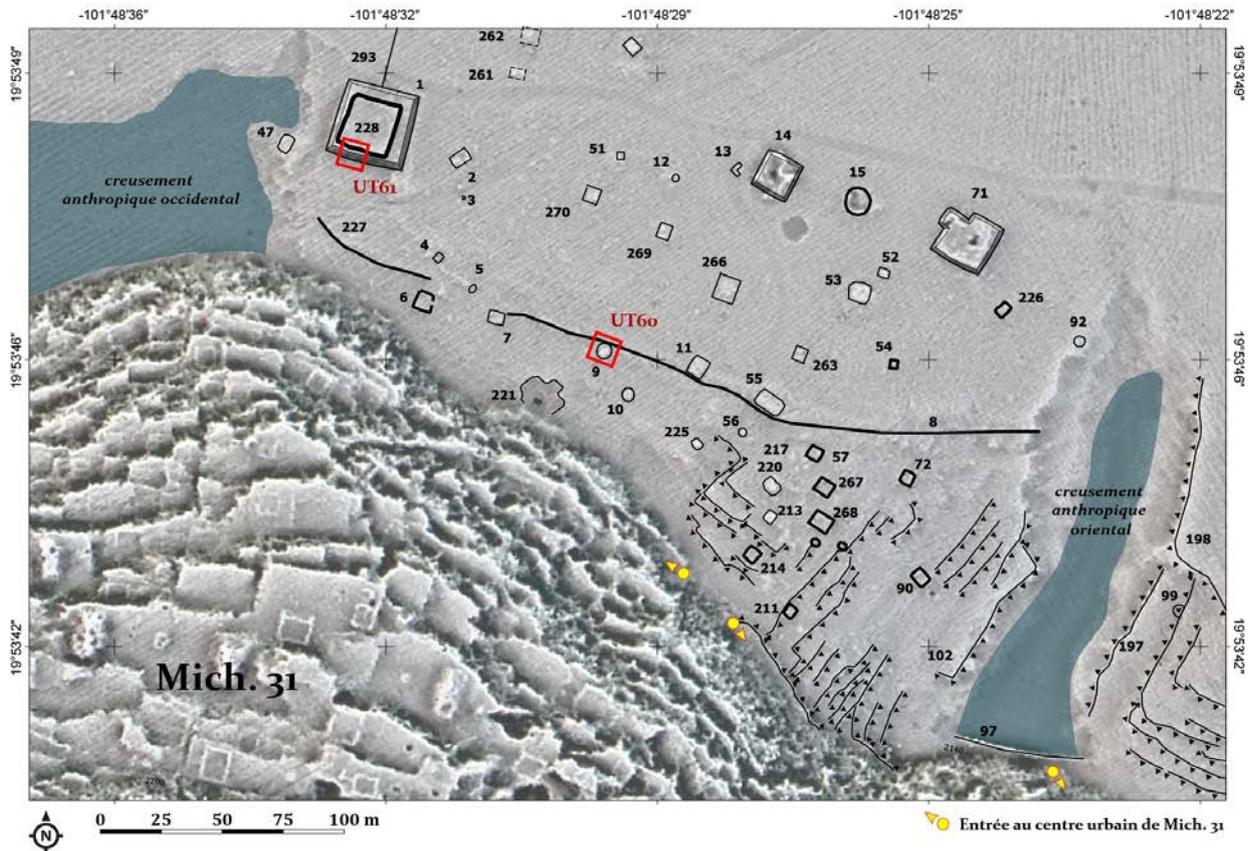


Figure 133 - Secteur central de Mich. 31 Norte

Au sud du mur 8, le terrain marque une pente légère vers la coulée du Prieto, qui s'accroît à l'est. Dans cet espace, la morphologie des bâtiments est difficile à lire. Seule la structure 9 a pu être étudiée plus en détail (7.1.1.2). Notons la présence d'un puits à proximité (221). À l'est, un groupe de structures cellulaires (56, 57, 72, 90, 211, 213, 214, 220, 225, 267, 268) semble constituer un espace résidentiel en amont d'une zone terrassée à vocation agricole possible, laquelle nivelle des sols argileux assez épais (prof. physio. ≥ 50 cm). Les deux entrées principales du centre urbain débouchent sur cet espace. La terrasse 102 borde le creusement oriental, que nous utilisons pour matérialiser la fin du secteur Central. La pédologie indique qu'il était plus profond à l'époque préhispanique et qu'il a peut-être constitué alors un réservoir d'eau (6.3.1.1 et 7.1.2.2, UT63).

Le **secteur Est** (~20 ha) commence au-delà de la terrasse 197 qui marque la seconde bordure du creusement (Figure 134). Il se caractérise avant tout par un réseau de terrasses d'environ 6 ha sur les sols argileux et superficiels des pentes de l'épaule. Il se développe de part et d'autre d'une zone d'écoulement concave et est ponctué d'édifices possiblement

circulaires d'une vingtaine de m² (33, 196, 292 [?]), que l'on interprète comme des structures associées aux travaux agraires (stockage ?).

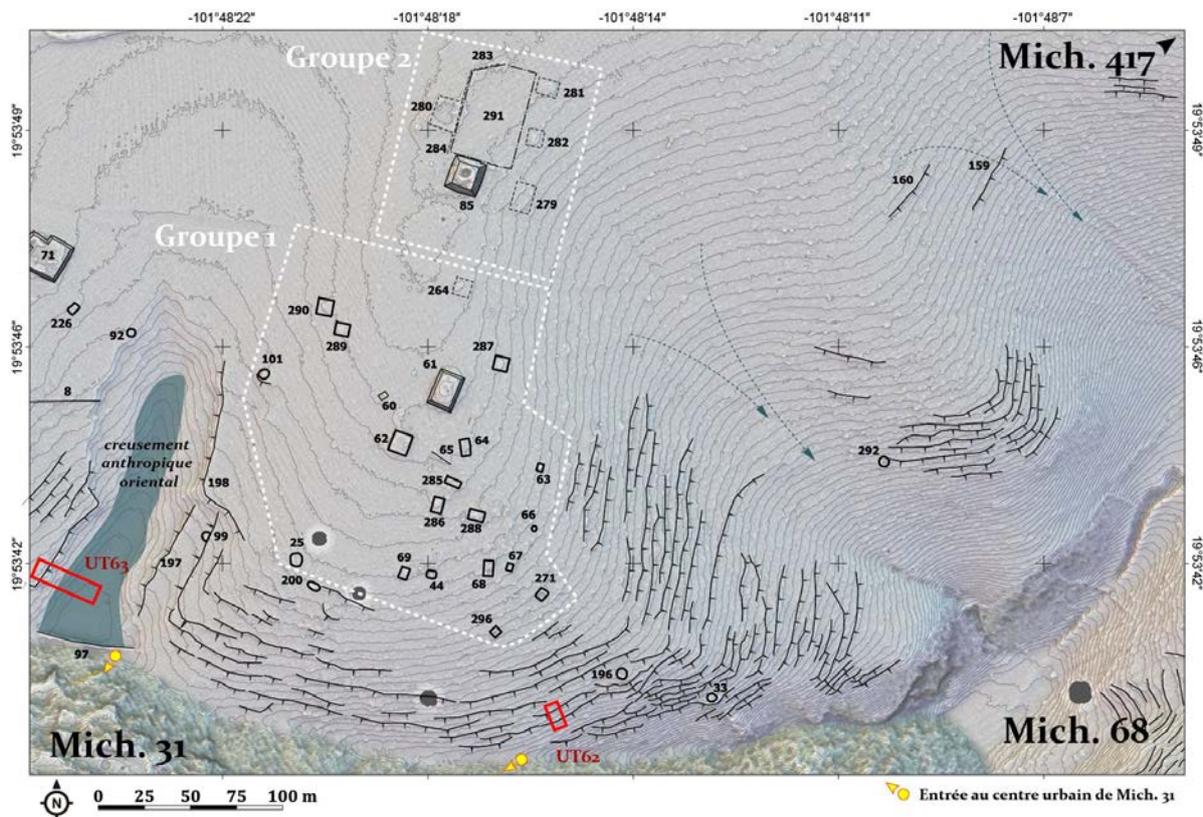


Figure 134 - Secteur Est de Mich. 31 Norte

En amont, une zone plus plane accueille deux groupes de structures (1 et 2 sur Figure 134). Le premier est constitué de bâtiments probablement cellulaires (ex. 60, 62, 63, 64, 285, 286, 288...), qui environnent une plateforme (61). Nous l'interprétons comme un espace public avant tout. Le caractère résidentiel est difficile à attester, car la morphologie des structures n'a pu être clairement identifiée sans fouille, et leur organisation les unes par rapport aux autres ne répond pas aux schémas connus ailleurs pour les habitats.

À une centaine de mètres au nord, le second groupe comprend une plateforme de 300 m² (85) ouvrant au nord sur une place de près de 2000 m² (291), délimitée à l'ouest par un possible mur (283) et flanquée sur son pourtour de structures très altérées (279 à 282). Ce second groupe est situé de façon notable en position haute au regard de ses environs directs. S'il y a plus de 300 m sans structure « visible »¹⁸⁶ entre la place 291 et le site de Mich. 417 (7.1.3), nous pensons qu'il existe en réalité une continuité entre le secteur Est de Mich. 31N et ce dernier et, *a fortiori*, entre les deux établissements. À l'ouest du groupe 2, une zone en

¹⁸⁶ Le LRM soulève encore une fois la possibilité de structures enfouies.

dépression – où les propriétés verticales des sols sont très marquées et où des propriétés stagniques trahissent l'accumulation temporaire de l'eau – matérialise pour nous la fin du secteur Est.

La dépression ouvre ainsi sur le **secteur Nord-ouest** (Figure 135). Ce dernier est le moins bien défini des trois. En effet, hormis quelques vestiges à la morphologie douteuse identifiés sur le terrain (45, 46 et 48 à 50), le reste des structures référencées l'a été à la lumière du LRM. Elles sont construites sur les sols épais (prof. physio. ≥ 100 cm) du piémont du Cerrito Pelón et sont en partie recouvertes par l'érosion de son versant. Une caractéristique notable est l'alignement sensible des éléments selon deux axes parallèles N-S (293 et 294, $\alpha \approx 16^\circ$ NNE). Un troisième, plus court et légèrement désaxé ($\alpha \approx 24^\circ$ NNE), marque la bordure ouest de la dépression centrale de Mich. 31N (295).

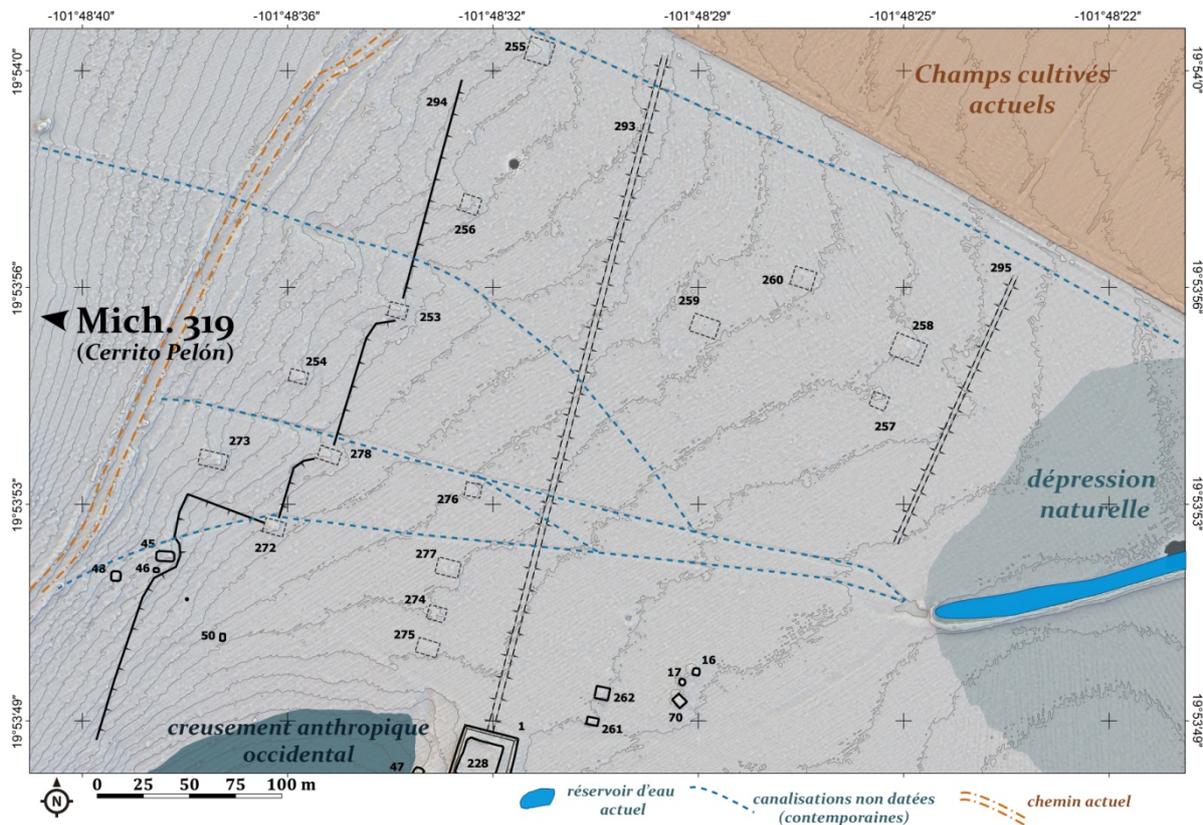


Figure 135 - Secteur Nord-ouest de Mich. 31 Norte

L'axe principal est matérialisé au sol par une anomalie topographique linéaire tenue (bombement) d'une vingtaine de mètres de large pour 400 m de long (293), en alignement direct avec la « grande maison » 228 qui surmonte la plateforme 1. Cette dernière se positionne ainsi à l'angle – proche de 90° – entre le billon et le mur 8 du secteur Central. D'autres anomalies linéaires sont perceptibles sur le LRM, perpendiculaires aux axes 293 et

295. Ce dernier est aussi matérialisé par un bombement linéaire. Peut-être sont-elles à mettre en relation avec une gestion de l'eau pour sa concentration vers la dépression centrale. Toutefois, l'hypothèse ne peut être soutenue convenablement dans la mesure où la contemporanéité des ouvrages est loin d'être définie (voir *infra*). Notons par ailleurs la présence d'un bombement similaire (200x20 m), légèrement plus marqué, quasiment en alignement parfait avec le premier, à environ 300 m au nord, hors du secteur, au milieu d'un champ actuellement cultivé.

En amont du bombement linéaire 293, vers l'ouest, sur le piémont du Cerrito Pelón, le second axe N-S est matérialisé par un terrassement discret de plus de 500 m de long (294). Débutant au pied de la coulée du Prieto, il constitue la bordure ouest du creusement anthropique qui jouxte le secteur Central. Il continue ensuite sur 200 m, où il marque un décrochement perpendiculaire de 50 m vers l'est, avant de bifurquer à nouveau à angle droit vers le nord pour courir sur environ 350 m de plus. Les deux axes N-S du secteur Nord-ouest présentent par ailleurs une orientation similaire aux terrasses du bas-versant du Pelón et s'inscrivent de fait dans la continuité du système constructif de Mich. 319. Notons finalement, en position un peu marginale, mais en connexion avec Mich. 319, une petite zone terrassée à l'ouest du creusement anthropique occidental au pied de la coulée du Prieto, dans laquelle débouche deux entrées possibles de Mich. 31.

7.1.2.2. Opérations de terrain

Outre les prospections, nous sommes intervenu dans 10 zones de Mich. 31N.

- *UT60, sondages sur la structure 31N_008 et le mur 31N_009.*

Nos objectifs étaient 1) d'identifier la morphologie des deux structures, 2) d'établir leur connexion et 3) de les dater.

Après nettoyage, nous avons implanté trois sondages (Figure 136), au nord-ouest (2x2 m + 1x0,5 m), au sud-ouest (2x1 m) et au sud-est (1x1 m), qui nous ont permis, malgré le mauvais état de conservation, de mettre en exergue la forme circulaire de 31N_009, et sa juxtaposition sans recoupement avec 31N_008. D'un diamètre de 6 m pour une hauteur d'environ 1 m avec potentiellement un ou deux degrés concentriques, 31N_009 est constituée à la base d'un parement externe simple d'andésites (\varnothing 30 à 50 cm) et d'un blocage interne de pierraille (\varnothing 5 à 20 cm). Tangent à la structure, le mur 31N_008 mesure environ 50 cm de

large. Il présente un double parement composé de deux alignements de blocs (\varnothing 30 à 50 cm). L'enfouissement est de l'ordre de 20 cm.

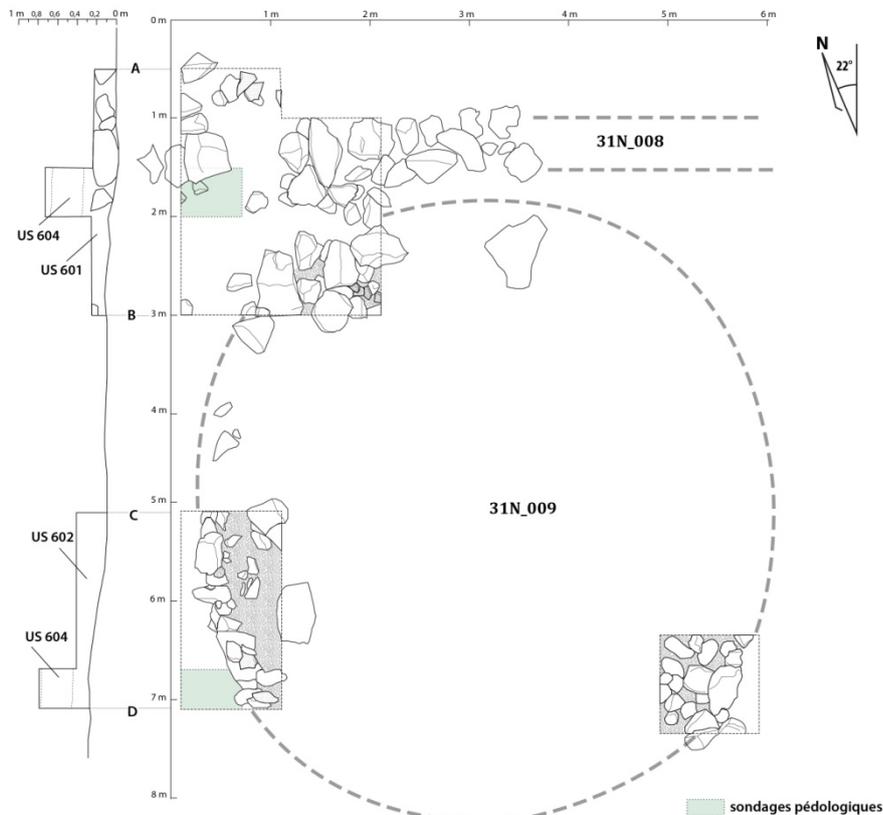


Figure 136 - Plan des sondages de l'UT60 sur 31N_008 et 31N_009.

Le matériel céramique (NR = 690, ind. = 323) permet d'associer les structures à la phase Milpillas. Un unique tesson *Ciénega Rojo* a été découvert. La présence de nodules informes de terre cuite (\varnothing 5 mm) dans les horizons superficiels évoque un évènement lié au feu (incendie d'une potentielle superstructure ? artisanat ?). Enfin, la découverte en surface d'un nucléus d'obsidienne de débitage de lames prismatiques renforce la datation au Postclassique moyen, et soulève la question d'activités artisanales dans la zone.

Signalons finalement que les sondages nord-ouest et sud-ouest ont été poursuivis jusqu'à 80 cm de profondeur pour établir une caractérisation pédologique des horizons supérieurs.

- *UT61, sondage de la plateforme 31N_001.*

Bien que le LiDAR ait permis de mettre en évidence une superstructure (228) sur la plateforme 31N_001, nous ne l'avions pas identifiée auparavant à cause de la végétation et du degré d'altération. La plateforme en elle-même est un carré quasiment parfait de 30x30 m pour environ 1 m de haut. La superstructure cellulaire 228, mesurant 20x20 m, est légèrement

décentrée vers l'angle S-O de la plateforme (schéma sur Figure 137). Après un nettoyage partiel, nous avons établi un sondage de 2x2 m pour dégager le mur sud de la plateforme.

Nous avons mis en évidence un système de construction jusqu'alors inédit, composé de deux degrés successifs en terre rougeâtre¹⁸⁷, parés de blocs d'andésites grossièrement équarris (ø 30 cm) (Figure 137). Le sondage s'est avéré stérile dès 30 cm. Toutefois, dans une perspective pédologique, l'excavation a été poursuivie dans la partie S-O jusqu'à l'horizon C, constitué de cendre volcanique indurée (*tepetate*) et marqué par la résurgence de la nappe phréatique (prof. = 85 cm). La pédologie a offert ici une lecture intéressante. En effet, au regard des horizons Bss vertiques – qui caractérisent tous les sols sondés à l'est de 31N_001 et dont la structure polyédrique typique (*slicken sides*) demande une longue période de stabilité pour se former –, la faible structuration du second horizon au pied de 31N_001 (US 620), malgré une teneur en argile comparable (> 50 %), pourrait indiquer que le support même de la plateforme corresponde à un ouvrage de nivellement, expliquant ainsi le manque de structure du sol.

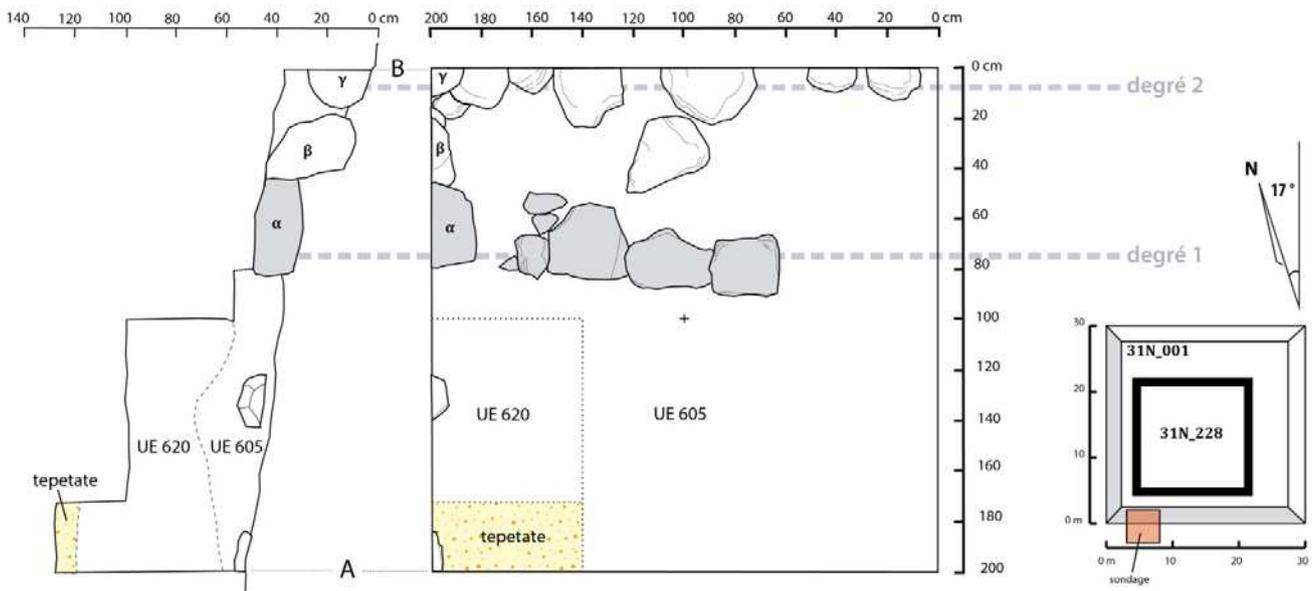


Figure 137 - Plan et profil ouest sur 31N_001

Hormis un unique tesson Hornos, la céramique, peu abondante (NR = 56, ind. = 17), associe la structure à la phase Milpillas.

¹⁸⁷ peut-être issue de l'horizon B d'un sol voisin.

- *UT62, tranchée de sondage sur les terrasses 31N_035 et 31N_105.*

L'UT62 s'est attachée à identifier la morphologie des terrasses du secteur Est. Nous avons ainsi établi une tranchée de 5x1 m pour sonder deux terrasses successives (Figure 138). Elles sont du type « terrasse » d'épaulement (voir 8.2.4.1).

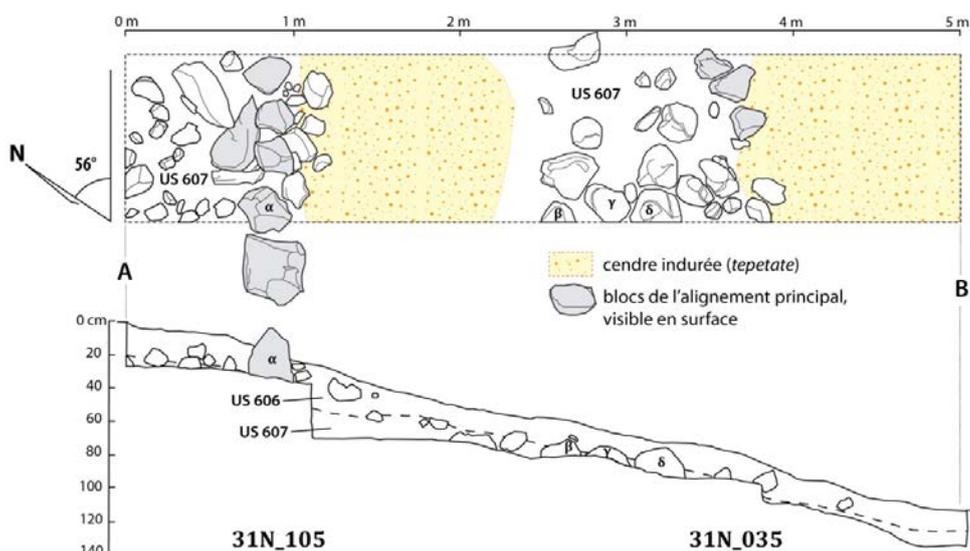


Figure 138 - Plan et profil des terrasses 31N_035 et 31N_105

Chaque terrasse était constituée d'un simple alignement de blocs (\varnothing 40 cm et plus), en amont et en aval duquel la fouille a révélé une très grande quantité de pierres anguleuses, certaines de mêmes dimensions, mais surtout de plus petites (\varnothing 20-30 cm). L'épaisseur de sol, très argileux – quasiment 70% d'argile dans l'horizon B (US 607) –, ne dépasse pas 40 cm, à partir de quoi on rencontre l'horizon C.

- *UT 63 et sondages pédologiques*

Mich. 31N a par ailleurs constitué le cadre de l'étude d'une *catena* de sols (6.3.1.1). Ainsi, les profils P14 à 21 ont directement été décrits et prélevés dans le cadre d'opérations archéologiques et les profils P1 à 7¹⁸⁸ ont fait l'objet d'un tamisage. De ce point de vue, nous présentons donc ici l'information archéologique qui complète l'approche pédologique.

- UT63

Elle s'est intéressée à comprendre la morphologie du creusement anthropique qui borde, à l'est, le secteur Central. L'opération nous a amené à proposer l'hypothèse susmentionnée de son utilisation comme réservoir.

Les caractéristiques géopédologiques indiquent un remplissage d'origine alluvionnaire depuis le nord, et probablement postérieur à l'abandon du site. Ce point est attesté par le

¹⁸⁸ On écartera P5 qui se situe dans les limites de Mich. 319 (7.1.7).

matériel céramique Milpillas retrouvé entre 45 et 75 cm de profondeur dans le sondage P14 (NR = 33) ; avec notamment un fragment de pipe à environ 70 cm, qui nous fournit un *terminus ante quem* après le XIII^e siècle apr. J.-C en ce qui concerne la sédimentation des horizons supérieurs. Par ailleurs, la différence quantitative entre le total de 50 tessons exhumés, particulièrement érodés, dans les sondages P14, 15 et 16 – autrement dit à l'intérieur des limites de la dépression –, et les quelque 160 fragments, moins altérés, du sondage P17 seul – en amont de la terrasse 102 –, renforce l'hypothèse du comblement post-abandon. Conjointement, cet écart reflète aussi la fréquentation différentielle entre les bords et le fond de la dépression, rarement voire jamais traversée, étayant ainsi la thèse du réservoir.

- *Sondages pédologiques*

— P1

Avec 242 tessons mis au jour dans les 30 premiers centimètres (US728 et 729), P1 a été le sondage le plus prolifique. Malgré une mauvaise conservation (60 % de tessons trop érodés pour identification) et des fragments pour la plupart infra-centimétriques, le matériel a permis d'associer la zone à la phase Milpillas. La taille particulièrement réduite des tessons, qui ne constitue pas une récurrence à l'échelle du site – notamment au regard des ramassages de surface –, nous a amené à proposer l'hypothèse selon laquelle P1 se situait sur une zone de passage.

— P2

De la céramique a été retrouvée jusqu'à 60 cm de profondeur dans le sondage P2 (NRt = 36, ind.= 21). À l'exception de deux tessons potentiellement du type *Hornos* (Épiclassique), les quelques fragments identifiables sont des types de la phase Milpillas. De manière notable, nous en avons exhumé plus entre 20 et 60 cm sous la surface (US731, NR = 26), que dans les 20 premiers centimètres (US730, NR = 10). Ce constat est en accord avec l'identification d'un horizon Ab (horizon de surface enterré) entre -16 et -54 cm (6.3.1.1), équivalent à l'US731. Par ailleurs, si l'homogénéité chronologique est totale dans l'US731 (Milpillas), c'est dans l'US730 qu'ont été potentiellement identifiés les deux tessons Hornos. Ces indices nous ont amené à penser que les deux horizons supérieurs (entre 0 et -16 cm) correspondaient à du matériel apporté par le colluvionnement subséquent à l'abandon de terrasses en amont, sur le bas versant du Cerrito Pelón (voir 7.1.7 et 8.3.4.4).

— P3

P3 n'a révélé que 15 tessons indéterminés dans les 20 premiers centimètres du sondage.

— P4

Aucun matériel n'est ressorti de l'excavation de P4.

— P6

Sur 9 fragments excavés, un seul a pu être clairement associé au type *Romita Sgraffito*, caractéristique des débuts de l'époque coloniale (1500-1600).

— P7

Entrepris au nord de la place 31N_291, P7 a révélé 17 fragments, dont 9 indéterminés et 6 qui ont pu être associés au type *Romita Sgraffito*.

▪ *Ramassage de matériel en surface*

Outre les excavations, nous avons réalisé des ramassages de surface dans les secteurs Central et Est, ainsi que, de façon plus marginale, dans le secteur Nord-Ouest. Bien que chaque ramassage n'ait pas été systématiquement marqué d'un point GPS spécifique, ils nous ont permis d'estimer la concentration différentielle du matériel en surface (Figure 139).

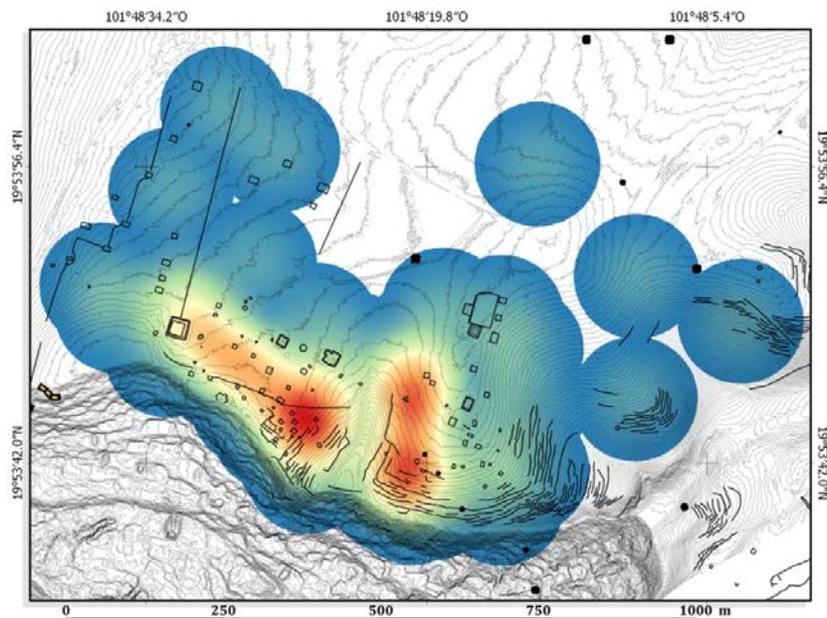


Figure 139 - Carte de concentration du matériel céramique sur Mich. 31N

De manière générale, la densité diminue à mesure que l'on progresse vers le nord. La concentration la plus forte est localisée dans le secteur Central, notamment au niveau des entrées du centre urbain de Mich. 31. Par ailleurs, la rareté du matériel autour des grandes plateformes (1, 14 et 71) reflète peut-être un nettoyage de ces zones ou une fréquentation plus

limitée, conséquence possible de leur potentiel caractère civique. Enfin, les zones de terrasses agraires présentent elles aussi moins de matériel.

7.1.2.3. Éléments de datation et interprétation

La datation du site de Mich. 31N se fonde principalement sur deux aspects, l'étude de la céramique et l'organisation spatiale. La morphologie même des structures est peu pertinente dans la mesure où celles fouillées présentaient des formes inédites. Notons toutefois deux exceptions :

- 1) La potentielle « grande maison » 31N_228 – forme caractéristique du Postclassique moyen – qui surmonte la plateforme 31N_001 ; et
- 2) en rétrospective, les terrasses d'épaulement, que les fouilles sur Mich. 31N puis sur d'autres sites rattachent à la phase Milpillas (7.1.2 et 7.1.3). Cette question sera discutée plus avant (8.2.4.1).

En ce qui concerne la céramique, il ressort très nettement que le site est contemporain de l'établissement urbain Mich. 31. Sur l'intégralité du nombre de restes rencontrés (ramassages et fouilles ; indéterminés non pris en compte), près de 95% (NR = 1190) sont associés à des types de la phase Milpillas. Les NR des autres types représentés sont inférieurs ou égaux à 10 individus (>1%) et suggèrent simplement une fréquentation de la zone à l'Épiclassique.

Du point de vue de l'organisation spatiale, nous soulignerons plusieurs points :

1) D'abord, la proximité et l'accessibilité entre Mich. 31 et 31N renforcent l'hypothèse d'une occupation contemporaine des deux sites.

2) De même, la continuité entre le réseau de terrasses du secteur Est de Mich. 31N et le site de Mich. 417 – fouillé et daté du Postclassique moyen (7.1.3) – constitue un argument en faveur de leur contemporanéité.

3) Le secteur Nord-ouest soulève quant à lui plus d'interrogations. Les axes matérialisés par les aménagements 31N_293 (bombement linéaire) et 31N_294 (longue terrasse) présentent la même orientation que la partie basse de Mich. 319, occupé au Postclassique moyen (7.1.7). Ce pourrait être un argument en faveur de la contemporanéité entre les deux zones. Par ailleurs, la plateforme 31N_001 semble associée à cette organisation (7.1.2.2, UT61). Autant d'indices qui évoquent une planification selon un axe N-S au Postclassique moyen.

Pourtant, une incertitude chronologique plane sur le bas versant de Mich. 319, où les indices d'occupations à l'Épiclassique sont mêlés aux vestiges postclassiques (7.1.7.3). Cette incertitude est corroborée par le matériel de surface dans le secteur Nord-ouest, où les types épiclassiques sont plus nombreux qu'ailleurs. Si l'on peut lier ce phénomène à l'apport possible de matériel par sédimentation de matière érodée issue du versant de Mich. 319, le doute demeure quant à la possibilité d'une occupation du secteur Nord-ouest pendant les phases Lupe et La Joya. Le cas échéant, les grands ouvrages que constituent la terrasse 294 et le bombement linéaire 293 s'inscrivent assez bien dans cette perspective. La recherche a en effet montré que l'Épiclassique se caractérisait par des aménagements plus imposants qu'au Postclassique (Pereira *et al.* 2016 et 7.2.5 : 438 ; 7.2.6 : 442).

Cependant, les bombements linéaires 293 et 295 évoquent aussi les délimitations de parcelles agricoles réalisées à partir de l'époque coloniale. Cette idée est renforcée par le matériel du XVI^e siècle apr. J.-C. (*Romita Sgraffito*), retrouvé sporadiquement dans le secteur Nord-ouest et au nord du secteur Est. À ce titre, les quelques tessons exhumés près de la place 291 (P7) invitent à de plus amples investigations dans ce groupe.

En somme, alignements et autres parallélismes avec le système constructif préhispanique – Épi- ou Postclassique – seraient peut-être de simples coïncidences, ou des réutilisations postérieures à l'abandon.

**

En guise de synthèse, la zone de Mich. 31N a très probablement été visitée dès l'Épiclassique, mais la majorité de l'occupation du site est sans nul doute contemporaine du phénomène urbain au Postclassique moyen. À cette époque, Mich. 31N constitue un annexe du centre urbain, à l'interface avec les espaces agraires. Les habitants du Prieto vont cultiver les pentes à l'est du site. Ils se rendent aussi au pied de leur cité pour réaliser d'autres activités sociales – peut-être commerciales et sans doute rituelles –, ou encore pour aller chercher l'eau, autrement si rare, qui s'accumule dans la dépression orientale. Après l'abandon de Mich. 31 au début du XV^e siècle, la zone où s'étend Mich. 31N redevient marginale et n'est fréquentée à nouveau qu'à partir du XVI^e siècle, comme en témoignent les maigres indices matériels à ce jour retrouvés.

7.1.3. Mich. 417, El Observatorio

Mich. 417 a été découvert en prospection pédestre en 2012 au bord de la faille de Villa Jiménez (Dorison 2013). Son extension a été corrigée en 2014 et au printemps 2015, toujours à pied. Le LiDAR a permis d'en finaliser la cartographie.

7.1.3.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

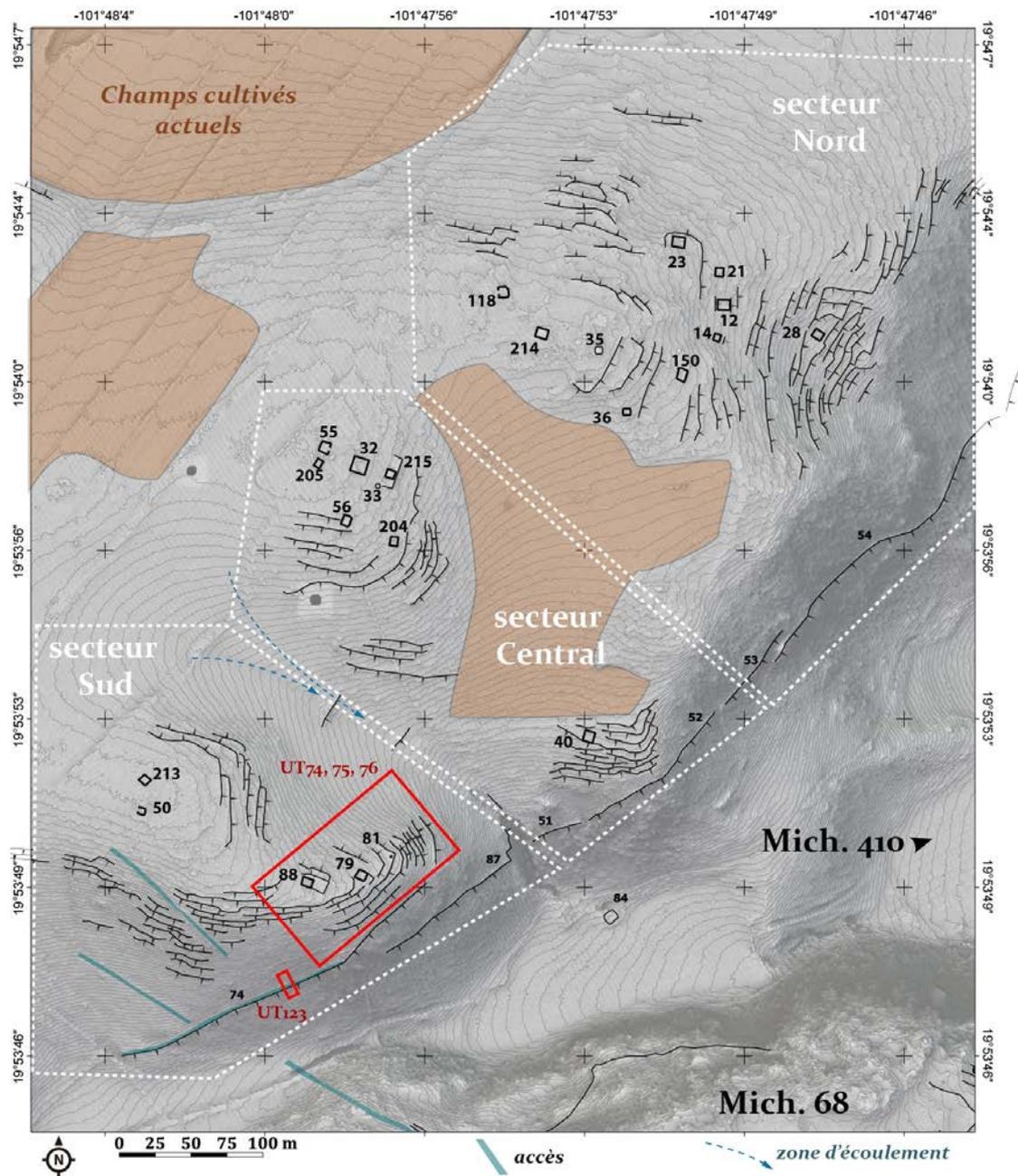


Figure 140 - Plan général de Mich. 417

- *Situation générale*

Dans la continuité directe de Mich. 31N au nord-est, l'établissement de Mich. 417, *El Observatorio*¹⁸⁹, court sur l'épaulement qui surplombe la faille de Villa Jiménez, en une bande SO-NE de 350 m de large pour 900 m de long en bordure de la coulée du Copalillo (Figure 126 et Figure 140). Du sud vers le nord, il est entrecoupé de plusieurs zones d'écoulement concaves et sa limite nord est matérialisée par une ravine qui incise la coulée volcanique d'ouest en est, où l'eau de ruissellement s'évacue en une cascade dans la ciénega à la saison humide. La partie centrale est marquée par une zone plane où l'humidité s'accumule. La pédologie du site se caractérise par des sols argileux superficiels – souvent vertiques – dans les zones de perte de matière (interfluves). À l'inverse, les zones concaves présentent des sols, argileux aussi, mais d'épaisseur bien plus importante (> 1 m). De manière générale, la pierrosité est particulièrement importante.

- *État de conservation*

La mise en culture du plateau est le premier facteur de destruction du site. Sa frange occidentale a probablement été largement entamée par les labours. La partie la plus touchée est sans aucun doute la zone plane centrale. Des anomalies topographiques mises en exergue par le LRM semblent confirmer cette destruction préférentielle de la périphérie occidentale du site. *A contrario*, les zones sommitales et l'épaulement, qui présentent les sols les plus superficiels, ont été globalement épargnés.

- *Organisation intrasite*

Nous pensons que le site de Mich. 417 constitue une entité homogène. Cependant, pour des raisons pratiques de présentation, nous avons choisi de le subdiviser en trois secteurs, **Sud**, **Central** et **Nord** (Figure 140). Les secteurs Sud et Central sont séparés par un écoulement concave, et les secteurs Central et Nord, par la zone plane aujourd'hui cultivée au centre de l'établissement.

Les trois présentent une organisation similaire O-E depuis la partie haute de la levée de la coulée, jusqu'à la rupture de pente. L'amont est ainsi occupé par des bâtiments cellulaires de plan quadrangulaire (5 à 10 m de côté) à caractère résidentiel probable (sect. Sud : 50, 79, 88 et 213, sect. Central : 32, 40, 55, 56, 204, 205, 215 sect. Nord : 12, 14, 21, 23, 28, 118, 150). Bien que seulement deux bases circulaires aient pu être identifiées (81 [Sud] et 33 [Centre], respectivement \varnothing 1 et 2,5 m), il est vraisemblable – au regard de la difficulté à les identifier

¹⁸⁹ Originellement, le site avait d'ailleurs été considéré comme une extension de Mich. 31N.

tant sur le terrain que sur le LiDAR – que des structures comparables aient pu exister ailleurs dans la trame du site. De la même manière, outre les structures citées dans ces zones sommitales, le LRM suggère que la densité ait pu être plus forte encore. Notons finalement dans le secteur Central, deux monticules (35 et 214) à la morphologie peu claire (zone d'activité particulière ?).

Entre ces secteurs d'habitat et l'escarpement de la faille se développent des réseaux de « terrasses » d'épaulement à vocation agraire (8.2.4.1). Dans l'escarpement même, un mur de terrasse composé de plusieurs segments (74, 87, 51, 52, 53, 54, puis 137, 167 en dehors du plan) court sur plus de 1 km (7.1.3.2, UT123). Les zones concaves semblent très peu aménagées (peut-être les structures ont elles été occultées ou détruites par l'érosion ?). On note deux petites terrasses transversales de ravin au sud entre les secteurs Sud et Centre. De façon similaire, un groupe de terrasses à l'extrémité nord du site tire profit d'une zone d'écoulement (hors du plan).

Finalement, dans le champ cultivé entre les secteurs Centre et Nord, le matériel de surface est relativement abondant, notamment des esquilles d'obsidienne. Des anomalies topographiques et des concentrations de pierres en surface suggèrent l'existence de structures épierrées et arasées par les labours. Autant d'indices qui nous laissent penser qu'il y avait auparavant une certaine continuité entre les secteurs. Par ailleurs, dans cette zone, quelques terrasses éventuelles aménagées plus à l'intérieur du plateau soulèvent l'hypothèse d'une extension occidentale de l'établissement.

7.1.3.2. Opérations de terrain

Quatre opérations ont été conduites sur Mich. 417. Les trois premières, UT74, 75 et 76, se sont intéressées à un groupe composé de deux structures (79 et 88) inscrites au sein d'un réseau de terrasses d'épaulement dans le secteur Sud (Figure 141). Le groupe a fait l'objet d'une cartographie à la station totale par Michelet et Cuenot en 2014 (Pereira *et al.* 2015). Outre son caractère *a priori* agraire, il jouit d'une excellente vue sur les basses terres lacustres et le chemin d'accès à celles-ci. Au-delà du pittoresque, cela lui confère une position stratégique. Dans la perspective de mieux comprendre cet aspect, l'UT123 s'est intéressé à la caractérisation du mur supposément défensif qui longe la faille de Villa Jiménez (74).

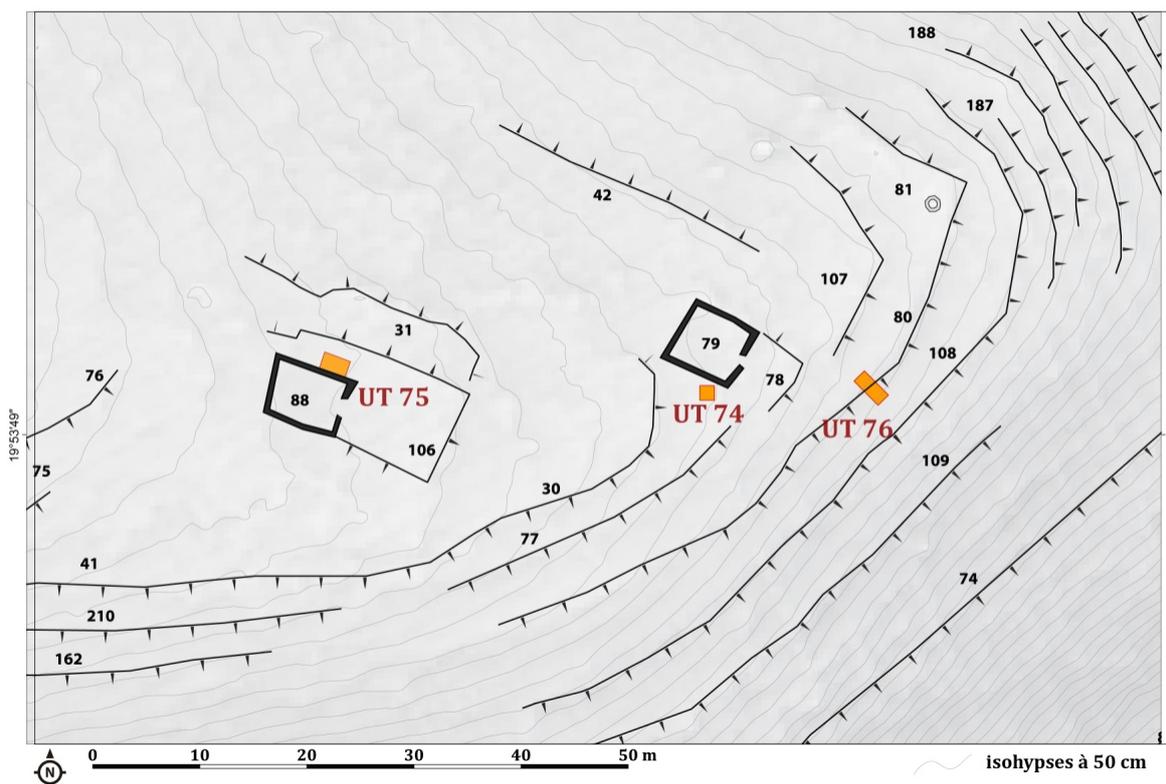


Figure 141 - Groupe sondé sur Mich. 417

- *UT74, sondage de la structure 417_079*

La structure 417_079 est un bâtiment cellulaire de 5,80x5,50 m avec une ouverture au sud-est, vers la plaine lacustre, sur un espace nivelé de 35 m². Notons en contrebas au nord, une structure circulaire de 1 m de diamètre interprétée comme une base de grenier (81). Le nettoyage intégral nous a permis de mettre en exergue une morphologie très similaire à celle des maisons fouillées sur le site de Mich. 31. Le schéma maison - espace nivelé - base circulaire est par ailleurs tout à fait caractéristique de l'habitat dans le centre urbain (Michelet et Forest 2012 ; Forest 2014). Un sondage d'1x1 m a été implanté à l'angle externe S (Figure 142). Malheureusement, le plan au sol avait alors été mal compris à cause d'anciens épierrements pratiqués sur la structure, dont seule la première assise des murs affleurerait. De fait, implanté trop rapidement, le sondage s'est avéré mal positionné et trop réduit.

Néanmoins, l'excavation a découvert l'angle S d'une petite ciste rectangulaire, accolée parallèlement au parement extérieur de la maison, sous le niveau d'occupation. Constituée de dalles d'andésite alignées de champs et fermée par de fines dalles recouvertes de pierraille, la ciste a révélé, au sein d'une couche de cendre anthropique (US673), plusieurs grands tessons (> 15 cm) constitutifs d'un système de fermeture de jarre, et un fragment de terre crue,

potentiellement issu d'un revêtement mural. Après avoir fouillé 50 cm hors de la ciste et atteint l'horizon C, nous avons choisi de stopper la fouille. Arrivant en fin de campagne, le temps était limité et l'excavation minutieuse d'un tel contexte aurait nécessité l'ouverture de l'aire de fouille sur plusieurs m², ce à quoi nous ne pouvions nous résoudre. Le sondage a de fait été scellé.

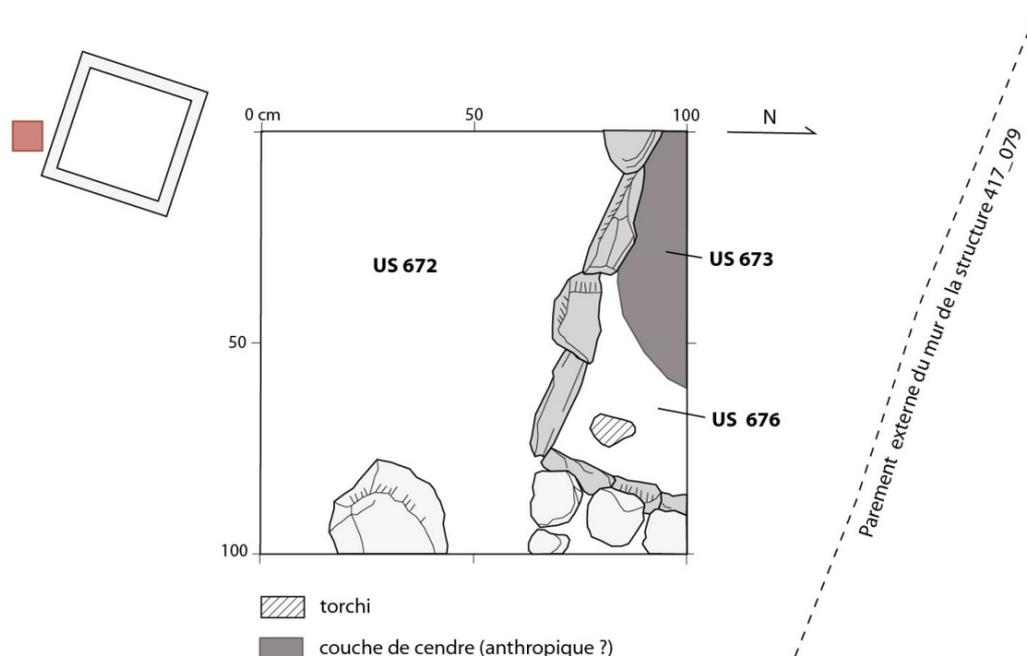


Figure 142 - Plan de l'UT74.

Des 125 tessons retrouvés, les 42 types identifiés sont de la phase Milpillas (Figure 144), en accord avec la morphologie de la structure. Il s'agit pour la plupart de types domestiques (stockage, cuisson...), malgré la présence de quelques fragments de céramique fine. Par ailleurs, la découverte d'un morceau de *metate* renforce l'hypothèse d'activités à dominante domestique. À l'aune du matériel et de son emplacement au milieu de terrasses, la structure 417_079 est interprétée comme un habitat à vocation agricole.

- *UT75, sondage de la structure 417_088*

À 30 m à l'ouest de 417_079, la structure 417_088 présente une forme similaire (Figure 143). D'une surface au sol de 5,70x4 m, elle se situe dans l'angle O d'un espace nivelé de 16x8 m et ouvre au sud-est. Un sondage de 2x2 m a été implanté à l'extérieur du mur nord de la structure, sur l'espace nivelé.

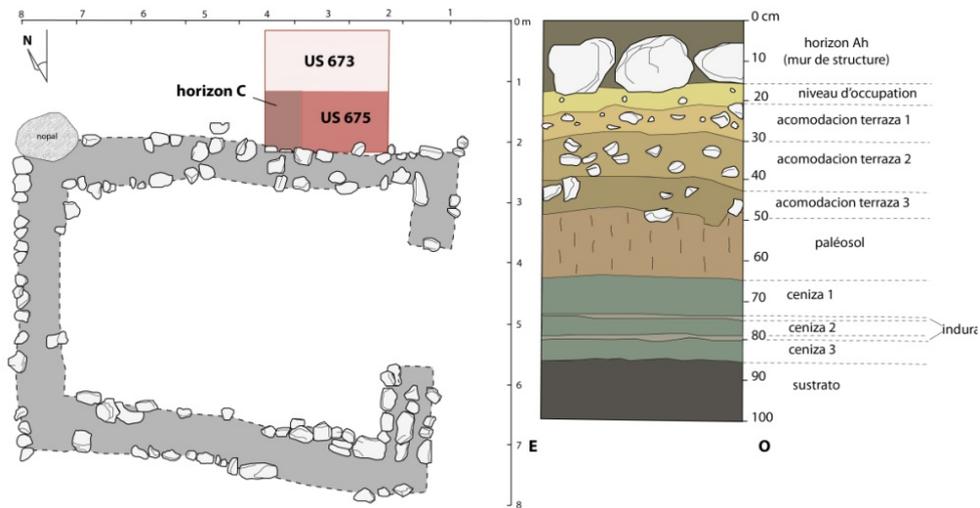


Figure 143 - UT 75.

Hormis trois tessons assimilés à l'Épiclassique, les types diagnostiques de la phase Milpillas constituent là encore l'essentiel du matériel céramique (NRtotal = 313, ind.= 165, types Postclassique moyen = 145) (Figure 144). Si les formes sont une fois de plus principalement domestiques, On note la présence de quelques fragments polychromes (groupe MALPAÍS NR = 10). Par ailleurs, la découverte d'un sceau pour peintures corporelles atteste de pratiques probablement chargées d'une certaine valeur idéologique. La structure 417_088 constitue elle aussi un habitat à vocation agraire.

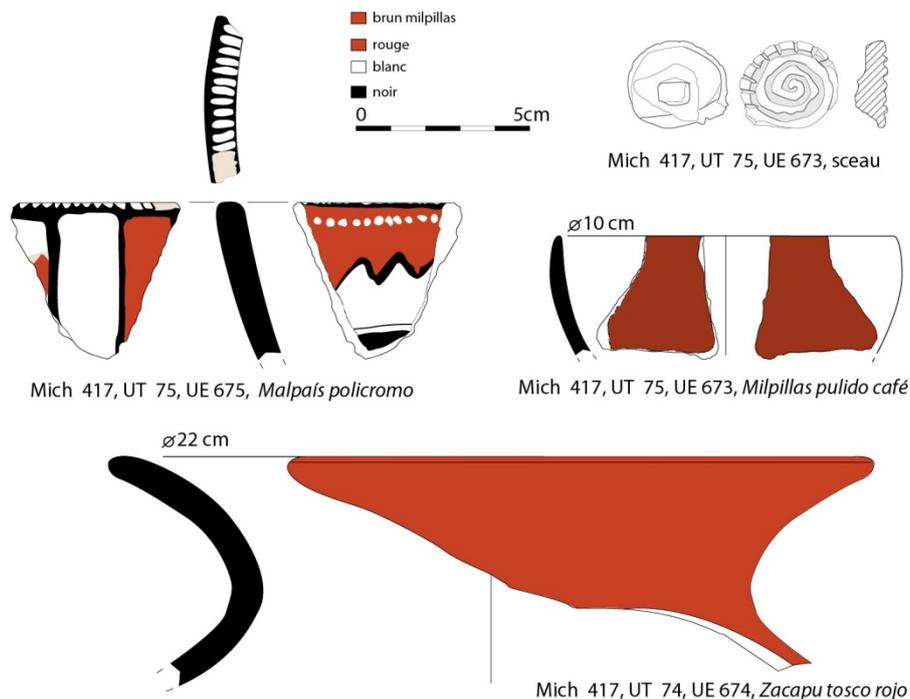


Figure 144 - Exemple de céramique caractéristique de la phase Milpillas retrouvée sur Mich. 417 (dessin S. Éliès).

- *UT76, sondage de la terrasse 417_080*

Localisée en contrebas de la structure 417_079, la terrasse 417_080 a été étudiée pour son caractère agraire probable et pour établir une comparaison typologique avec les terrasses 31N_035 et 31N_105 (7.1.2.2, UT62). Un sondage de 2x1 m a été entrepris perpendiculairement au mur principal. Il a confirmé la similitude des modalités de construction avec les terrasses de Mich. 31N. L'alignement principal (affleurant) est jouté en amont et en aval par un empierrement important de blocs anguleux. La profondeur physiologique du sol ne dépasse pas 40 cm. La limite n'est pas cependant une couche de cendre indurée, mais un dépôt de téphras grossiers.

Le matériel est relativement abondant pour un espace agricole (NR = 88, ind. 61). Cette concentration est d'abord à mettre en relation avec l'habitat en amont, mais pose aussi la question de la fonction de la terrasse. Peut-être permettait-elle aussi la circulation, dans la mesure où c'est sur l'espace qu'elle nivelle que se trouve la base de grenier 417_080. L'échantillon céramique est similaire à ceux des autres structures du groupe. La prédominance de types de la phase Milpillás (NR = 20) est timidement nuancée par quelques fragments épiclassiques (groupes CIÉNEGA [1] et LA JOYA [1]). Un second sceau pour peinture corporelle a été exhumé dans le sondage.

- *UT123, sondage de la terrasse 417_074*

À environ 80 m au sud-ouest du groupe, l'UT123 s'est attachée à définir la morphologie, la datation et la fonction du mur de terrasse 417_074 (Figure 145). Au regard de la position stratégique de Mich. 417, de l'ampleur du mur de plus de 1 km, et de la faible probabilité de mise en culture de la pente supérieure à 35% où il se trouve, l'hypothèse d'une vocation défensive avait été soulevée. Pourtant, ce type de mur, courant sur de longues distances dans le paysage, est plus souvent associé à la délimitation du territoire des *haciendas* coloniales. Un sondage de 3x1 m a donc été entrepris perpendiculairement à la terrasse pour en vérifier la fonction.

Le sondage n'a révélé que 2 tessons érodés, inutilisables pour la datation. Cependant, la morphologie même nous a permis de proposer une hypothèse quant à l'origine préhispanique. De fait, la terrasse s'appuie contre la pente pour former un palier d'environ 1 m et est constituée d'un parement unique de blocs de pierres sèches non équarries (ø 40-50 cm). La norme coloniale est quant à elle au double parement bien maçonné. Un examen de l'ouvrage

sur plusieurs centaines de mètres nous a assuré que la morphologie demeurerait identique tout du long. Par ailleurs, en amont du mur, la fouille a révélé un niveau de pierraille (ø 5-10 cm) plan. Ces indices nous ont permis de proposer l'hypothèse qu'il s'agissait probablement d'un système de communication. Peut-être permettait-il de faire le lien entre les différents secteurs de Mich. 417 ou assurait-il le contrôle des parties aval, telle une sorte de parapet ?

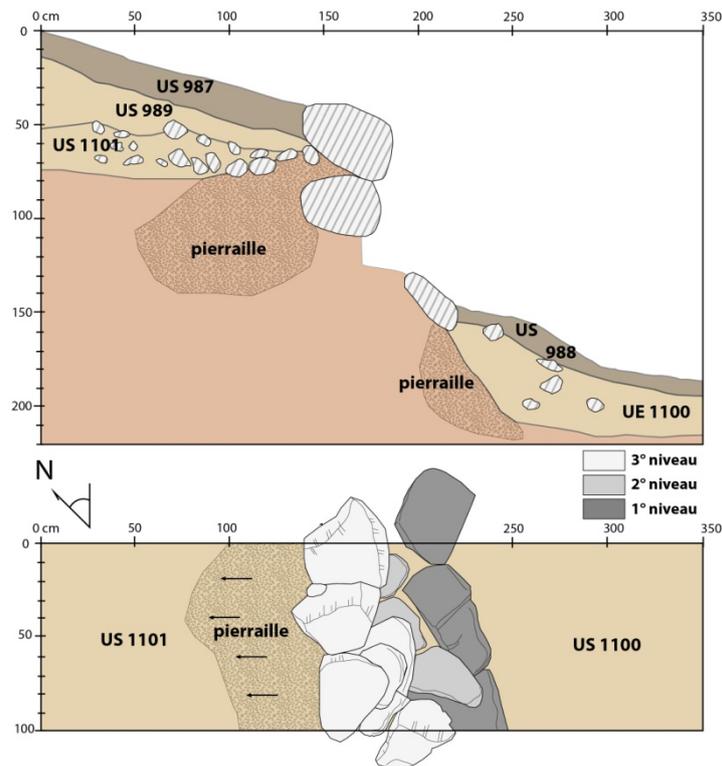


Figure 145 - Plan et profil UT 123

7.1.3.3. Éléments de datation et interprétation

Au regard du matériel collecté (Nrt = 573 ; ind.= 297), de la morphologie des structures et de l'agencement des espaces, le site de Mich. 417 est associé à la phase Milpillas. Il est contemporain du phénomène urbain et s'inscrit dans la continuité directe de Mich. 31N. Quelques rares indices matériels suggèrent une fréquentation à l'Épiclassique.

**

Avec un total de 18 édifices pouvant être interprétés comme des maisons, Mich. 417 pouvait potentiellement abriter une centaine de personnes¹⁹⁰. Il constituait vraisemblablement un site satellite de Mich. 31, probablement voué à l'approvisionnement du centre urbain. Les habitants s'adonnaient principalement à des activités agraires, mais pas exclusivement. En

¹⁹⁰ estimation ethnographique de 5 à 6 personnes par habitat (Kolb *et al.* 1985).

témoignent les éléments de peinture corporelle. En l'absence de fouille extensive, il est difficile de comparer l'intensité de l'occupation sur Mich. 417 avec celle des structures d'habitat commun étudiées sur Mich. 31 (Forest 2014). À première vue, il nous semble que les effectifs céramiques sur Mich. 417 sont plus réduits. Il se peut donc que l'occupation ait été de plus courte durée. Le cas échéant, peut-être a-t-elle commencé dans un second temps, après la construction du centre urbain, au cours d'une phase de colonisation des espaces environnants. Ou peut-être a-t-elle été plus ponctuelle, liée aux travaux agricoles par exemple.

7.1.4. Mich. 418, El Salto

Le site a été découvert au cours des prospections pédestres au printemps 2015.

7.1.4.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

- *Situation générale*

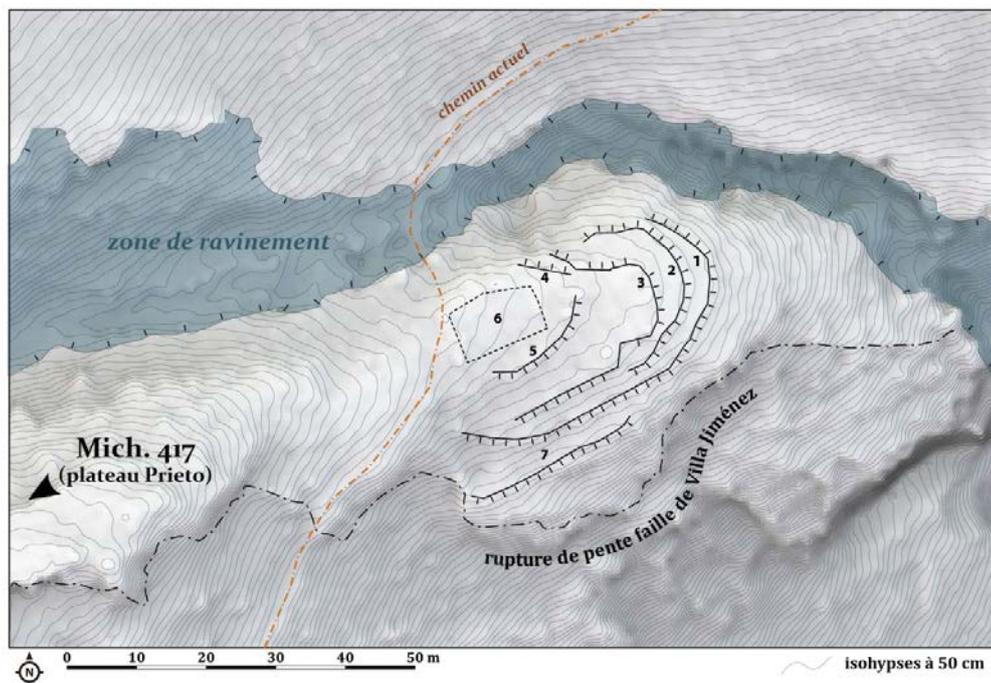


Figure 146 - Mich. 418

Le site de Mich. 418, *El Salto*, tient son nom de sa localisation en amont du cours d'eau temporaire qui « saute », là où l'eau de ruissellement du plateau du Copalillo s'évacue en cascade à l'embouchure de la ravine qui le traverse d'ouest en est, au nord de Mich. 417 (Figure 146). Il est ainsi cerné par la ravine au nord et la faille au sud, sur un éperon d'à peine 2000 m², accessible depuis le plateau *via* une bande étroite d'une centaine de mètres. Un

chemin actuel conduit au site depuis les pentes du vallon sec. La situation topographique implique des sols superficiels et un affleurement rocheux généralisé.

- *État de conservation*

L'érosion est importante de par la topographie, mais aussi probablement à cause d'épierrements liés à la localisation du site sur le tracé d'un chemin aujourd'hui utilisé, notamment par les vachers et leurs troupeaux.

- *Organisation*

Le site est constitué d'une unique structure au plan mal défini – peut-être quadrangulaire – (6) encerclée par six terrasses concentriques (1 à 7), qui accommodent le terrain de l'éperon. La visibilité sur la ciénega est optimale. Notons, en contrebas, l'existence de deux chemins qui convergent au pied de la cascade temporaire. Si le lien n'a pas été attesté par nos soins, il est probable qu'il soit – ou qu'il ait été – possible de passer du site aux basses terres par cet endroit.

7.1.4.2. Opérations de terrain

Les opérations se sont limitées ici à un croquis et à un ramassage du matériel en surface

7.1.4.3. Éléments de datation et interprétation

Seuls quatre tessons ont pu être collectés, dont deux indéterminés. Les deux autres, très érodés, ont été associés au type *Hornos pulido*, et sont donc datés entre l'Épiclassique et le Postclassique ancien. Toutefois, ils ne constituent pas des indices suffisants pour se prononcer sur la datation de l'établissement.

D'un point de vue spatial, l'accessibilité de Mich. 418 depuis la ciénega suggère un lien entre les deux espaces. En témoigne peut-être le matériel *Hornos*, abondant dans le site proche de Mich. 420 (7.4.3). Cependant, d'autres liens sont envisageables avec le plateau du Copalillo ou les aménagements coloniaux plus tardifs dans le vallon sec (7.4.1).

Du point de vue fonctionnel, le site a pu constituer un espace stratégique pour passer des hautes terres aux basses et *vice versa*, mais aussi pour l'accès à l'eau à la saison humide.

7.1.5. Mich. 425, La Alberca de los Espinos

Le site de Mich. 425 a été indiqué à l'équipe par un informateur local. Nous n'avons pas visité le site. Sa révision a été réalisée par Pereira (Pereira *et al.* 2016 : 34-35).

7.1.5.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Situation générale*

Mich. 425 se situe sur le versant nord de la Alberca de Los Espinos, dans un pâturage encore cultivé récemment, à environ 270 m du bord du cratère. À l'aune d'observations réalisées dans une carrière proche, creusée dans le flanc du volcan, nous supposons que les sols sont assez superficiels (< 1 m), bien drainés et qu'ils présentent une pierrosité importante. Pereira estime la superficie du site à environ 0,6 ha.

▪ *État de conservation*

La conservation est mauvaise à cause des cultures, de l'érosion et d'un chemin actuel.

▪ *Organisation*

Seules deux structures ont été identifiées (1 et 2) (Figure 147). La première, 425_001, est un bâtiment cellulaire quadrangulaire de 6,80x6,50 m en pierres sèches (ø 40-60 cm). La seconde est une terrasse d'une trentaine de mètres de long pour une cinquantaine de centimètres de haut. Deux fourmilières ont permis d'identifier un peu de matériel (céramique très érodée et obsidienne), non collecté.

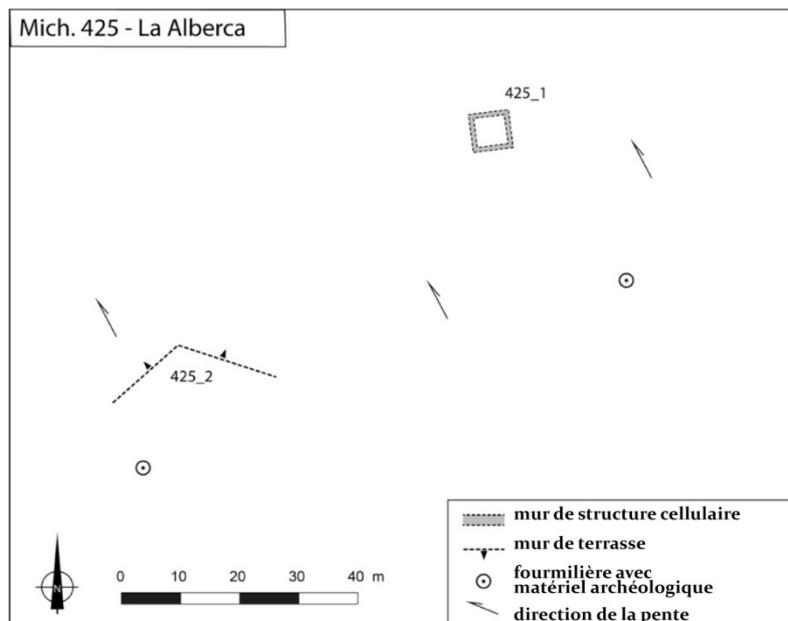


Figure 147 - Plan de Mich. 426
(issu de Pereira *et al.* 2016, fig. 28 : 35).

7.1.5.2. Éléments de datation et interprétation

Au regard de la maigreur des informations, notamment céramique, Pereira limite ses interprétations à la fonction résidentielle possible du site et à son association au peuplement préhispanique à l'échelle microrégionale.

7.1.6. Mich. 426, Los Mogotitos

Le site a lui aussi été révisé par Pereira (Pereira *et al.* 2016 : 36-38). L'examen de l'imagerie LiDAR nous a permis de suggérer quelques ajouts possibles.

7.1.6.1. Contexte environnemental et organisation spatiale



Figure 148 - Plan de Mich. 426

(partie sud reprise de Pereira *et al.* 2016, fig. 30 : 37).

▪ Situation générale

Le site se trouve à l'extrémité ouest de la ligne de crête d'un probable pli de pression aplani par l'action du temps, au nord de la coulée de Copalillo (Figure 148). Celui-ci marque par ailleurs la ligne de partage des eaux Zacapu-Zipimeo. Mich. 426 se place ainsi sur un promontoire à une vingtaine de mètres au-dessus de ses environs directs au sud, au nord et à l'est, qui lui confère une visibilité à 360°, notée par Pereira. Son accès le plus aisé se fait par l'ouest. En contrebas au sud passe la ravine d'El Salto.

Pereira relève la superficialité des sols au regard des affleurements nombreux. À l'aune de notre étude géopédologique et d'une zone d'extraction de gravier au pied du site qui fournit une fenêtre d'observation, nous ajoutons que la lithologie implique très probablement des caractéristiques pédologiques similaires à celles des sols de l'épaule du plateau : importante pierrosité et une teneur élevée en argile.

- *État de conservation*

Situé dans une zone de pâture et visible de tous, Mich. 426 a subi des dégradations. Un pillage balafre la structure 426_003.

- *Organisation*

Le site est composé de deux structures principales (1 et 3) au sein d'un espace pseudo-plan d'environ 0,25 ha au sommet du promontoire. La structure 426_001, installée sur une terrasse (2), est un bâtiment cellulaire quadrangulaire de 9,90x9,50 m, dont le plan rappelle les grandes maisons des centres urbains selon Pereira. À l'ouest, l'auteur assimile 426_003 à un hypothétique autel de 4,50x4 m, pillé en son centre. Au sud et à l'est se développe un réseau concentrique de terrasses d'épaule qui encercle le promontoire (4 à 31).

Outre ces éléments identifiés par Pereira, nous ajoutons un petit groupe de structures à un peu moins de 200 m à l'ouest mis en exergue par notre examen du LiDAR. Il est composé d'un espace nivelé d'approximativement 16x13 m (32), installé directement en aval de la ligne d'interfluve, côté nord. L'ouverture négative semble indiquer la présence d'un pillage dans l'angle nord-est de la structure. Au-delà de la limite nord de celle-ci, dans l'amorce de pente de la zone de *seepage*¹⁹¹, cinq terrasses d'une vingtaine de mètres de long (33 à 37) se succèdent jusqu'à une zone d'affleurement. Notons par ailleurs la présence d'une zone actuellement cultivée directement à l'est, dans un espace aux horizons profonds très probablement riches en argiles de néoformation.

À 750 m de là vers l'ouest, notons finalement quelques terrasses d'un type semblable sur le versant nord, peu pentu, du micro-bassin du *rio* El Salto. Bien que nous ne puissions rattacher directement ces terrasses au site de Mich. 426, elles s'inscrivent dans une perspective d'aménagement à l'échelle de l'ensemble du plateau.

¹⁹¹ Littéralement « zone de suintement ». En amont d'une rupture de pente, le *seepage* est caractérisé par un flux lent de matière (voir Dalrymple *et al.* 1968).

7.1.6.2. Éléments de datation et interprétation

En dépit de la rareté du matériel de surface et de l'absence d'éléments diagnostiques, Pereira propose, toutes précautions gardées, l'hypothèse d'un rattachement au Postclassique moyen au regard de l'organisation même du site. Il présente en effet une structuration assez semblable à celle observée – et datée – sur l'établissement voisin de Mich. 417. En outre, le groupe principal semble constituer un ensemble « grande maison » -- autel, tel qu'on en observe sur Mich. 31 en association avec une pyramide. À partir de ce constat, Pereira propose une vocation en partie cérémonielle pour l'établissement de Los Mogotitos. Il insiste aussi sur la position de contrôle du site. À ces interprétations, nous ajoutons que les réseaux de terrasses confèrent aussi à Mich. 426 une valeur agricole très probable.

7.1.7. Mich. 319, El Cerrito Pelón

Mich. 319 a été identifié dès le projet Michoacán étape 1 sur le versant sud-ouest du cône scoriacé du Cerrito Pelón. En 1991, Gérard Migeon l'associe à Mich. 31 et résume son organisation comme suit :

« Des terrasses, perpendiculaires à la pente, deux pyramides sur plateformes et quelques structures carrées ou rectangulaires très détruites s'étendent sur 5 ha. » (Migeon 1991 : 124)

Le « fourré clair secondaire » prospecté alors (Migeon *ibid.*) s'est densifié avec le temps. Lorsqu'en 2012 nous avons pour la première fois revisité l'établissement, la prospection était difficile. Les structures citées par Migeon, occupant en réalité le bas versant uniquement, n'ont pas été retrouvées. Cependant, de nouvelles structures ont alors été découvertes, à l'épaule du petit *cerro*. Nos efforts se sont d'abord concentrés sur celles-ci. Avec le LiDAR acquis en 2015, l'organisation originellement reconnue a été remise en lumière et étudiée.

7.1.7.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Situation générale*

Mich. 319 se développe principalement sur le versant sud-ouest du cône du Cerrito Pelón, dans le bas versant d'abord, puis sur son épaule et sa partie sommitale (Figure 149). Les deux espaces sont séparés par un escarpement qui découpe le versant du nord au sud. Les sols sont avant tout caractérisés par leur texture limono-argileuse et leur pulvérulence une fois

exposés à l'air libre, qui, typologiquement, les rapprochent d'Andosols. Notons aussi la pierrosité marquée à l'épaule et le colluvionnement important sur le bas versant et le piémont.

Une forêt de chêne couvre une grande partie du *cerrito*. Plus dense dans les parties basses, elle se fait plus éparse dans les parties hautes et particulièrement clairsemées à l'épaule. Du maïs est cultivé dans la dépression sommitale et de l'avocat sur le piémont.

- *État de conservation*

La zone basse, en partie occultée par les colluvions, est assez bien conservée. La frange la plus basse a sensiblement été altérée par les cultures. De même, la partie haute a sans doute été endommagée par les champs du sommet. L'érosion naturelle a aussi participé à l'altération de l'épaule.

- *Organisation*

Nous divisons le site en 2 parties principales sur le versant sud-ouest : le **secteur Bas** et le **secteur Haut**. À ceux-ci s'ajoutent d'autres groupes, encore mal cernés, au sommet et sur le reste des faces du *cerrito*.

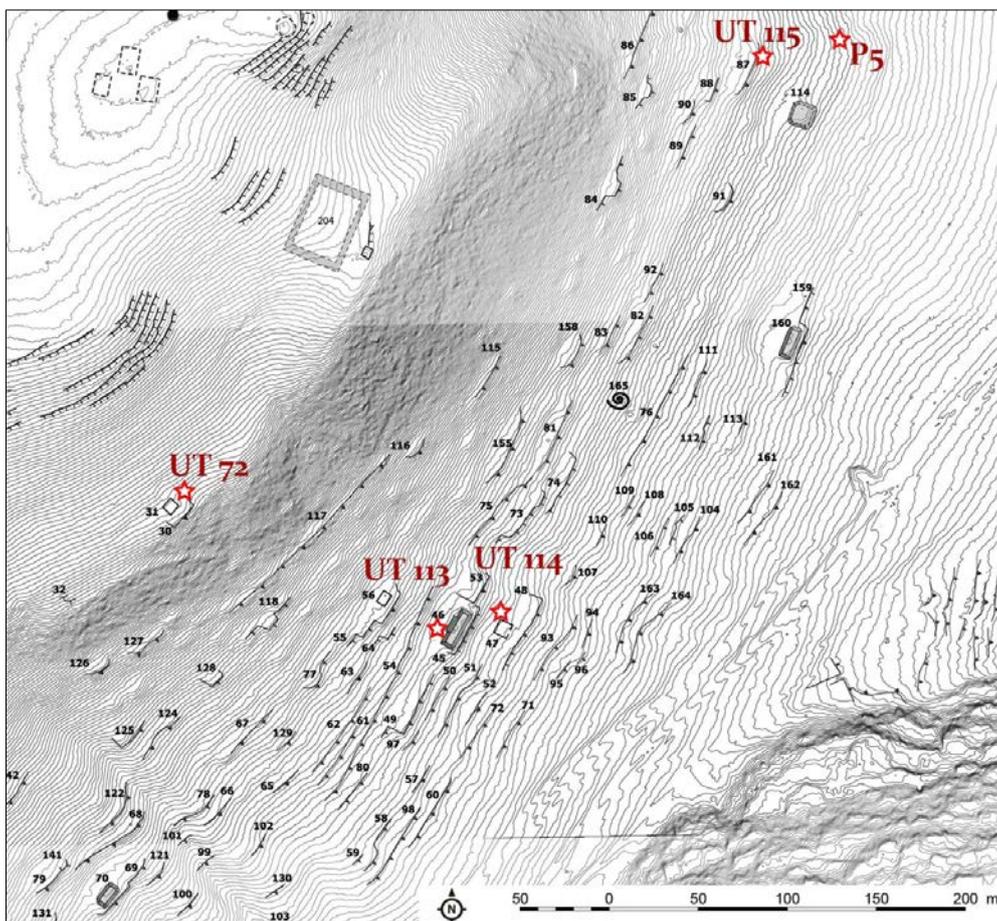


Figure 149 - Plan du secteur Bas de Mich. 319.

Le **secteur Bas** est caractérisé, comme le mentionnait Migeon, par de nombreux terrassements de 30 m de long en moyenne, qui suivent les courbes de niveau avec une orientation générale N-S (45 à 164). Leur répartition s'étend, non pas sur 5 ha, mais sur plus de 20 et est bornée au nord par une zone de ravinement intense (non visible sur plan, voir carte géopédologique du plateau du Copalillo). Leur mode de construction différent de celui des terrasses d'épaulement du plateau, en ce qu'elles aménagent un véritable espace nivelé d'au minimum une dizaine de mètres de large en amont du mur (voir *infra* 7.1.7.2 UT115). Bien que de tels nivellements suggèrent une vocation résidentielle, peu de structures les surmontent. On ne saurait toutefois exclure d'éventuelles constructions en matériaux périssables. Parmi les structures identifiées, notons trois soubassements pyramidaux rectangulaires (70, 46 et 160) et au minimum trois bâtiments cellulaires carrés (47, 56 et 267) (7.1.7.2 UT113 et 114). Signalons finalement une structure érodée au nord du secteur dont la forme est possiblement circulaire (114, \varnothing 13 m). Elles évoquent de fait des morphologies observées sur Mich. 31. Outre ces structures visibles, le LIDAR semble indiquer la présence de monticules discrets – difficilement perceptibles sur le terrain – sur certaines terrasses. Ils constituent peut-être les vestiges d'habitats dont les murs de pierre sont occultés par l'érosion du versant. Une autre possibilité serait qu'ils aient été construits en matériaux périssables, potentiellement avec des murs en adobe susceptibles d'avoir fondu.

Au sud, là où l'escarpement qui découpe le versant est moins marqué, un accès naturel vers le sommet du *cerrito* se dessine. Deux murs (134 et 135 sur Figure 154) semblent aménager cette passe ou au contraire, l'obstruer. En contrebas, un réseau de terrasses d'un autre type encore se développe. Occulté par un épais couvert de ronces, il n'a pu être visité à pied. Soulignons toutefois qu'il se situe juste en amont d'une carrière d'extraction de dalles d'andésites qui avait déjà été notée dans les années 1980 (Migeon 1991 : 124).

Le **secteur Haut** présente une organisation tout à fait distincte, plus proche de celle observée sur le site de Mich. 417. L'épaulement occidental du cône volcanique est couvert de réseaux de terrasses. À l'intérieur, s'inscrivent quelques bâtiments cellulaires quadrangulaires interprétés comme des habitats (ex. 18, 31, 34, 36, 42, 44) (7.1.7.2 UT 71, 72 et 73), ainsi que les vestiges de structures à la morphologie mal comprise (20, 23, 26, 27, 28, 41 et 286).

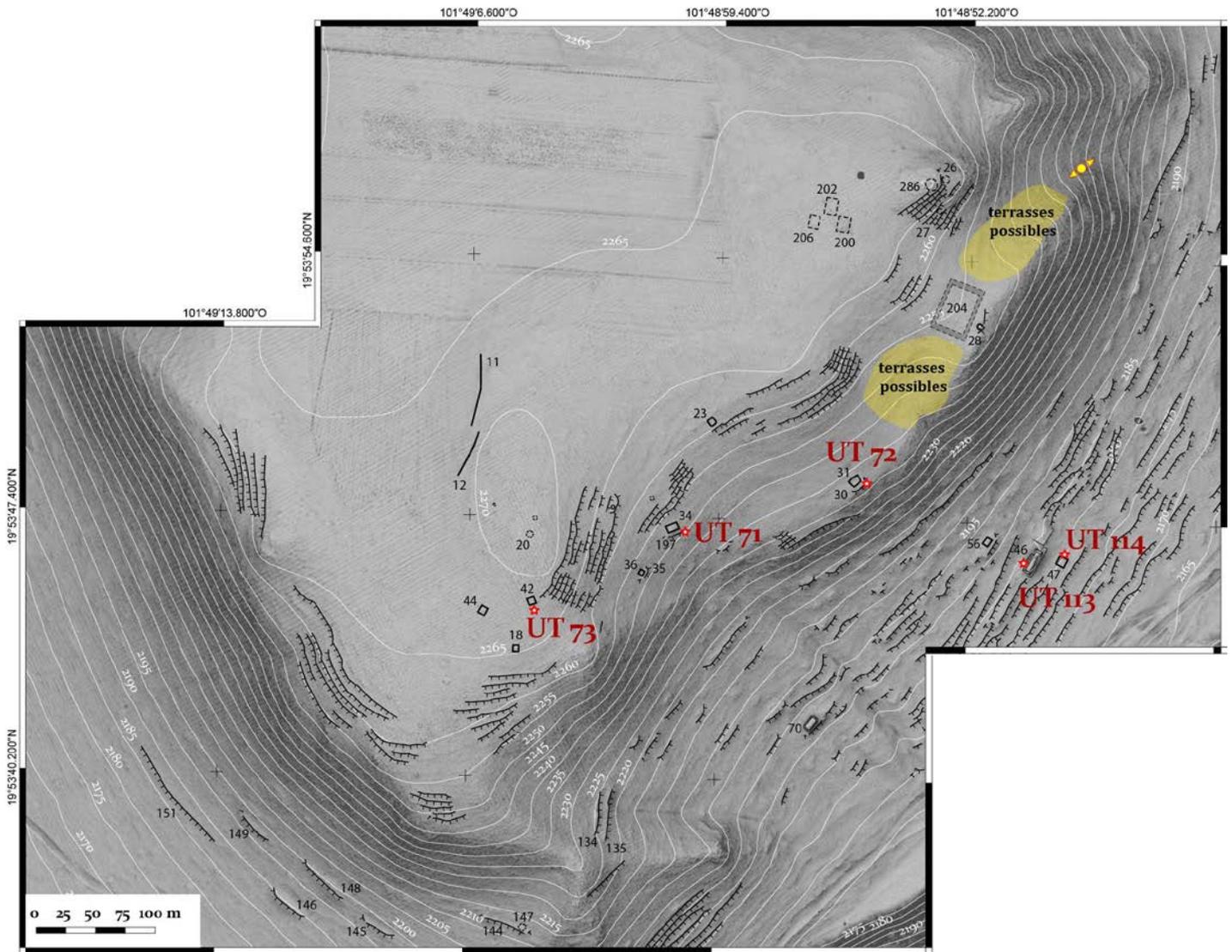


Figure 150 - Plan du secteur Haut de Mich. 319.

Au nord du secteur Haut, le versant présente un replat. De part et d'autre, vers le nord et le sud, commencent des zones d'écoulement à la pente modérée (possiblement terrassée). Celle du nord semble constituer un accès possible vers le secteur Bas. Sur le replat même, un aménagement rectangulaire est délimité par un fossé superficiel d'environ 50x30 m (204). Il n'a été détecté qu'à la lumière du LRM. Peut-être s'agit-il des vestiges d'un champ cultivé ? Mais nous ne pouvons nous prononcer en ce qui concerne sa datation.

Le sommet du secteur Haut ne comporte quant à lui que des structures à la morphologie encore indéterminée (20, 200, 202 et 206), et dont la mauvaise conservation est probablement liée à la présence proche des champs actuellement cultivés qui s'étendent sur la dépression sommitale. Dans cet espace, aucune structure n'a été observée, ni sur le terrain, ni à l'aide du LiDAR, exception faite de deux murs (11 et 12), qui jouxtent la dépression au sud-est.

Au-delà de la dépression vers le nord-ouest, une petite colline, résidu de la forme d'origine du cône, est aménagée de terrasses concentriques (Figure 151). Le relief est couronné par une plateforme (287), sur laquelle persistent des vestiges de murs sans que l'on puisse définir s'ils constituaient les fondations d'une superstructure ou non. Au nord de la plateforme, des concentrations d'andésite au sol nous ont rappelé les zones d'extraction de matière première identifiées ailleurs dans la région (Darras *et al.* 2017). N'étant pas spécialiste, nous ne pouvons cependant nous prononcer sur la question. En contrebas du groupe décrit, au sud, une zone d'écoulement concave constitue un accès naturel pour descendre le *cerro* par son versant sud-est. Des terrasses transversales de ravin (chapitre 8) y ont été aménagées.



Figure 151 - Colline aménagée au sommet de Mich. 319.

Outre l'ensemble des éléments ci-dessus décrits, les données LiDAR et nos ultimes explorations à pied du versant sud-ouest du Cerrito Pelón, nous invitent à penser que les aménagements sur ce cône volcanique sont plus nombreux encore. En effet, le LRM semble indiquer que les terrassements identifiés dans le secteur Bas de Mich. 319 continuent vers le nord au-delà de la zone de ravines, et couvrent ainsi l'ensemble du versant occidental du *cerro*. Il semble que cette même organisation spatiale se développe aussi sur le versant sud-ouest, toutefois de manière moins marquée. Dans cette zone, nous notons sur l'intégralité du bas versant, des aménagements discrets de terrasses de part et d'autre du chemin actuel qui conduit du plateau du Copalillo aux champs cultivés de la coulée de la Raya vers l'ouest. Ce réseau terrassé lie le bas versant du Pelón avec l'extrémité nord du site de Mich. 318, la Mesa del Bolsón (7.2.1). Il se développe dans une large zone d'écoulement.

Le dernier point notable dans cette zone est la présence de plusieurs formes circulaires, inscrites au sein de ce réseau de terrasses (Figure 152). Invisibles autrement qu'avec le LRM, elles semblent composées d'un fossé peu profond de 1 à 2 m de large, entourant un espace de 8 à 10 m de diamètre. Des aménagements similaires sont visibles au sud du secteur Haut de Mich. 319, ainsi que sur le site de Mich. 95 (7.3.2). Il pourrait s'agir d'une forme encore inconnue de structures d'habitat ou d'annexes agraires.

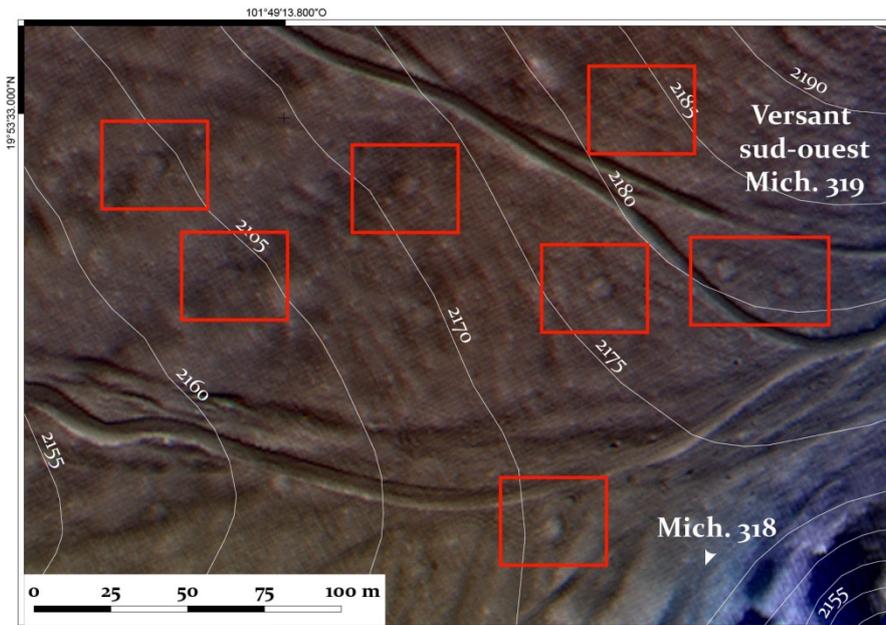


Figure 152 - Structures circulaires de morphologie inconnue au sud de Mich. 319 (traitement LRM + ombrages multiples).

7.1.7.2. Opérations de terrain

Le site de Mich. 319 a fait l'objet de plusieurs campagnes d'opérations de terrain, d'abord pour caractériser les bâtiments cellulaires du secteur Haut (UT 71, 72 et 73), puis pour éclaircir la nature des terrasses et structures associées dans le secteur Bas (UT 113, 114 et 115). Par ailleurs, nous avons aussi implanté le sondage pédologique P5 sur les pentes du bas versant du *cerrito*.

- UT 71

L'objectif de l'UT 71 était d'abord de dater le bâtiment 319_034 que nous avons identifié comme un habitat de 8x4 m, positionné directement en amont de l'escarpement principal du *cerro*, et ouvrant semble-t-il, sur le nord (Figure 153). La structure surplombe un affleurement entouré par deux petites ravines qui se rejoignent pour n'en former qu'une plus bas sur le versant. Il est possible que le haut de cette ravine ait pu constituer un passage privilégié entre les deux secteurs du site. En parallèle de la datation, nous voulions aussi étudier la

morphologie de la terrasse 319_197 sur laquelle repose la structure 319_034. En implantant ainsi un sondage de 1,50x1 m en contrebas de la terrasse d'habitat, à son extrémité nord, nous souhaitons multiplier nos chances de rencontrer du matériel datant.

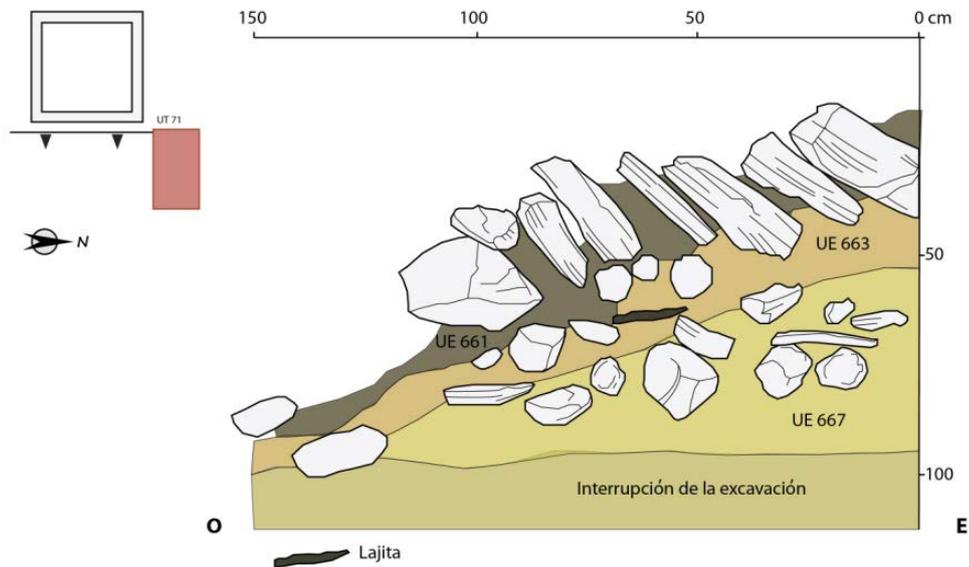


Figure 153 - Profil de la terrasse 319_197

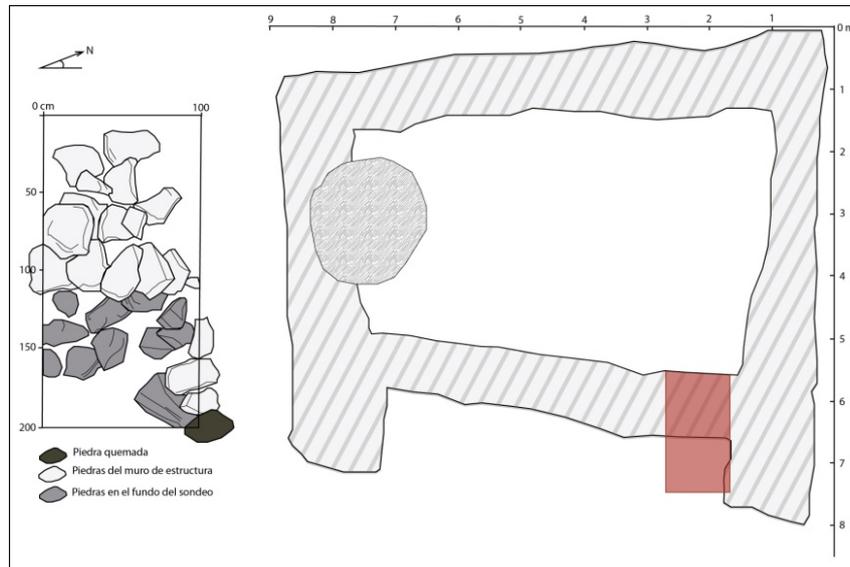
Après un nettoyage partiel, la fouille a permis de mettre au jour un appareil constructif bien fait, constitué par l'empilement d'épaisse dalles d'andésites naturellement rectangulaires (environ 40x20 cm), sans doute sélectionnées pour leur morphologie. Le pendage du mur de terrasse d'environ 40° n'est que légèrement plus important que celui de la pente naturelle. Il assure ainsi la stabilité de l'ensemble. Par ailleurs, la première assise du mur repose sur des dalles mégalithiques ($\varnothing > 80$ cm) couchées contre la pente. Leur transport n'est pas attesté. Elles correspondent peut-être à des roches d'affleurement utilisées *in situ* comme support de la terrasse.

À l'exception d'un unique tesson potentiellement du groupe Urichu, l'ensemble du matériel (NRt = 80, ind. = 39) correspond à la phase Milpillas. Cette interprétation est renforcée par la forme même de la structure qui rappelle celle des structures d'habitat du Postclassique moyen fouillées sur Mich. 31 et Mich. 95.

- UT 72

L'UT 72 avait pour objectif de préciser la nature et de dater la structure 319_031, qui repose, à l'instar de 319_034, sur une terrasse (30) au bord de la rupture de pente du versant (Figure 154). Il s'agissait d'un bâtiment cellulaire quadrangulaire de 7x4 m assimilé à un habitat. Le nettoyage complet a révélé deux avancées de mur de chaque côté de la face sud-est de la structure. Elles ont été interprétées comme les murs d'appui d'un portique en avant de la

maison. De fait, bien qu'aucune porte n'ait clairement été identifiée, la partie centrale de cette face présentait un déficit en pierre suggérant un seuil.



Un sondage de 2x1 m a été entrepris dans l'angle entre la face sud-est et l'avancée nord du portique potentiel. L'angle a été dégagé. Dans les niveaux inférieurs, sous la première assise du mur de la maison, un empierrement présentant un léger pendage a été mis au jour. Nous l'avons interprété un système de surélévation de la structure. La rareté du matériel découvert (NR = 4) (non diagnostique) suggère que le sondage a bien été implanté du côté de l'entrée. Malgré l'absence de tessons diagnostiques, la forme de la structure rappelle celle des habitats du Postclassique moyen.

- UT 73

L'UT 73 s'est attachée à caractériser et dater un troisième bâtiment cellulaire quadrangulaire, 319_042. Dans ce dernier cas, le mur sud de la structure se confond avec l'empierrement qui sert à niveler le terrain pour l'accueillir. Le nettoyage complet a mis au jour là encore, deux murs accolés perpendiculairement à la face ouest formant un portique potentiel de 2,30 m de large. La porte d'entrée n'a pu être clairement identifiée.

Deux sondages de 2x1 m ont été implantés sur les faces nord et est. Peu de matériel a été exhumé (NRt = 90, ind. = 50). Les éléments diagnostiques ont principalement pu être associés aux groupes céramiques de la phase Milpillás. Néanmoins, nous notons, dans chaque sondage la présence de quelques tessons de groupes plus anciens, Ciénega et La Joya. Leur présence suggère une fréquentation ancienne de la zone, à l'instar de ce qui a été observé dans les UT du secteur Bas.

▪ UT 113

L'UT 113 s'est intéressé au soubassement pyramidal 319_046, long de 23 m pour une largeur de 7 m (Figure 155). Le nettoyage a révélé un escalier de 5 m de large, adorné de deux rampes, sur la face ouest. Un sondage de 2x1 m a été implanté à l'angle entre l'escalier et le mur du soubassement. Il a mis au jour un parement de *lajas* (dalles d'andésites), typique des soubassements Postclassiques. Il a aussi révélé l'extrémité sud d'une seconde rampe, passant sous celle de l'escalier, moins inclinée et plus longue que celle-ci, et évoquant de fait un système d'accès plus élaboré qu'un simple jeu de marches.

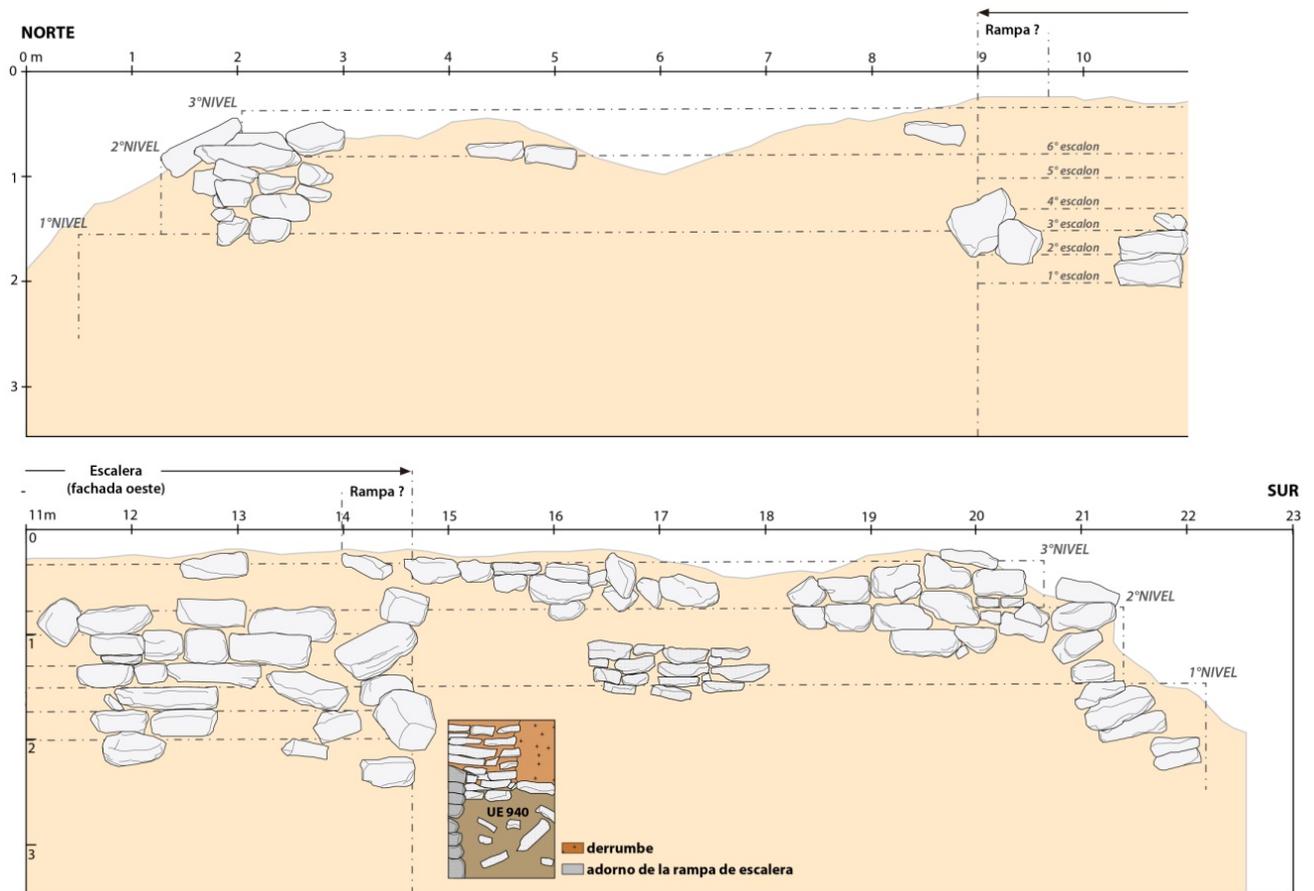


Figure 155 - Profil du soubassement pyramidal 319_046 (dessin : H. Goudiaby, DAO : Auteur)

Peu de matériel a été exhumé (NRt = 38, ind. = 28), mais les tessons diagnostiques sont de la phase Milpillás. En outre, la forme rectangulaire, l'orientation N-S, l'accès occidental et le parement de *lajas* constituent autant de caractéristiques du Postclassique moyen. La double rampe est toutefois un élément original. Enfin, nous avons identifié les vestiges d'un potentiel bâtiment cellulaire quadrangulaire de grandes dimensions (9x9 ?) au nord de la pyramide. Il correspond peut-être à la « Grande Maison » associée au temple dans le schéma canonique du Postclassique moyen : « Grande Maison » – pyramide – autel – place.

- UT 114

L'UT 114 s'est focalisée sur la structure quadrangulaire 319_047 de 8x7 m, localisée en contrebas du soubassement pyramidal 319_046. Après un nettoyage, nous avons implanté un sondage de 2x2 m sur le mur nord à la recherche d'une zone de rejet. L'excavation a été conduite jusqu'à une vingtaine de centimètres sous l'assise du mur. Le sondage a notamment révélé une pierre de foyer.

Le matériel retrouvé (NRt = 77, ind.= 36) se compose en majorité de types diagnostiques de la phase Milpillas. Cependant, l'ensemble des US a aussi révélé des tessons de types plus anciens, diagnostiques des phases Lupe et La Joya, notablement plus fragmentés et mélangés de fait avec le matériel du Postclassique moyen. Ce type d'inversion stratigraphique, noté ailleurs (ex. UT 115 ou Mich. 317), n'est pas un phénomène entièrement compris. Il a jusqu'ici été interprété comme l'érosion totale de paroi en adobe dans laquelle des céramiques de types anciens auraient été piégées lors de la fabrication du mur. Cette hypothèse se fonde sur un fait ethnographique. En effet, les maisons de terre crue construites aujourd'hui dans la zone des *lomas* présentent de nombreux fragments de céramique, car la terre a été collectée à proximité, sur d'anciens sites archéologiques.

- UT 115

Avec l'UT 115, nous avons cherché à comprendre la morphologie des terrasses qui couvrent le versant occidental du *cerrito*. Après un nettoyage complet du sous-bois pour pouvoir observer l'ensemble de la terrasse d'environ 30 m de long pour une surface nivelée de 12 m de large, nous avons implanté un sondage de 3x1 m à cheval sur un alignement de pierres à peine perceptible au sol, seule partie visible de l'ouvrage en surface.

Le sondage a révélé un terrassement de plus d'un mètre de haut, largement occulté par une terre pulvérulente à caractéristiques andiques (Figure 156). Le mur, contrairement à ce qui avait été observé ailleurs sur le site pour les terrasses d'habitat (*supra* UT71), s'est avéré tout à fait vertical et composé de deux degrés. Nous nous sommes demandé si le second degré n'avait pas pu correspondre au mur d'une superstructure. Toutefois, cette hypothèse ne pourrait être vérifiée qu'avec une fouille extensive de la partie nivelée. L'appareil est constitué de dalles d'andésites (épaisseur d'environ 20 cm), sélectionnées pour leur forme naturellement rectangulaire.

Outre la morphologie, le sondage a permis de mettre au jour une grande quantité de matériel céramique (NRt = 1755 ; ind.= 995), où deux périodes sont principalement

représentées, l'Épiclassique et le Postclassique moyen. Le Postclassique ancien semble marginal. Le matériel de surface est composé en grande majorité de types épiclassiques (environ 75% du NRI). Stratigraphiquement, Notons ensuite une légère différence dans le *ratio* Épiclassique/Postclassique moyen entre la partie du sondage en amont du mur et la partie en aval. En amont, l'Épiclassique est d'abord majoritaire (dans la première US [948]), puis le *ratio* est quasiment de 1:1, avant de retrouver une légère dominance de l'Épiclassique dans le fond du sondage. En aval, le *ratio* entre les deux périodes est quasiment de 1:1 dans tout le sondage, à l'exception de l'US la plus profonde (985), où le Postclassique est légèrement plus représenté.

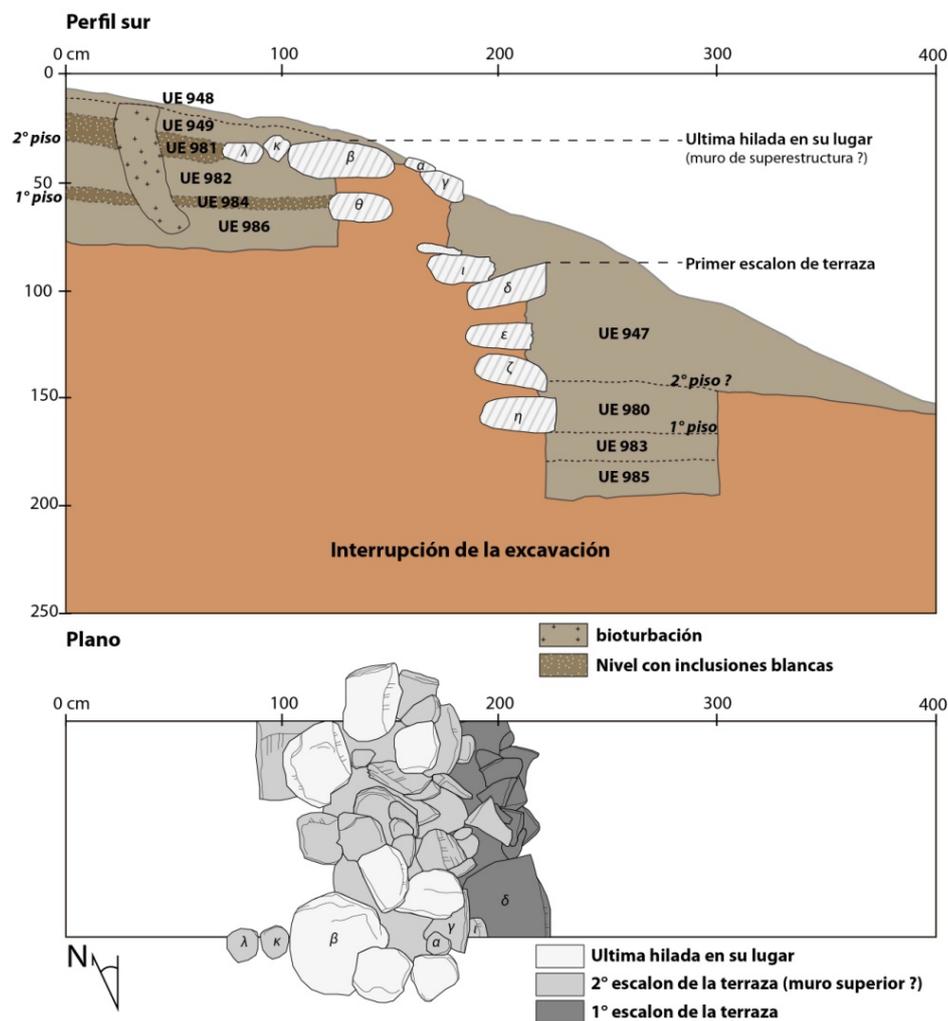


Figure 156 - Plan et profil de l'UT 115

Ainsi, malgré une stratigraphie visiblement en place en ce qui concerne les US profondes, on constate un mélange de phases. Nous l'imputons une fois de plus à l'érosion de potentiels murs de superstructures datées du Postclassique moyen, mais construites en adobe contenant du matériel plus ancien. Toutefois, nous pensons dans le cas présent que le nombre important

de fragments épiclassiques témoigne aussi de l'occupation conséquente de la zone à cette période.

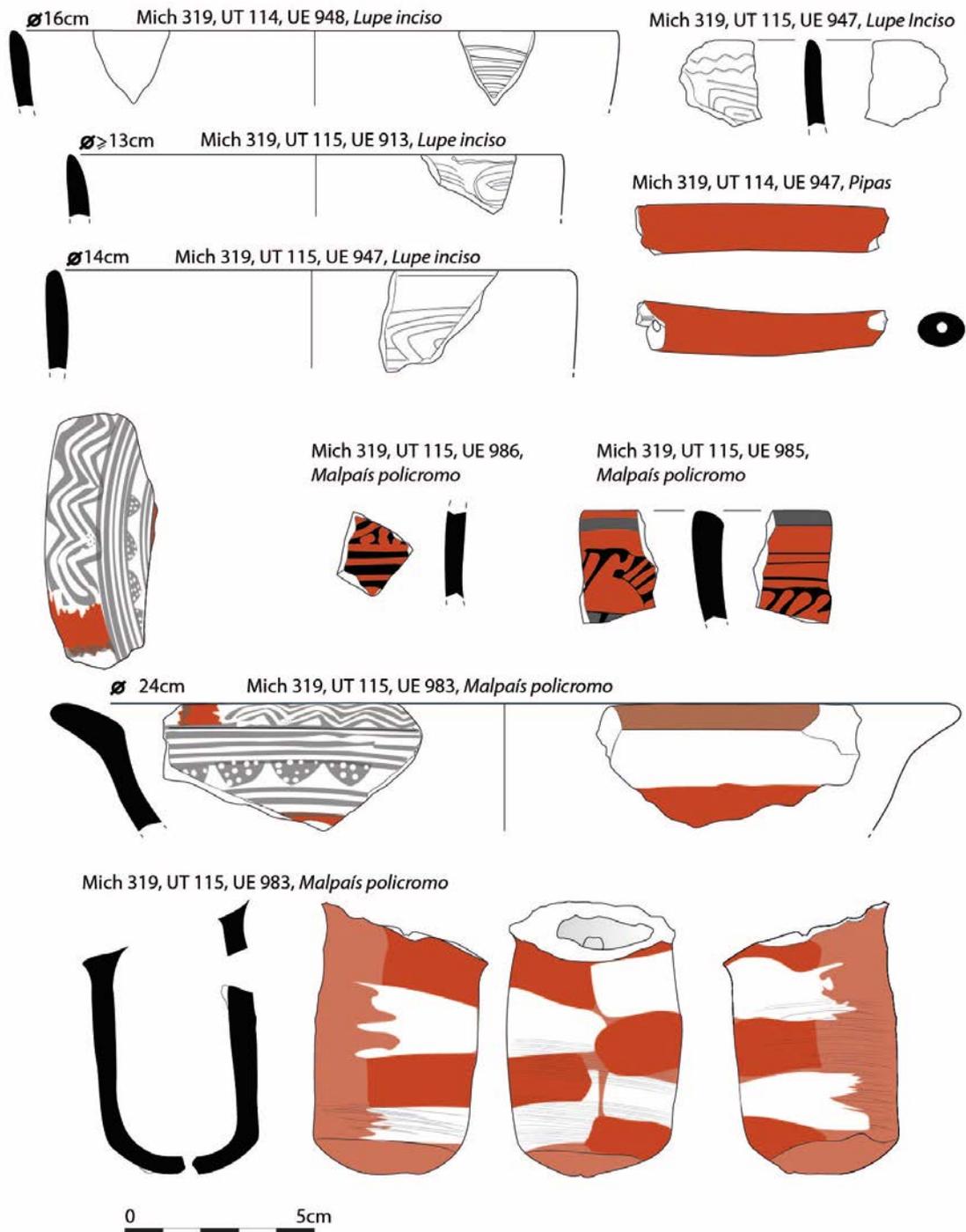


Figure 157 - Exemple de types céramiques diagnostiques des phase Lupe et Milpillas retrouvés en fouille sur Mich. 319 (dessin : S. Éliès).

▪ P5

La dernière opération réalisée sur Mich. 319 a été le sondage pédologique P5 (chapitre 6). Il a révélé une quantité importante de matériel (NRt = 599 ; ind.= 345) qui atteste la proximité d'une zone d'habitat. Le constat est le même que pour l'UT115. Des tessons diagnostiques de

l'Épiclassique et du Postclassique moyen ont été retrouvés mélangés dans toutes les US. Au-delà de 60 cm de profondeur, le sondage s'est avéré stérile. L'interprétation est difficile. Le mélange des types céramiques suggère une occupation initiale épiclassique suivie par une phase d'abandon. La zone a vraisemblablement été réoccupée ensuite, lors de la recolonisation du plateau du Copalillo au XIII^e siècle.

7.1.7.3. Éléments de datation et interprétation

Les fouilles ont confirmé la différence entre les secteurs Haut et Bas perceptible au travers de l'organisation spatiale. En ce qui concerne le secteur Haut, le matériel exhumé, la morphologie des structures d'habitat, des terrasses agricoles et plus généralement l'agencement même des espaces sont autant d'indices d'une occupation Postclassique, durant la phase Milpillás. Au regard de sa proximité avec le centre urbain de Mich. 31, nous pensons que le secteur Haut de Mich. 319 a constitué, à l'instar de Mich. 31N ou Mich. 417, un établissement satellite à vocation principalement agraire.

Pour ce qui est du secteur Bas, les mélanges de matériel de différentes phases dans les stratigraphies rendent plus complexe l'interprétation. Dans ces grandes lignes, nous résumons l'occupation comme suit :

Le site a probablement été fondé au cours de l'Épiclassique, comme en témoigne la grande quantité de tessons des phases Lupe et La Joya. Il a été abandonné au terme de cette dernière phase, comme l'indique la marginalité des éléments diagnostiques de la phase suivante, Palacio, dans l'échantillon céramique collecté. Cet épisode est probablement à mettre en relation avec l'éruption du Prieto.

La morphologie de certaines structures (ex. soubassements pyramidaux rectangulaires), la présence du modèle pyramide -grande maison et le matériel retrouvé dans les différents sondages indiquent ensuite que l'occupation a repris au Postclassique, avant que le site ne soit définitivement abandonné au terme de la phase Milpillás. Cette ultime utilisation est très probablement liée à l'urbanisation du *malpaís* voisin et s'avère donc contemporaine des habitats agraires du secteur Haut.

Il serait nécessaire d'établir des investigations plus pointues dans le secteur Bas pour en affiner notre compréhension. Pour l'heure, il nous est difficile de nous prononcer de façon impartiale en ce qui concerne l'époque de construction des terrasses allongées qui caractérisent l'établissement. Deux hypothèses se dessinent. Au regard de l'association directe

des soubassements pyramidaux caractéristiques du Postclassique moyen avec certaines terrasses, il est possible qu'elles aient été construites à cette époque. Le processus même de construction aurait de fait occasionné le bouleversement de la stratigraphie, ramenant des tessons plus anciens au même niveau que les vestiges postclassiques.

La seconde hypothèse est que les terrassements aient été mis en place à l'Épiclassique, et que les populations postclassiques les aient réutilisées. Les remaniements associés à cette réoccupation expliqueraient alors le mélange du matériel dans l'ensemble de la stratigraphie. Cette dernière hypothèse est renforcée par la découverte d'aménagements semblables sur le site épiclassique de Mich. 416 (7.2.5).

Quoi qu'il en soit, la fonction même des terrasses est elle aussi assez énigmatique. La richesse matérielle suggère un nivellement pour l'habitat. Pourtant, très peu de vestiges de maisons l'attestent. Les monticules identifiés grâce au LiDAR et mentionnés plus haut (7.1.7.1) fournissent peut-être une explication, si toutefois ils ont bien constitué des résidences, enfouies ou effondrées. Par ailleurs, au regard de la qualité des sols du versant, la fonction agricole n'est pas à exclure, bien que les arguments manquent pour le confirmer.

**

En résumé, le site de Mich. 319 a d'abord constitué une zone d'habitat à l'Épiclassique. Légèrement en marge de l'épicentre du Rincón de Las Flores à 5 km vers l'ouest (7.2.5), elle est peut-être à rapprocher du site de Mich. 318 (7.2.1) – comme le suggèrent les données LiDAR (*supra* 7.1.7.1). Le site a été abandonné pendant le Postclassique ancien avant d'être réoccupé en phase Milpillan. Cette seconde colonisation du *cerro* est peut-être le fruit des bâtisseurs de Mich. 31 ou de groupes qui leur étaient liés. À cette époque, Mich. 319 a constitué un site satellite important (trois pyramides) qui a périclité avec le centre urbain au début du XV^e siècle.

7.1.8. Mich. 68, El Caracol

S'étendant sur la coulée volcanique éponyme, Mich. 68, El Caracol, a été découvert dès 1983. Il a alors été exploré depuis son versant est grâce à des informateurs locaux qui connaissaient l'existence des ruines. Les rides de pression concentriques caractéristiques du site lui valent son nom. Elles constituent autant d'affleurements rocheux perpendiculaires à la pente et de zones d'accumulation de matière entre ceux-ci. Dans ce contexte dominé par une forêt de chêne entrecoupée de prairies étroites entre les affleurements, l'exploration est difficile. De plus, la division administrative du *cerro*, qui appartient à trois communes distinctes, complique d'autant plus la situation.

La fiche d'enregistrement originelle rapporte un établissement d'environ 10 ha présentant de l'habitat et des structures cérémonielles, mais aussi des possibles chaussées et un mur évoquant une fortification positionnée en hauteur (Michelet 1983, fiche de site). Un croquis de la partie centrale avait alors été dressé. Le lien probable avec le centre urbain de Mich. 31 avait tout de suite été fait, et le potentiel de fouille mis en avant, en raison de la relativement bonne conservation de Mich. 68 et de son apparente représentativité d'un « site de taille moyenne » du Postclassique moyen (Michelet *ibid.*).

Malgré l'intérêt de Mich. 68, son exploration est jusque récemment restée en suspens, dans l'ombre de son voisin urbain. En 2012, nous avons rapidement revisité le site en prospection « à l'aveugle » depuis le plateau du Copalillo, sans pouvoir retrouver le groupe cérémoniel croqué par Michelet (Dorison 2013). Une nouvelle visite en 2014, a permis de faire le lien entre les éléments enregistrés en 2012 et ceux connus depuis 1983. Pourtant, de nombreuses incertitudes persistaient encore quant à l'étendue réelle du site. Il a fallu attendre l'obtention des données LiDAR en 2015 pour que Mich. 68 révèle toute sa complexité. En novembre de la même année, nous avons entrepris les premiers sondages.

Les données LiDAR ont permis de mettre au jour un site extrêmement riche. Hormis les versants abrupts, l'intégralité de la coulée volcanique est aménagée, soit environ 170 ha. À ce jour, la cartographie numérique n'a été réalisée de manière quasiment exhaustive que sur la partie nord de l'établissement (env. 80 ha), ce qui correspond grossièrement à la zone prospectée à pied « à l'aveugle » avant l'acquisition des données. Si ces prospections – trop ponctuelles – n'avaient conduit à l'enregistrement que d'environ 70 structures, le LiDAR a multiplié notre potentiel d'identification d'éléments, et la cartographie compte aujourd'hui déjà plus de 700 structures.

7.1.8.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Situation générale*

Comme on l'a évoqué, la caractéristique première de Mich. 68 est son implantation au cœur d'un *malpais* du Pléistocène récent 1 (100 ka - 30 ka BP, El Caracol), qui témoigne d'une très grande adaptabilité humaine aux aléas du terrain. Les Leptosols sont omniprésents. Toutefois les zones concaves entre affleurements ont permis la formation de sols à caractéristiques andiques, souvent superficiels, mais pouvant s'avérer profonds dans les dépressions. L'établissement est aujourd'hui couvert d'une forêt de chêne assez dense et ses quelques bandes de prairies dégagées servent de pâturages aux troupeaux de la région.

▪ *État de conservation*

Le site présente un assez bon état de conservation. Il est probable que la fréquence des affleurements rocheux ait très tôt découragé les agriculteurs après l'époque préhispanique, favorisant ainsi le développement de la forêt et, par extension, la protection du site. Toutefois, si l'établissement est aujourd'hui sorti de la mémoire de la *quasi* totalité des habitants des villages voisins, son utilisation comme pâturage a contribué jusqu'à récemment à la connaissance du lieu. En conséquence, les parties les plus monumentales ont souffert – et souffrent encore – de pillages ponctuels.

▪ *Organisation*

Comme on l'a mentionné, Mich. 68 s'étend sur l'ensemble de la coulée. Par commodité de présentation, mais aussi au regard de la fonction des espaces et des différences chronologiques potentielles concernant leur occupation, nous avons divisé l'établissement en 6 secteurs (Figure 158) :

- I) l'Épicentre ;
- II) le Point d'émission du flux ;
- III) le secteur Nord-Ouest ;
- IV) le secteur Sud-Ouest ;
- V) le secteur Sud-Est ;
- VI) la périphérie Nord-Est.

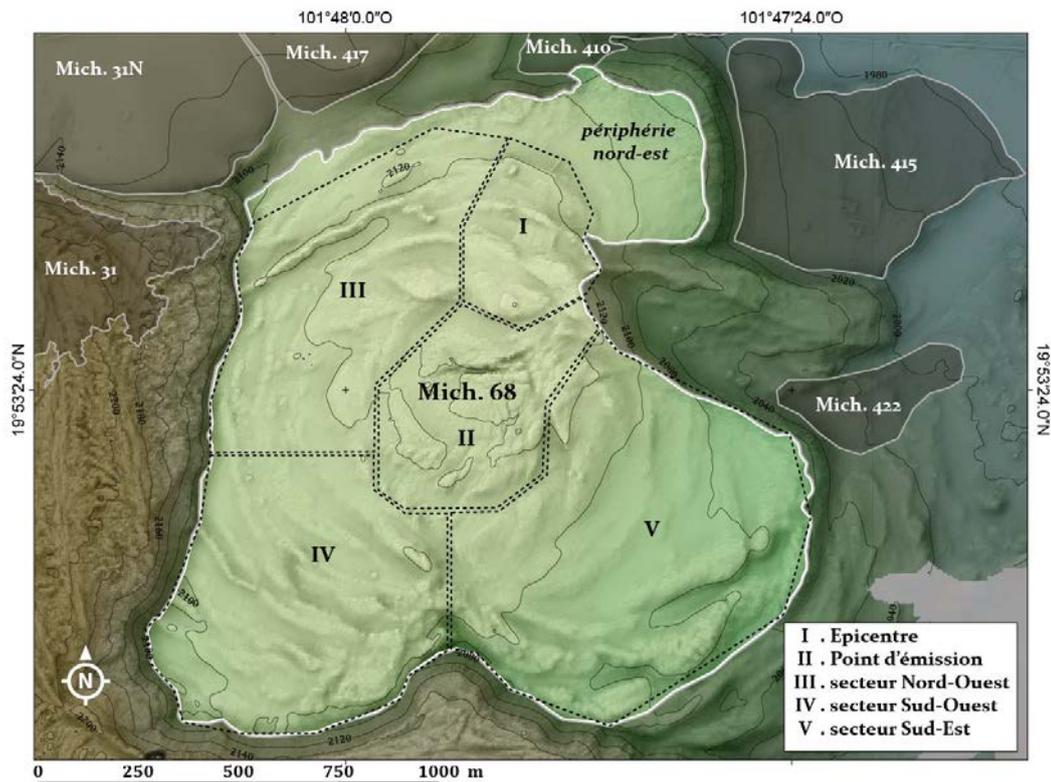


Figure 158 - Sectorisation de Mich. 68

Nous décrivons essentiellement ici la partie nord, cartographiée : l'Épicentre, le Point d'Émission, et une grande partie du secteur Nord-Ouest. Nous ne ferons qu'une présentation rapide des autres secteurs du site.

1) L'Épicentre de Mich. 68

L'Épicentre se trouve au nord-est de la coulée (Figure 158). S'étendant sur environ 12 ha, il correspond aux éléments identifiés et croqués par Michelet dès 1983. Il se compose de trois espaces plans successifs qui s'échelonnent dans la montée et qui sont séparés l'un de l'autre par un affleurement linéaire d'une ride de coulée. Les deux moins élevés – que nous nommons groupes A et B – sont le fruit de terrassements anthropiques. Le troisième – groupe C – est naturel.

Le **groupe A** consiste en une place rectangulaire de 120x48 m (Figure 159), qui avance dans la pente au nord-est, formant ainsi une terrasse monumentale à la bordure abrupte (229 , $\alpha \approx 45^\circ$). Elle surplombe d'une dizaine de mètres la zone de *seepage* de la coulée (périphérie nord-est), où se développe un réseau de terrasses éparses potentiellement agricole, associé à quelques possibles habitats. Sur la place du groupe A, les structures répondent d'un plan orthonormé NO-SE ($\alpha_{\text{azimut}} \approx 115^\circ$). Dans la moitié ouest est édifié un soubassement

pyramidal (231) de 30x20 m, pour une hauteur conservée de 4,50 m, perpendiculaire à l'orientation générale. Face à lui, l'angle sud-est est aménagé d'une plateforme basse de 30x30 m (68), surmontée d'une structure linéaire de 20x2 m (235). Nous pensons qu'il pourrait s'agir du seul vestige d'un grand bâtiment cellulaire de 20x20 m, peut-être une « grande maison ». Entre la pyramide et la plateforme, une probable structure de 15x10 m (579) a été criblée de trous de pillage. Ce pourrait être un autel associé à une zone funéraire, ce qui expliquerait l'acharnement des pillers. Le bord sud de la place est délimitée par un terrassement qui crée un palier supérieur de 1,50 m de haut (64). Sur celui-ci, un bâtiment cellulaire de 12x12 m, doté d'une pièce annexe de 5x4 m accolée à son mur est, fait face à la pyramide (237). À l'est se trouve une structure quadrangulaire indéfinie (67) et à l'ouest, une plateforme (66) surmontée d'une possible structure (710).

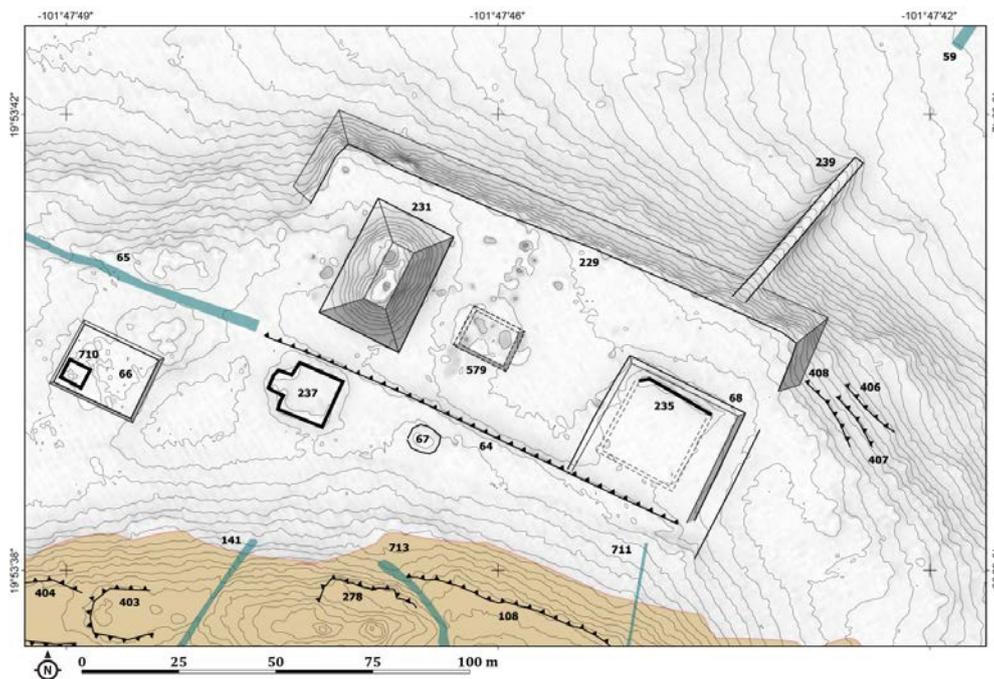


Figure 159 - plan du groupe A de l'Épicentre de Mich. 68

L'ensemble constitue certainement un espace à vocation cérémonielle dont l'importance ne se limitait pas au seul établissement de Mich. 68. En effet, outre la vue imprenable qu'offre la place sur le vallon sec, la source de Cuarún et la ciénega, plusieurs systèmes d'accès la connectent au-delà des limites du site. Dans l'angle nord-est de la terrasse principale, une rampe monumentale de 40 m de long pour 3,50 m de large, et d'un pendage d'environ 20°, facilite la montée à la place (239). Elle est alignée avec un chemin aménagé (59), qui traverse le réseau de terrasses en contrebas. Il se transforme ensuite en un escalier de blocs d'andésites grossièrement équarris (ø 40-50 cm), flanquées de pierres mises de champs (Figure 160). Il accommode ainsi sur plus de 100 m le versant abrupt de la coulée pour lier Mich. 68 et le

vallon sec. Il débouche par ailleurs sur ce qui pourrait être un chemin de ronde, qui court sur l'extrémité nord de la coulée¹⁹².



Figure 160 - L'escalier 68_059 qui connecte Mich. 68 et le vallon sec.

L'angle sud-ouest de la place du groupe A est quant à lui doté d'un second accès, comme tracé à la règle dans l'alignement de la bordure sud. Il ouvre sur le fantôme d'un possible chemin (65) qui court en droite ligne jusqu'au plateau du Copalillo. Bien qu'il ne soit plus en usage aujourd'hui, son identification, comme sa contemporanéité avec le groupe A, n'est pas certaine, dans la mesure où il s'aligne aussi sur la limite sud des champs cultivés sur le plateau.

De retour sur Mich. 68, le groupe A est connecté au **groupe B** qui le surplombe (Figure 161), *via* trois chemins (141, 711 et 713) et deux rampes (712 et 146), qui permettent de franchir l'affleurement rocheux qui les sépare. Ce dernier est aménagé de terrasses (ex. 108, 278, 618) et surmonté par un groupe de plateformes monumentales (42 et 43) accessibles par des escaliers. Au-delà vers le sud, s'étend un espace nivelé de 100x70 m. Il est bordé à l'est par une terrasse qui le surélève (22) et surmonté d'une plateforme de 55x30 m qui s'étend sur quasiment toute sa moitié ouest (139). La terrasse 22 est munie d'une rampe d'accès orientale de 10x8 m (405, $\alpha \approx 15^\circ$), alors qu'à l'opposé, une seconde rampe de 50x12 m (140, $\alpha \approx 5^\circ$) conduit sur la plateforme 139. Sur cette dernière sont construits un bâtiment cellulaire

¹⁹² Ce potentiel chemin a semble-t-il été plus tard réutilisé comme délimitation d'*hacienda*. Aussi est-il difficile de se prononcer à l'heure actuelle sur son origine préhispanique et sa fonction véritable.

d'environ 7,50x7,50 m (138) et une structure récemment pillée (137). Le LRM semble indiquer que toute la plateforme était en réalité surmontée d'autres structures, bordant l'espace circonscrit (714, 715 et 716).

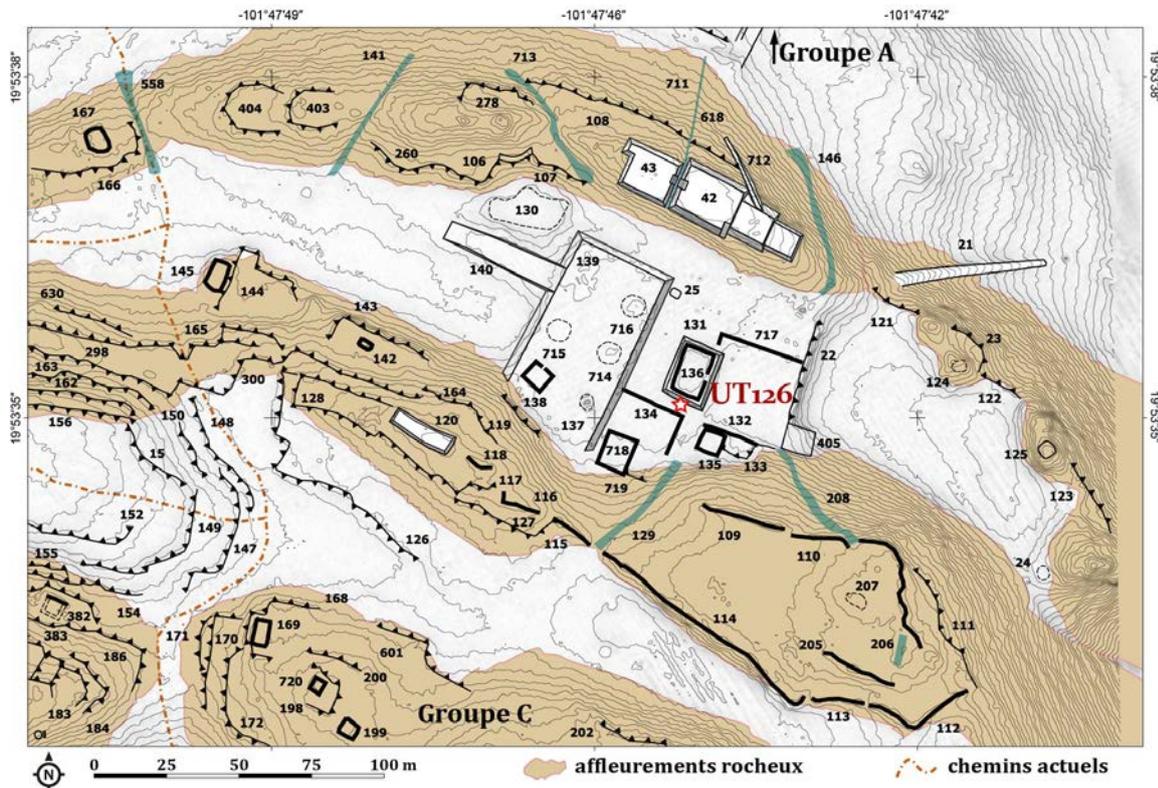


Figure 161 - plan du groupe B de l'Épicentre de Mich. 68

La partie est de la zone nivelée du groupe B présente quant à elle une structure centrale de 15x10 m (136), posée sur une plateforme basse de 20x15 m (131). Interprétée comme une maison de réunion (7.1.8.2, UT126), elle ouvre vers l'est sur une place délimitée au nord et au sud par des murs (717 et 132), et à l'est par la terrasse 22. Au-delà de la bordure sud, se trouve un bâtiment cellulaire de 7x7 m (135), constituant peut-être un habitat. À proximité, le mur 134 délimite un autre espace de 23x23 m dans lequel se trouve potentiellement une structure mal définie (718).

Vers l'est, au pied de la terrasse 22, se développe un autre espace en partie nivelé qui ouvre sur une vue de la ciénega. L'extrémité d'une ride de pression dessine un arc de cercle qui matérialise sa bordure nord. Il est ainsi limité sur ce côté par la rupture de pente accommodée en une terrasse (23, 121, 122, 123), sur laquelle on accède par une rampe monumentale de plus de 60 m (21). Le long de la rupture de pente sont perchés trois monticules de roche naturels, où l'on a pu observer *in situ* des vestiges d'aménagements (24, 124, 125). Aucune autre structure n'est construite sur l'espace ainsi nivelé. Nous pensons que la zone pourrait constituer un point d'observation. Cette hypothèse est corroborée par les caractéristiques de

l'éperon rocheux qui la surplombe au sud, et auquel on accède depuis la terrasse 22, *via* deux chemins aménagés (129 et 208)

L'éperon est fortifié. En effet, l'affleurement qui sépare les groupes B et C est entièrement construit. Dans sa partie ouest, s'étagent des terrasses (ex. 119, 128, 164) sur lesquelles l'absence de tout vestige de structure évoque une possible utilité agricole. La partie est se termine quant à elle en un éperon, nivelé sur plus de 5000 m². Hormis à l'ouest, il est bordé sur tous ses autres côtés par un mur épais de 2 à 3 m, composé de neuf sections (109 à 116), et pouvant atteindre 2,50 m de haut dans sa partie la plus monumentale au sud. Ainsi, malgré sa position de force, l'éperon n'est pas entièrement clos, mais présente au contraire de nombreux accès potentiels, dont le plus évident et le plus large est à l'ouest. En son sein, seuls subsistent les vestiges d'un mur (205), d'une possible structure cellulaire (207), et de ce qui s'apparente à une courte chaussée en pierre de 2 m de large pour 12 de long, à l'extrémité est de l'éperon (206). Au-delà de celle-ci, le versant tombe en pente raide (40°) et marque un dénivelé de plus de 50 m, jusqu'au sommet d'un bras secondaire de la coulée. Au regard des caractéristiques de l'éperon, qui offre une vue panoramique sur les environs, nous pensons qu'il pourrait s'agir d'un poste de guet et/ou d'un refuge pour les personnes habitant à proximité directe.

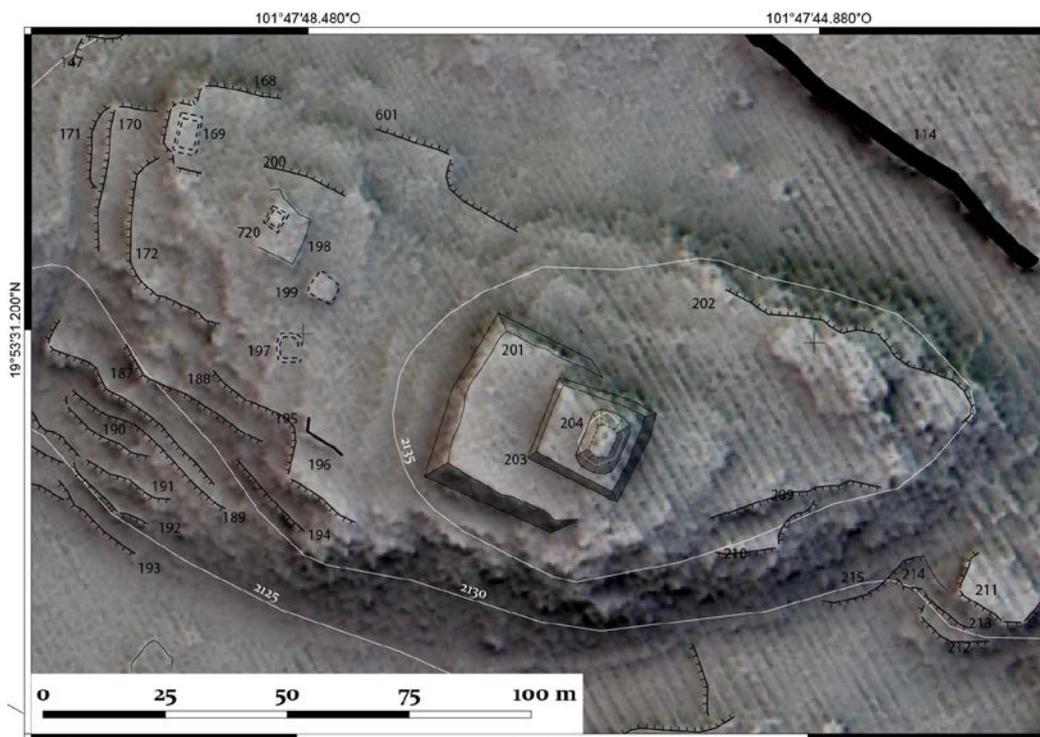


Figure 162 - Plan du Groupe C de Mich. 68.

En amont de l'éperon fortifié, on atteint le troisième niveau plan – naturel cette fois – et le **groupe C** (Figure 162), limité à l'ouest par le chemin actuel. Alors qu'aucune structure n'a pu

être reconnue dans la zone plane, l’affleurement qui la surplombe est terrassé, et quelques structures y ont été édifiées. Outre trois bâtiments indéterminés (169, 199, 720) et un possible habitat (197), le groupe se définit par la présence d’un monticule de 13x9 m (204), surmontant deux plateformes formant autant de paliers (201 et 203). Le monticule présente environ 1 m de hauteur conservée et est perché au point le plus haut de toute la coulée (2140 m). Sans exploration plus avancée, il est difficile d’émettre des hypothèses quant à la fonction de cet espace. Sa position lui confère toutefois une vision panoramique, mais aussi une visibilité à l’échelle de la microrégion qui laisse supposer une valeur ostentatoire.

Plus généralement, de par sa visibilité et ses espaces à caractère cérémoniel – ou au minimum civique –, l’Épicentre de Mich. 68 tout entier semble avoir constitué un espace d’une valeur symbolique et sociale certaine pour les populations environnantes.

2) Mich. 68, site d’habitat de différentes époques

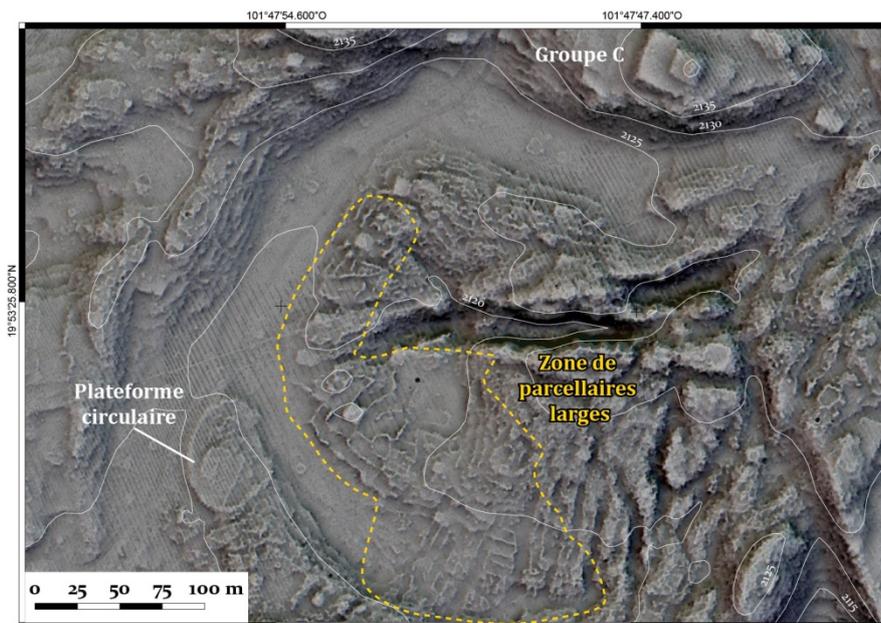


Figure 163 - Secteur « Point d’émission » de Mich. 68.

Le reste de Mich. 68 se développe essentiellement au sud de l’Épicentre. Directement au sud du groupe C s’étend la partie sommitale de la coulée, plane, où se trouve son **Point d’émission** (Figure 158 et Figure 163). Grossièrement circulaire, la zone d’environ 18 ha est couverte en majorité par de l’affleurement rocheux (14 ha). Seule une bande périphérique en forme de croissant à l’ouest présente une profondeur de sol plus importante. Au sein de cette bande, les structures sont peu nombreuses. L’affleurement est quant à lui aménagé de murs et de possibles bâtiments d’habitats cellulaires. Au sud, des murs semblent former un système de

parcellaire, que nous n'avons malheureusement pas pu explorer sur le terrain. Peut-être faut-il y voir un mode d'aménagement agraire des Leptosols ? Notons finalement une plateforme ovale de 2500 m², sur laquelle reposent des murs et les vestiges d'un possible habitat.

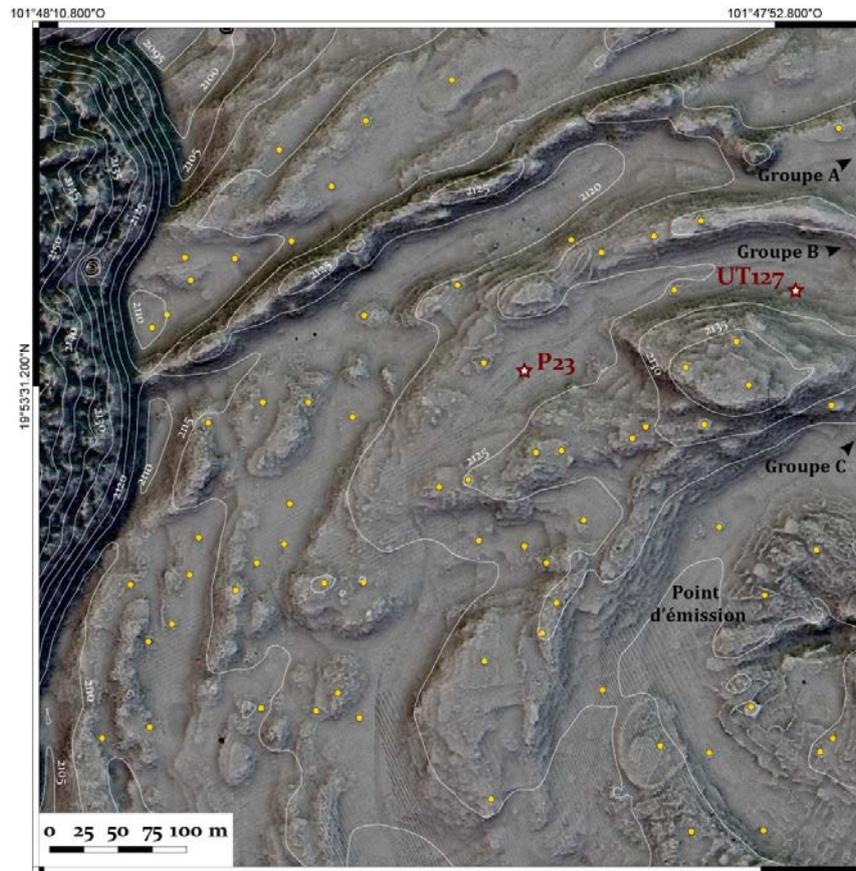


Figure 164 - Secteur Nord-Ouest de Mich. 68.
Les points jaunes correspondent aux potentielles structures d'habitat.

À l'ouest du Point d'émission, commence le bien nommé **secteur Nord-Ouest** (Figure 164). Il constitue le cœur résidentiel du site. Il se caractérise par la succession de longues bandes incurvées de prairies planes, séparées les unes des autres par des affleurements qui les dominent de 5 à 10 m de haut. Le plus marqué est au nord et forme une sorte de muraille naturelle, au sommet de laquelle trônent les fragments d'un mur. L'ensemble revêt très probablement un caractère défensif. Mis à part la présence de quelques bâtiments cellulaires quadrangulaires (ø 5 m), interprétés comme des habitats, les zones planes sont assez pauvres en vestiges. À l'inverse, les affleurements sont intensément terrassés, souvent par des aménagements étroits de 3 à 4 m, longs de plusieurs dizaines de mètres. Des structures que l'on associe à de l'habitat – mais à la forme souvent mal définie – sont perchées sur la crête des rides de pression. À cela s'ajoutent des systèmes de terrasses transversales de ravins dans les zones d'écoulement. Nous interprétons l'ensemble de ce secteur comme une zone

résidentielle à vocation agraire, tant par la mise en culture des parties planes aux sols profonds et sur les terrasses transversales (chapitre 6), qu'au travers de l'accommodation des Leptosols sur les affleurements.

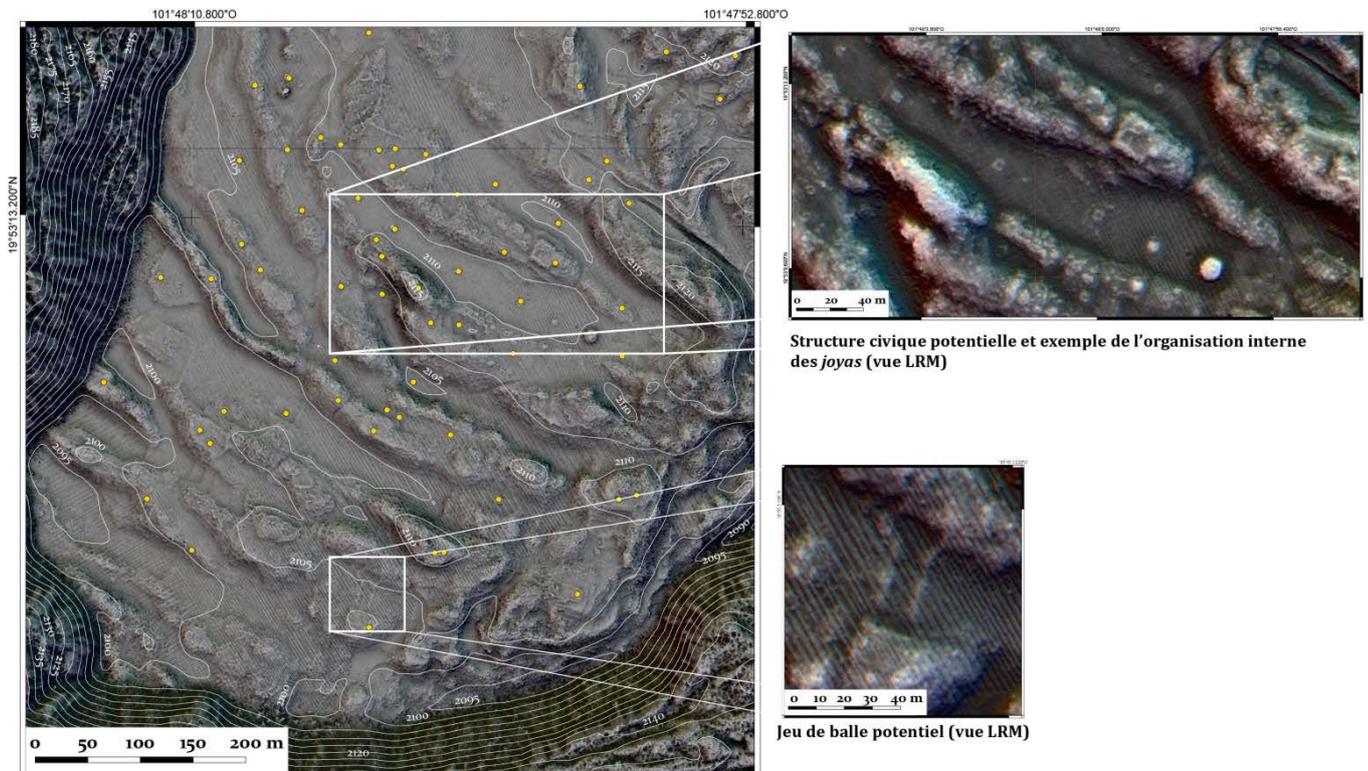


Figure 165 - Secteur Sud-Ouest de Mich. 68.
Les points jaunes correspondent aux potentielles structures d'habitat.

Avec le **secteur Sud-Ouest**, nous entrons dans une zone qui n'a pu être prospectée que par l'intermédiaire du LiDAR (Figure 165). L'organisation est assez similaire à celle du secteur Nord-Ouest, toujours marquée de l'alternance entre affleurements et zones planes. L'amplitude des ondulations du terrain est cependant sensiblement moins importante. Dans les plaines prairiales allongées (*joyas*), des bâtiments quadrangulaires modestes (\varnothing 5 m) s'espacent régulièrement, comme disposés le long d'un axe de symétrie placé au milieu des *joyas*. Il pourrait s'agir de maisons ou d'annexe agricole au cœur des espaces cultivés. Certains aménagements rappellent les possibles parcelles observés au Point d'émission. Enfin, sans entrer dans plus de détails, nous relèverons l'identification d'un terrain de jeu de balle en « I » au sud du secteur qui évoque une occupation épiclassique. Celle-ci est appuyée par la présence dans la même zone, d'un monticule de 15x15 m pour 3 m de haut, qui constitue un possible soubassement pyramidal dont la morphologie évoque celle de bâtiments cérémoniels observés ailleurs en contexte épiclassique.

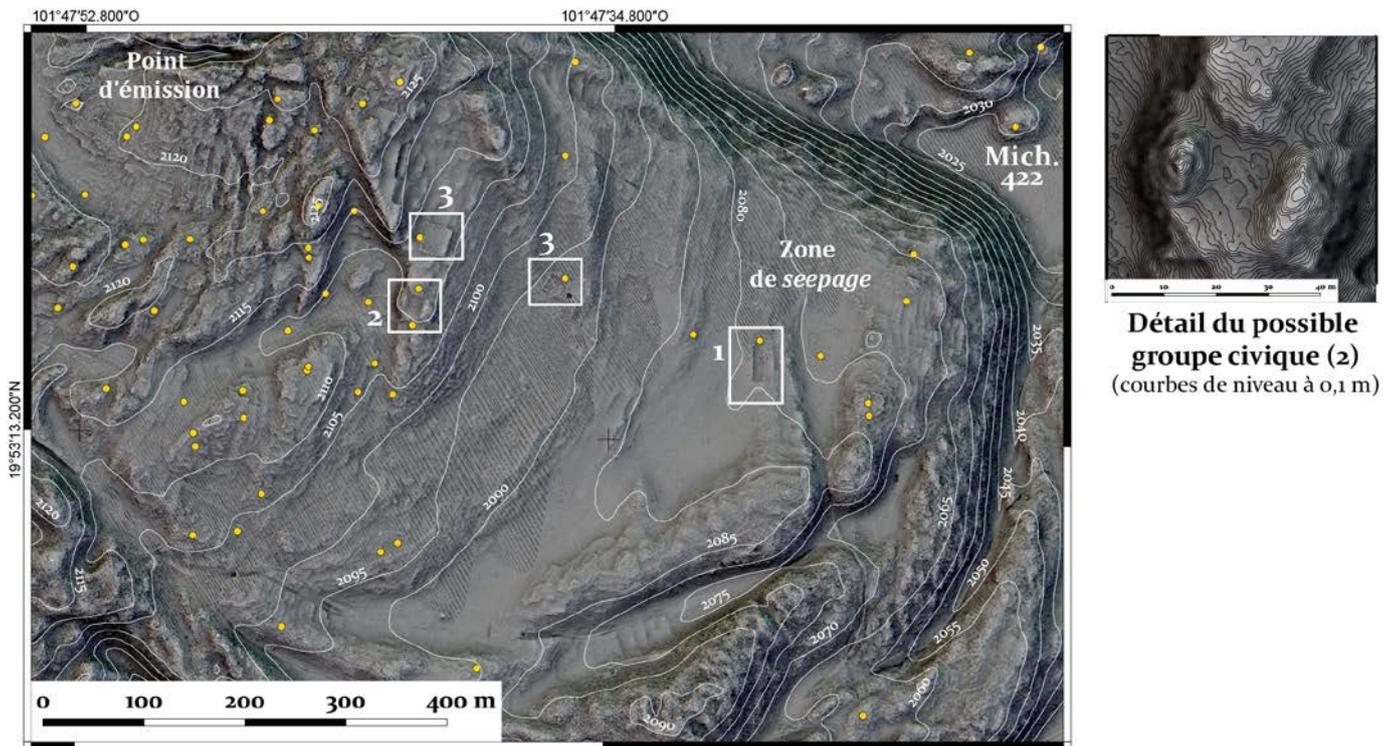


Figure 166 - Secteur Sud-Est de Mich. 68

Finalement, le **secteur Sud-Est** se caractérise par une pente O-E d'abord modérée au bord de l'affleurement du Point d'émission, puis plus douce dans la zone de *seepage* (Figure 166). Il est limité à l'est par la levée de la coulée. La zone couvre une trentaine d'hectares où, comparativement au reste de l'édifice volcanique, les affleurements sont sensiblement moins marqués et les sols (téphriques) plus profonds. Les aménagements se concentrent dans le haut de la pente, caractérisée par un dense réseau de terrasses (de nivellement étroites, voir chapitre 8) N-S. En son sein sont intégrés des bâtiments quadrangulaires cellulaires – possiblement des habitats –, ainsi que des structures à caractère civique. À ce titre, on relèvera tout particulièrement trois éléments. D'abord, la présence d'une place surbaissée de 40x12 m au niveau de la levée orientale (1 sur Figure 166). Il pourrait s'agir d'un terrain de jeu de balle ou d'une forme de *patio hundido*, constituant dans un cas comme dans l'autre un aménagement typique de l'Épiclassique. Notons ensuite un groupe composé de deux monticules N-S se faisant face (respectivement ~17x12 m et ~19x13 m) et encadrant une place rectangulaire de 350 m² (2 sur Figure 166). Celle-ci est bornée au nord par une terrasse surmontée d'une petite structure carrée de 5x5 m. L'ensemble constitue peut-être un espace cérémoniel. Soulignonsra enfin l'existence de deux grands aménagements cellulaires quadrangulaires, intégrés au réseau de terrasse (3 sur Figure 166). Il semble qu'il s'agisse d'espaces ouverts délimités par des murs, formant des sortes d'enclos. Le plus imposant et le plus visible sur l'image LiDAR mesure 30x30 m. Il est muni de deux accès, au nord et au sud,

et flanqué d'un bâtiment cellulaire sur son mur ouest. Une étude de terrain serait nécessaire pour préciser la nature de ces constructions qui ne trouve pas d'analogues ailleurs¹⁹³.

7.1.8.2. Opérations de terrain

Outre les prospections pédestres qui ont permis des ramassages de surface, nous avons entrepris 2 sondages archéologiques sur le site – UT 126 et 127 – et excavé une fosse pédologique – P23 – décrite au chapitre 6.

- UT 126

L'UT 126 s'est attaché à mieux comprendre la structure 68_136 du groupe B. Elle avait d'abord été identifiée comme un bâtiment cellulaire quadrangulaire de 15x10 m. L'opération a révélé que la structure reposait sur une plateforme (131). Après un nettoyage complet, nous avons implanté un sondage de 3x2 m sur son mur sud (Figure 167).

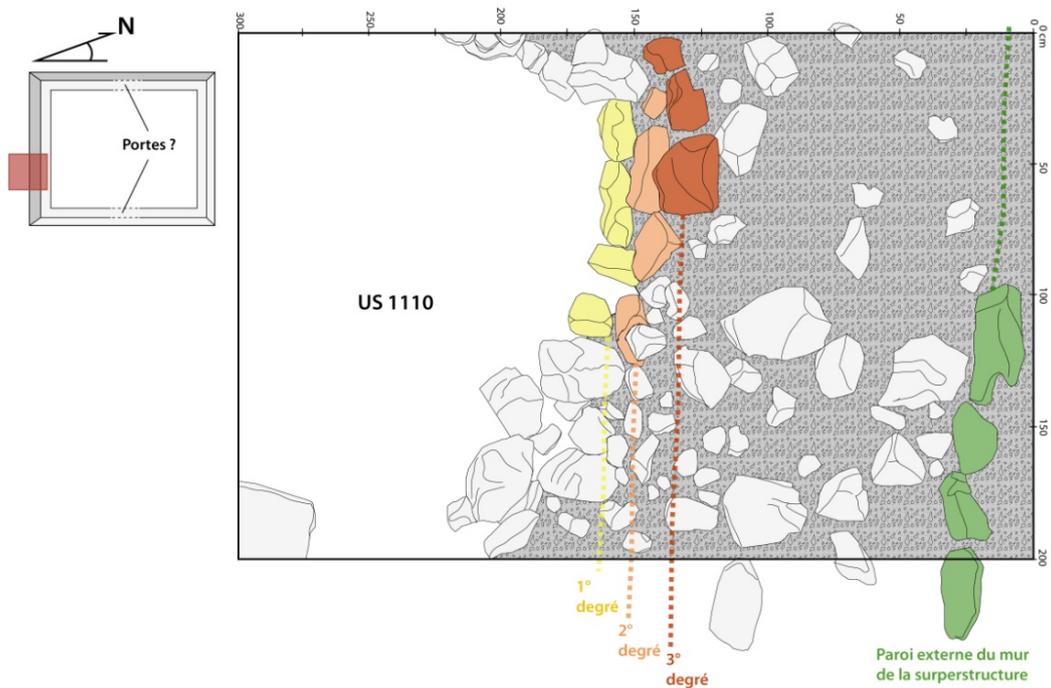


Figure 167 - sondage sur le mur sud de la structure 68_136 (UT 126)

Le sondage a révélé la morphologie de la plateforme. Depuis le sol préhispanique, trois degrés s'échelonnent pour assier la maçonnerie. L'intérieur de la plateforme est comblé par un blocage de moellons (\varnothing 20-30 cm) et de pierraille. La superstructure est ainsi surélevée d'une soixantaine de centimètres par rapport au niveau du sol préhispanique. Son mur est

¹⁹³ L'incertitude est totale. La morphologie rappelle un bâtiment postclassique à deux entrées sondé ailleurs sur le site (UT126). Elle peut cependant aussi faire écho aux systèmes de places identifiés sur le site Épiclassique de Mich. 416 (7.2.5). Néanmoins, la forme la plus proche connue est celle de la place faisant face à l'église coloniale mise au jour sur le site de Mich. 415 (7.4.2).

composé de deux parements qui encadrent un blocage de pierraille. Hors du sondage, à l'intérieur de la superstructure, nous avons identifié un autre alignement de pierres longeant la paroi interne. Nous l'interprétons arbitrairement comme une sorte de banquette. L'ensemble du système constructif est complètement atypique. Toutefois, au regard de la céramique décrite ci-dessous, il se pourrait qu'il soit en réalité représentatif du Postclassique récent (phase Tariácuri) (Figure 168).

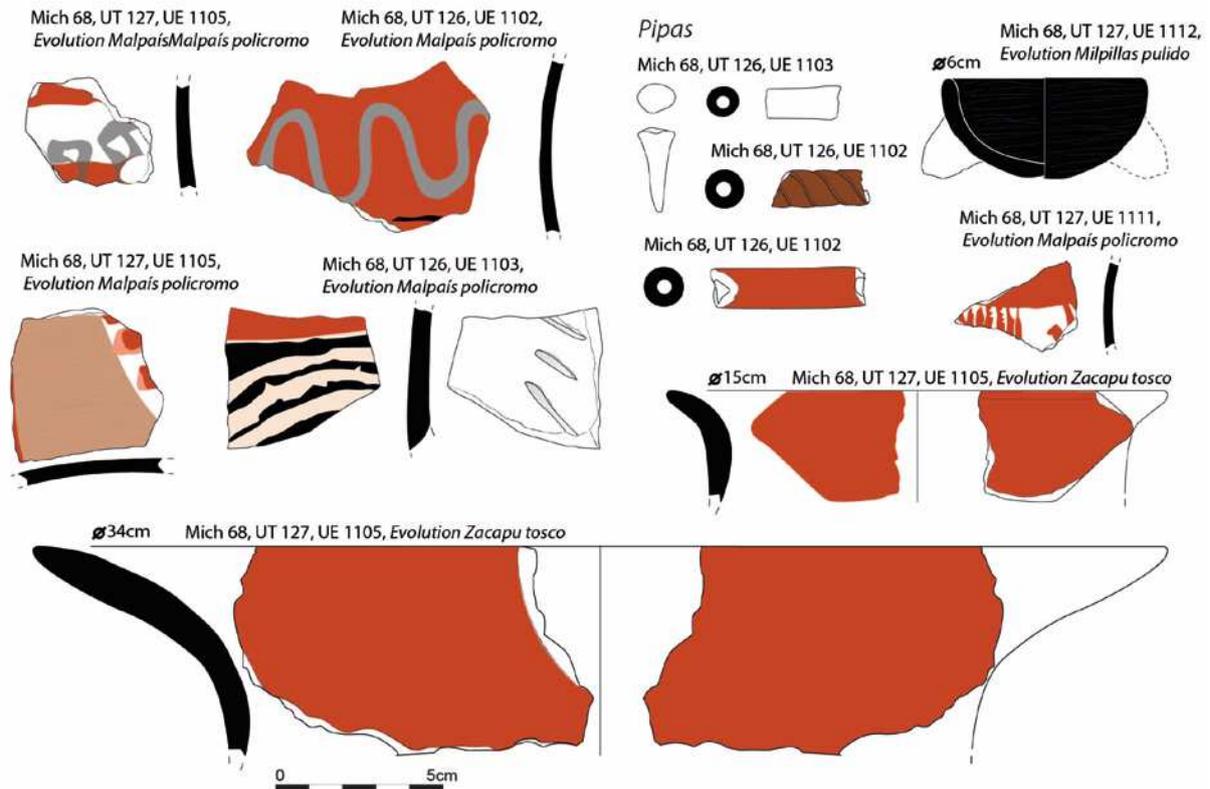


Figure 168 - Exemple de types céramiques de la phase Tariácuri découverts en fouille sur Mich. 68 (dessin : S. Eliès, identifications : E. Jadot).

En effet, à la suite de notre première analyse du matériel céramique excavé (NRt = 138 ; ind.= 88), celui-ci a pu être réexaminé de façon plus précise par la céramologue Elsa Jadot (2016b). Selon son étude, les fragments sont majoritairement diagnostiques du début de la phase Tariácuri (types Évolution *Zacapu tosco*, Évolution *Zacapu bruñido*, Évolution *Zacapu pulido*). La découverte de sept fragments de pipes est aussi une expression caractéristique de cette phase (Porter Noé 1948 ; Pollard 1993 : 217-220). La phase Milpillás est représentée de manière secondaire.

Au regard des dimensions de la structure, mais aussi de sa position au sein du groupe (7.1.8.1, groupe B), et du matériel de prestige rencontré (pipes), nous l'interprétons comme un

bâtiment à caractère civique. Cette idée est renforcée par l'identification de deux accès potentiels (est et ouest), une caractéristique jamais observée ailleurs sur les habitats.

▪ UT 127

Localisée au nord-ouest du groupe C, à l'extrémité orientale du secteur Nord-Ouest, l'UT 127 avait pour objectif premier de caractériser le potentiel agricole d'une terrasse basse au pied d'un affleurement aménagé. Notre hypothèse de travail était en effet que les affleurements constituaient les zones d'habitat et les prairies planes (*joyas*), les espaces cultivés. Une tranchée de 5x1 m a ainsi été implantée à cheval sur la terrasse 68_152. Après le dégagement de l'horizon humique (US 1105), nous avons réduit la fouille à deux sondages – nord (2x1 m) et sud (1x1 m) (Figure 169).

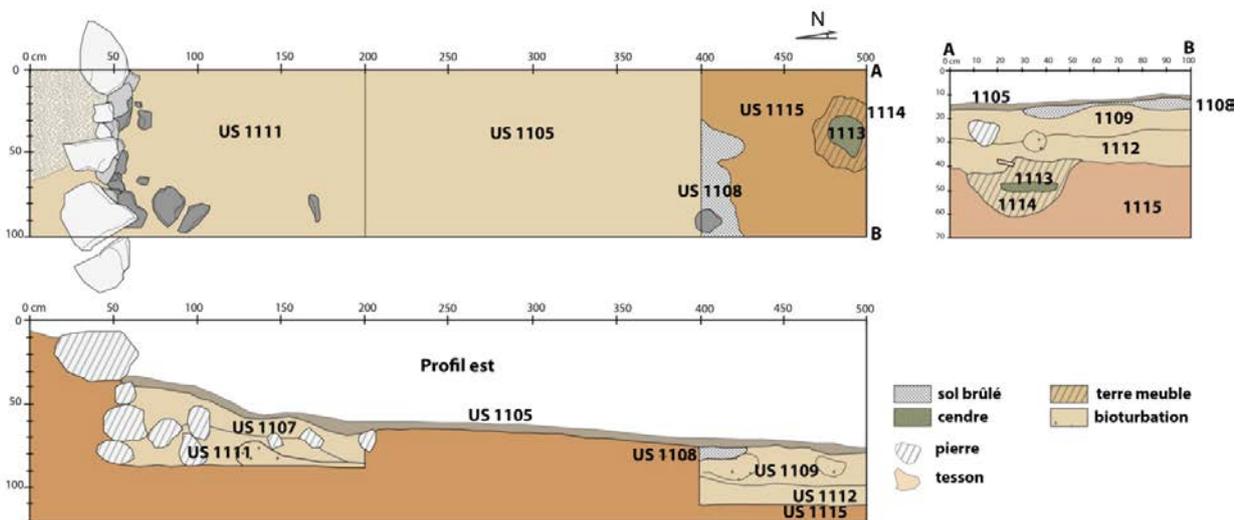


Figure 169 - tranchée de sondage dans une zone plane au pied d'un affleurement (UT 127)

L'excavation a révélé une stratigraphie plus complexe et plus riche en matériel que ce à quoi nous nous attendions pour un espace cultivé (NRt = 522 ; ind. = 391). Une possible structure de combustion a notamment été mise au jour dans le sondage nord (US 1113 et 1114). La richesse en matériel est un argument en faveur de la vocation résidentielle des affleurements. Nous pensons que – notamment après l'abandon du site – la matière entraînée aval par l'érosion depuis les terrasses d'habitat qui accommodent les affleurements, a emporté avec elle les tessons. Ce constat n'exclue en rien la possible vocation agraire des zones planes ou même des terrasses sur les Leptosols, mais elle n'a malheureusement pas pu être attestée par la fouille.

Dans l'ensemble des US, le matériel céramique est majoritairement diagnostique de la phase Milpillás (groupes MILPILLAS, MALPAÍS et ZACAPU). Néanmoins, certains fragments

sont associés à des types plus anciens (notamment 10 tessons du groupe HORNOS). Cette observation suppose une fréquentation de la zone durant des époques antérieures au Postclassique moyen. Enfin, quelques tessons sont associés à des types plus récents (phase Tariácuri).

7.1.8.3. Éléments de datation et interprétation

Outre les fouilles présentées ci-dessus, quelques – trop rares – ramassages de surface réalisés au cours des prospections pédestres (UT 78) ont permis de collecter du matériel diagnostique (NRt = 68 ; ind.= 18), essentiellement dans le secteur Nord-Ouest et l'Épicentre. L'échantillon est caractérisé par la prédominance de types de la phase Milpillas et une faible proportion de tessons plus anciens.

En conséquence du peu de mobilier à disposition, notre interprétation chronologique repose sur une extrapolation des données de fouilles et ramassages, et sur des suppositions formulées à partir de la morphologie des structures et des espaces. En d'autres termes, l'interprétation est fragile. Néanmoins, il nous semble que deux zones temporellement distinctes se dessinent :

- 1) La première rassemble l'Épicentre, le Point d'émission et le secteur Nord-Ouest, où les indices du Postclassique moyen dominant. Outre la proximité avec Mich. 31, l'organisation de l'habitat sur affleurement fait écho à celle du centre urbain de Mich. 95-96 (Michelet *et al.* 1988 ; Puaux 1989 ; Migeon 1991, 2015 ; Michelet 2008 ; Forest 2014). De plus, le matériel et la morphologie des structures et des espaces (groupe A notamment) semblent caractéristiques de la phase Milpillas. Quelques indices de fouille suggèrent toutefois que la contemporanéité avec Mich. 31 n'est pas absolue. La partie nord de Mich. 68 – et notamment l'Épicentre – a été occupée jusqu'au début du Postclassique récent. Néanmoins, la fréquentation de cette zone à l'Épiclassique est attestée par le matériel. Certaines structures (ex. chaussées monumentales) évoquent aussi cette période plus ancienne. Ces indices sont vraisemblablement à mettre en regard avec le reste du site.
- 2) En effet, la deuxième zone comprend les secteurs Sud-Ouest et Sud-Est. Elle semble associée à l'Épiclassique. En témoigne en premier lieu la présence d'au moins un, peut-être de deux, terrains de jeu de balle. L'hypothèse est renforcée par le potentiel groupe cérémoniel identifié dans le secteur Sud-Est, mais aussi et surtout par la morphologie du

réseau de terrasses agricoles du versant oriental. Ce type de terrassements a en effet été mis en exergue sur Mich. 318, mieux daté et exclusivement épiclassique (7.2.1). Par ailleurs, comme évoqué, la formation de la coulée du Prieto a vraisemblablement occulté une vallée. Elle constituait le passage naturel depuis les hautes terres occidentales vers les *lomas* ; soit deux zones de peuplement importantes pendant la phase Lupe. Si on suppose que le Prieto a par la même occasion rompu la continuité de l'occupation entre ces deux zones, il paraît assez logique que les pentes méridionales et orientales du Caracol aient pu être habitées par des populations épiclassiques, en relation avec les sites voisins.

**

À manière de synthèse, nous proposons dans les lignes qui suivent une interprétation de l'évolution culturelle du site de Mich. 68.

Dès le VII^e siècle, les versants sud et est de la coulée du Caracol connaissent l'installation de populations humaines. Mich. 68 est alors un important site d'habitat, qui, au regard du nombre de maisons identifiées, abrite plusieurs centaines d'habitants. Des espaces civiques et/ou cérémoniels se mettent peut-être en place ainsi que des aménagements agraires. À cette période, le site s'inscrit dans la continuité du foyer de peuplement épiclassique des hautes terres occidentales, dont le pôle cultuel est Mich. 416 (7.2.5). De la même manière, pendant la phase Lupe, Mich. 68 a probablement entretenu des liens avec les sites des *lomas*. L'établissement est cependant abandonné au début du Postclassique ancien. À ce titre, l'éruption du Prieto au début du X^e siècle est sans doute un des facteurs du déplacement des populations.

Une nouvelle vague de colonisation est initiée avec l'urbanisation du Malpaís au milieu du XIII^e siècle (phase Milpillas). À cette époque, le versant nord et le sommet de l'édifice volcanique sont occupés, à des fins d'abord résidentielle et agricole. Néanmoins, la contemporanéité entre Mich. 68 et le phénomène urbain n'est pas certaine. Il constitue peut-être un établissement subordonné à Mich. 31 pendant un temps. Il est alors potentiellement occupé par les mêmes groupes humains. Toutefois, les fouilles ont aussi mis au jour une occupation au Postclassique récent. Il est possible que Mich. 68 n'ait été colonisé que dans un

second temps. Certaines zones n'ont peut-être été occupées qu'après l'abandon de Mich. 31. Ce pourrait être une explication au souci de protection que l'on ressent au travers de la position de force du site et de certains de ses aménagements. Par ailleurs, Mich. 68 se dote aussi d'un centre cérémoniel, dont l'importance et l'ostentation témoignent d'une certaine autonomie pour le culte – vis-à-vis de son voisin urbain – et d'une attractivité au minimum à l'échelle microrégionale.

Finalement, alors que Mich. 31 est abandonné dans la première moitié du xv^e siècle, l'occupation perdure sur Mich. 68 pendant la phase Tariácuri. Il reste cependant difficile d'estimer l'ampleur de cette occupation, autant que de savoir si elle est directement liée à l'abandon du centre urbain ou non. Par ailleurs, il est tentant de voir dans la création au pied de la coulée du village de Cuarún (Mich. 415) (7.4.2) au début du xvi^e siècle (Lefevre et Quezada 2016), l'expression concrète de la réduction espagnole de Mich. 68 vers la zone basse du piémont.

7.2. LES HAUTES TERRES OCCIDENTALES

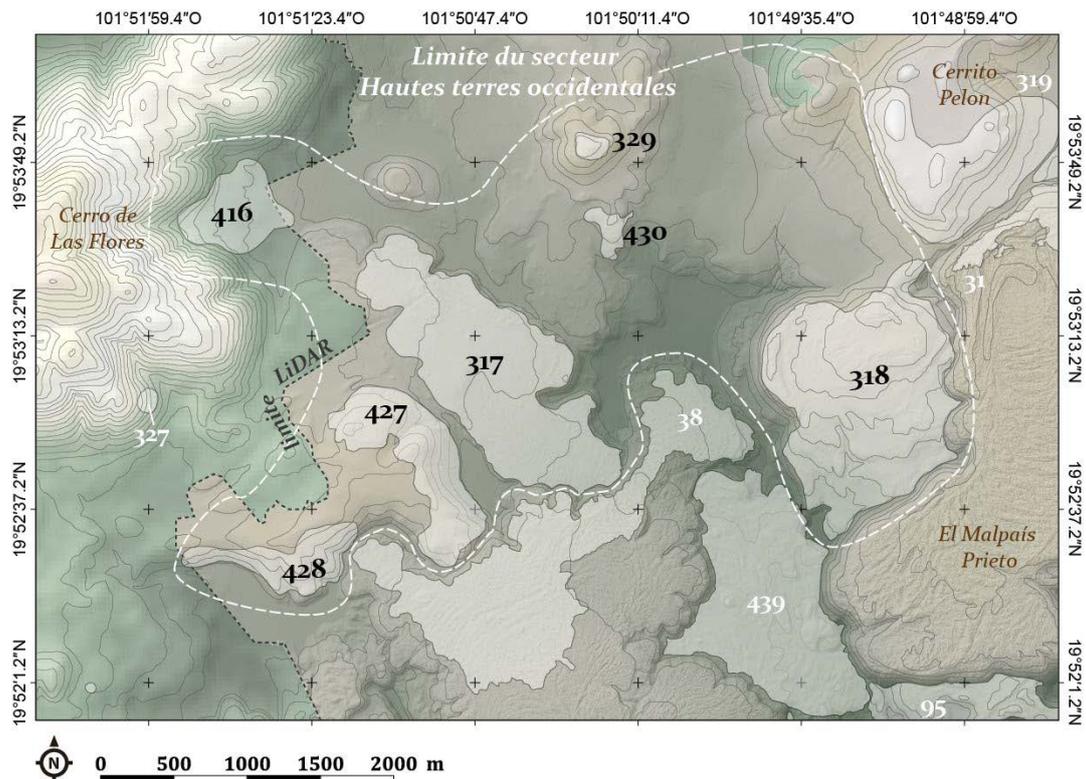


Figure 170 - Localisation du secteur *Hautes terres occidentales*.

Les hautes terres occidentales commencent au-delà du centre urbain de Mich. 31 et s'étendent jusqu'au Dôme de las Flores (Figure 170). Pour plus de commodité dans cette présentation, nous avons choisi de dissocier les hautes terres du centre d'El Infiernillo. Rappelons cependant dès à présent que celui-ci est à plusieurs égards lié à la zone, à l'Épiclassique comme au Postclassique moyen.

Les hautes terres constituent sans doute la zone dont la compréhension a le plus été bouleversée par ces cinq dernières années de recherche. Avant le début de notre étude, seulement deux sites étaient connus, mais mal documentés, Mich. 317 et Mich. 318. Leur révision, puis la découverte de Mich. 416 par Michelet en 2014, rapidement suivie par l'acquisition du LiDAR en 2015, ont apporté une quantité inespérée de données nouvelles et révélé une importante occupation humaine dans cet *ex-no man's land*, notamment à l'Épiclassique.

Notre implication dans ces découvertes est grande, mais elles sont avant tout le fruit du travail de l'équipe du projet Uacúsecha. Par conséquent, une partie des données présentées provient des investigations d'autres membres du projet. Aussi, bien que nous mettons l'accent sur nos propres travaux, nous nous devons de présenter aussi – plus succinctement – le travail de ces chercheurs. La paternité des données est ainsi précisée le cas échéant.

7.2.1. Mich. 318, Las Mesa del Bolsón

Mich. 318, la Mesa del Bolsón, a été enregistré dès les années 1980 sur la coulée éponyme. Migeon rapporte dans sa thèse un établissement très clairsemé sur environ 50 ha, présentant des monticules mal définis, des plateformes avec superstructures, et des réseaux de terrasses (Migeon 1991 : 123). Les maigres ramassages (20 tessons) avaient arbitrairement placé le site à la fin du Postclassique ancien, et l'avaient associé à Mich. 31 et Mich. 38.

Nous avons repris la cartographie GPS du site dès 2012, puis en 2013 et en 2014, année pendant laquelle nous avons réalisé une prospection systématique *via* quatre transects¹⁹⁴. Outre la précision de son étendue potentielle, nous avons aussi, dès cette époque, corrigé son association chronologique. Mich. 318 ne se développe pas au Postclassique, mais à l'Épiclassique. En 2015, le LiDAR a achevé de mettre en lumière l'ampleur du site, qui s'étend sur toute la coulée, soit plus de 150 ha.

7.2.1.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Situation générale*

La coulée de la Mesa del Bolsón date du Pléistocène récent 1 (100 ka - 30 ka BP, Figure 171). Sa morphologie est assez similaire à celle du Caracol, dans la mesure où on y rencontre aussi l'alternance entre zones planes de prairies ouvertes et affleurements rocheux sous forêt de chêne. Ainsi, la couverture pédologique alterne elle aussi, entre Andosols – ou assimilés – et Leptosols. Le *cerro* sert aujourd'hui essentiellement de pâture aux animaux.

Une caractéristique notable du site est sa délimitation, au regard de la localisation et de la morphologie de la coulée. Comme on a pu le voir au chapitre précédent, elle est en effet marquée sur ses versants nord et ouest, par des escarpements abrupts, qui créent un dénivelé de plus de 50 m entre la partie sommitale du *cerro* et ses environs. À l'est, elle est flanquée par la muraille naturelle que constitue la coulée du Prieto. Finalement, seul le flanc sud, aux pentes plus douces, n'est pas naturellement protégé. Il convient toutefois de rappeler qu'avant la formation du Prieto, le versant est devait lui aussi être en pente douce. La délimitation nette au nord et à l'ouest, et les pentes douces au sud et à l'est sont autant d'indices qui indiquent, avant même de décrire les vestiges archéologiques, l'ouverture préférentielle du site sur le sud-est et, par extension, sur la zone des *lomas*.

¹⁹⁴ Un transect de 900x100 m E-O et trois de 500x50 m N-S.

- *État de conservation*

Les vestiges sur Mich. 318 ne sont pas tant mal conservés que difficiles à interpréter. Des destructions sont perceptibles, notamment le pillage des pyramides ou les éboulements dus aux passages des bêtes. Nous n'excluons pas la possibilité d'altérations d'origine humaine plus anciennes, car ce site épiclassique se situe à proximité du centre urbain de Mich. 38. Toutefois, de nombreuses structures sont encore parfaitement conservées.

- *Organisation*

Au regard de l'abondance des vestiges – notamment les terrasses – la cartographie du site est loin d'être exhaustive. Seuls ont été cartographiés à ce jour des espaces ponctuels. Ils sont indiqués sur la Figure 171 et nous les décrivons ci-après. Les autres parties du site ne seront qu'évoquées.

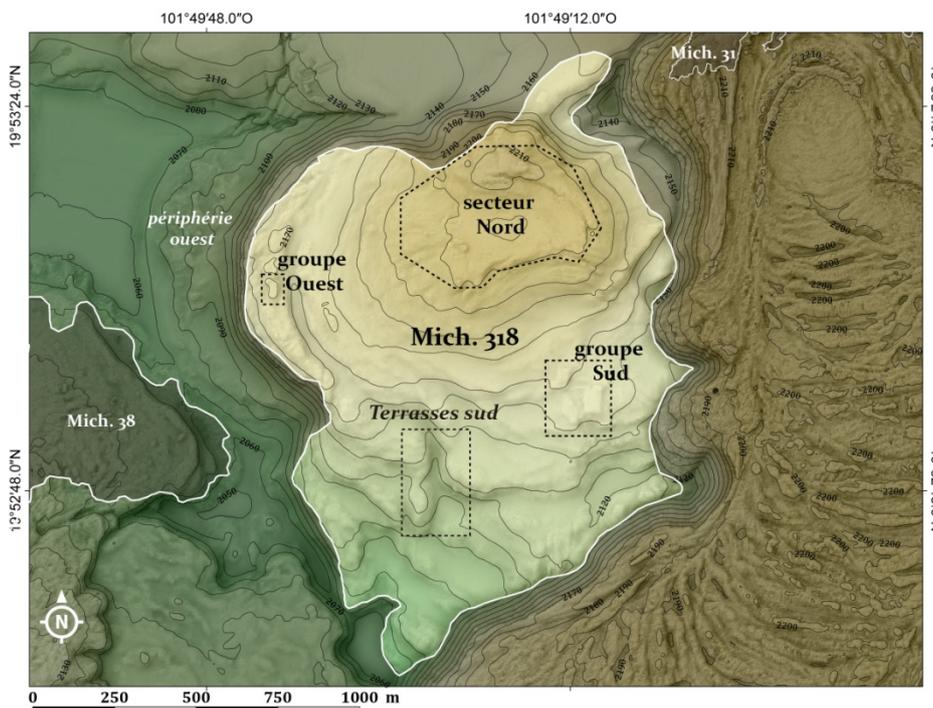


Figure 171 - Emprise du site de Mich. 318 et principaux groupes étudiés

L'établissement semble s'organiser autour de deux pôles principaux, le **secteur Nord** – dont la partie occidentale constitue le noyau civico-cérémoniel du site – et le **groupe Sud**. Le **groupe Ouest** constitue quant à lui un troisième pôle potentiel. Nous commençons par décrire le secteur Nord, que nous connaissons mieux. Puis nous présentons le reste du site et les pôles secondaires Sud et Ouest, qui ont fait l'objet d'étude précise par d'autres membres du projet Uacúsecha.

1) La partie sommitale de Mich. 318 : secteur Nord

Le premier espace que nous avons prospecté a été le **secteur Nord** (Figure 172). Nous avons établi un découpage fonctionnel de celui-ci en deux zones. La première – **zone résidentielle** –, se développe essentiellement dans la partie orientale et au nord du secteur. La seconde – **zone civico-cérémonielle** – s'étend à l'ouest. Nous considérons la seconde zone comme civique au regard de la présence de deux groupes à caractère cérémoniel, **A** et **C**, et ce qui pourrait être un habitat d'élite, **groupe B**.

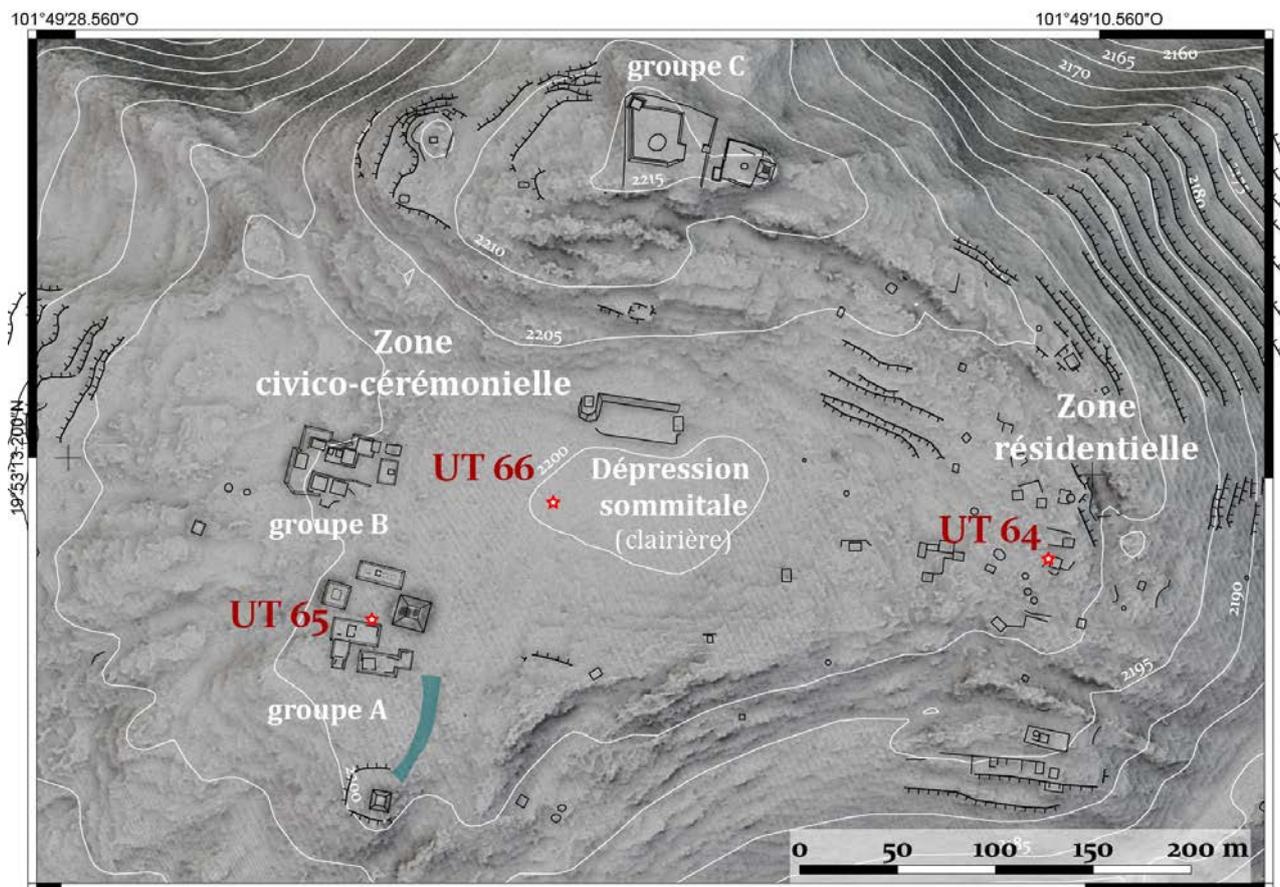


Figure 172 - Plan (partiel) du Secteur Nord de Mich. 318.

La **zone résidentielle** se développe en bordure de l'épaule de la coulée, sur une ride de pression entaillée d'une fissure, qui dessine un arc de cercle depuis l'est vers le nord. L'élévation augmente progressivement, de telle manière que le point le plus haut du site se trouve à l'extrémité septentrionale du corridor formé par la fissure. L'habitat s'étend de part et d'autre de celui-ci, sur les affleurements en partie nivelés qui le flanquent. Il est constitué de maisons quadrangulaires d'environ 4x4 m. Si elles sont majoritairement isolées les unes des autres, avec chacune leur aire d'activité propre de quelques mètres carrés, elles s'organisent parfois autour d'un patio central.

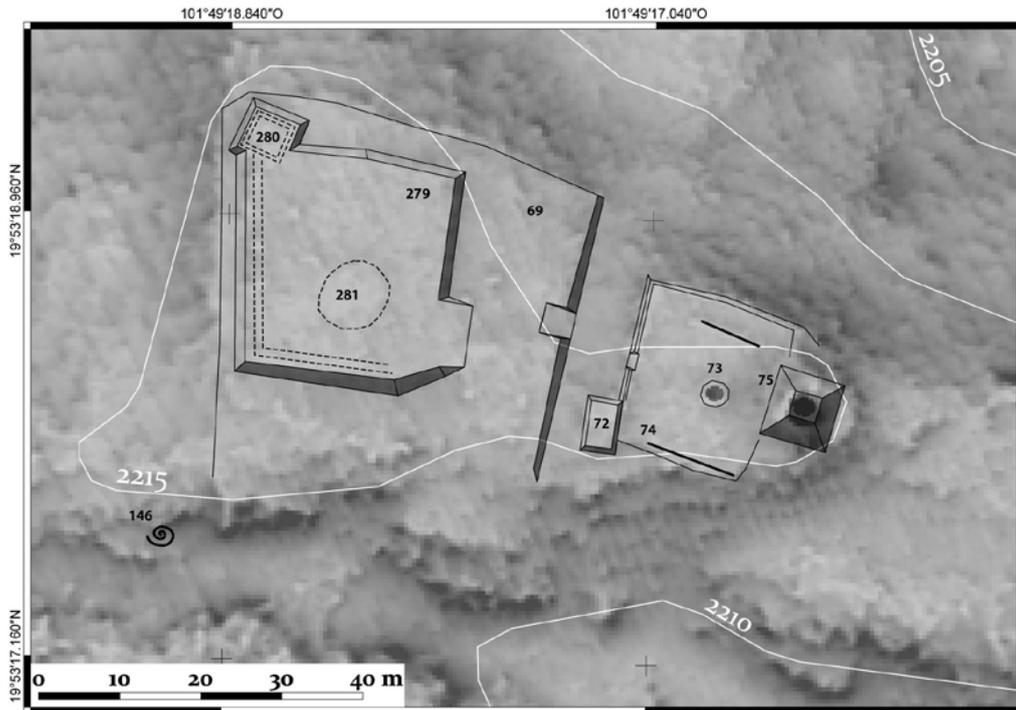


Figure 173 - Plan du groupe C de Mich. 318

À l'extrémité de la ride de pression se trouve le **groupe C** du secteur Nord, ainsi perché au point culminant du *cerro* (Figure 173). Il se caractérise par la présence de deux terre-pleins successifs (69 et 74), chacun légèrement surélevé par rapport à un corridor de 9 m de large qui les sépare. Le terre-plein oriental rectangulaire s'étend sur 550 m², et est partiellement ceint par un mur. À son extrémité est se trouve un soubassement pyramidal de plan carré, de 9x9 m (75). Malgré un pillage en son centre, il garde une hauteur d'environ 1,50 m. Face à lui, une structure mal définie, pillée elle aussi, constitue probablement un autel d'environ 4x4 m (73). Une plateforme de 6,5x5 m (72) se trouve à l'angle sud-ouest et un probable système d'accès aménagé assure le passage d'un espace nivelé à l'autre *via* le corridor. Le terre-plein occidental, grossièrement carré, mesure environ 45 m, et forme une zone plane de plus de 2000 m². Il est surmontée d'une plateforme de 30x30 m (279), accessible par son angle sud-est. À l'opposé existait possiblement une structure quadrangulaire (280), et une autre occupait possiblement le milieu de la plateforme (281). Leur identification n'est pas claire et n'a été mise en lumière qu'à l'aune du LiDAR. Il convient finalement de mentionner l'existence, en contrebas du groupe C à l'ouest, d'un bloc gravé d'une spirale, qu'on interprète communément comme une symbolisation de l'eau (146).

En aval vers l'ouest, quelques terrasses concentriques aménagent la pointe de la ride de coulée, surmontée de petites structures mal définies. Vers le sud, la pente accommodée de terrasses rectilignes probablement résidentielles, débouche sur une clairière plane d'1,5 ha en

contrebas (Figure 172). Elle est délimitée au nord par un système de gradin, flanqué de deux structures quadrangulaires, et au sud par des terrasses à angles droits associées à de l'habitat. Elle semble aussi aménagée à l'est et est bordée à l'ouest par les groupes A et B. Peut-être cette zone plane a-t-elle eu pour vocation de permettre le rassemblement de personnes (voir 7.1.8.2, UT66). La fonction agraire est envisageable aussi mais non démontrée.

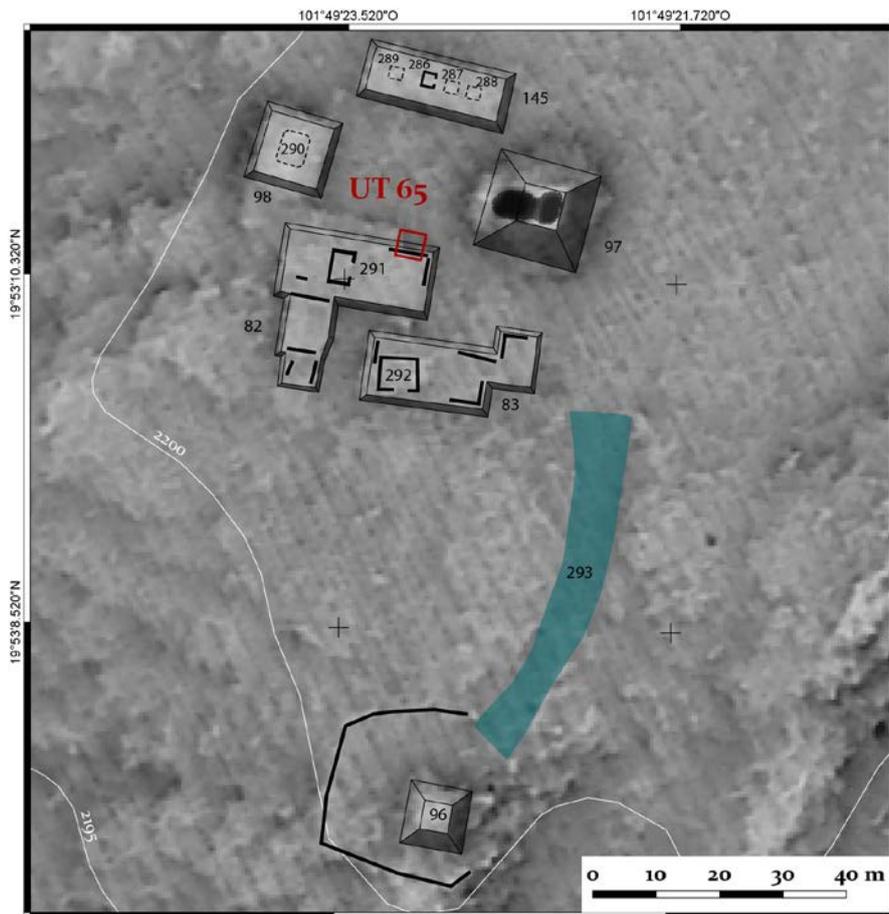


Figure 174 - Plan du groupe A de Mich. 318.

Le **groupe A** est sans doute l'épicentre culturel du site (Figure 174). Il a été sondé (UT 65) et cartographié à la station totale sous la direction de Dominique Michelet (Michelet et Cuenot 2015). Notons d'abord un imposant soubassement pyramidal de plan carré (97). Ses 18 m de côté et sa hauteur conservée de 3 m – malgré un pillage dans son flanc ouest –, en font l'une des constructions les plus monumentales du site. Face à elle s'étend une place de 560 m², entourée de trois plateformes basses (82, 98, 145). S'ajoute, au sud-est, une quatrième plateforme (83). Toutes sont surmontées de vestiges d'édifices, interprétés pour certains comme des habitats. Il convient aussi de mentionner l'association du groupe A avec un monticule isolé (96), à moins de 100 m au sud, mesurant de 10x10 m pour 3 m de hauteur

conservée¹⁹⁵. Il s'inscrit au milieu d'une zone plane de 700 m², ceinte d'un mur périmétral, qui, par sa localisation sur un éperon rocheux à l'épaule, surplombe le versant sud de la coulée. Le lien entre les deux espaces est clairement marqué par une voie aménagée (293).



Figure 175 - Plan du groupe B de Mich. 318.

Au sein de ce secteur civique Nord, nous identifions finalement le **groupe B** (Figure 175). Situé à 50 m au nord du groupe A, il se compose d'un ensemble de plateformes basses qui nivellent le terrain et encadrent un patio central. Les plateformes comptent 10 superstructures cellulaires quadrangulaires, dont les surfaces au sol sont comprises entre 7 et 53 m². L'ensemble reproduit en plus monumental l'organisation spatiale de structures résidentielles autour d'un *patio* central. Nous pensons qu'il pourrait s'agir d'un habitat d'élite présentant des annexes domestiques plus modestes en plus des résidences.

2) Le reste du cerro : terrassements, groupe Sud et groupe Ouest

Toutes les pentes du *cerro* en aval du secteur Nord sont intensément terrassées. On rencontre toutefois trois types de terrasses différents. Ils sont décrits en détail et les hypothèses concernant leur usage sont données dans le chapitre suivant. Les plus répandues sont des terrasses étroites organisées en denses réseaux de longs talus parallèles. Le second type se développe exclusivement sur le versant nord-est. Il se différencie par un espacement entre les talus notablement plus grands et le nivellement clair en amont du mur. Les terrasses

¹⁹⁵ Sur l'image LiDAR, le monticule apparaît comme un dôme de plan carré. Cette morphologie se retrouve ailleurs sur le site

transversales de ravin constituent le troisième et dernier type (Figure 176). Elles sont essentiellement construites sur le versant sud, dans les principales zones d'écoulement.

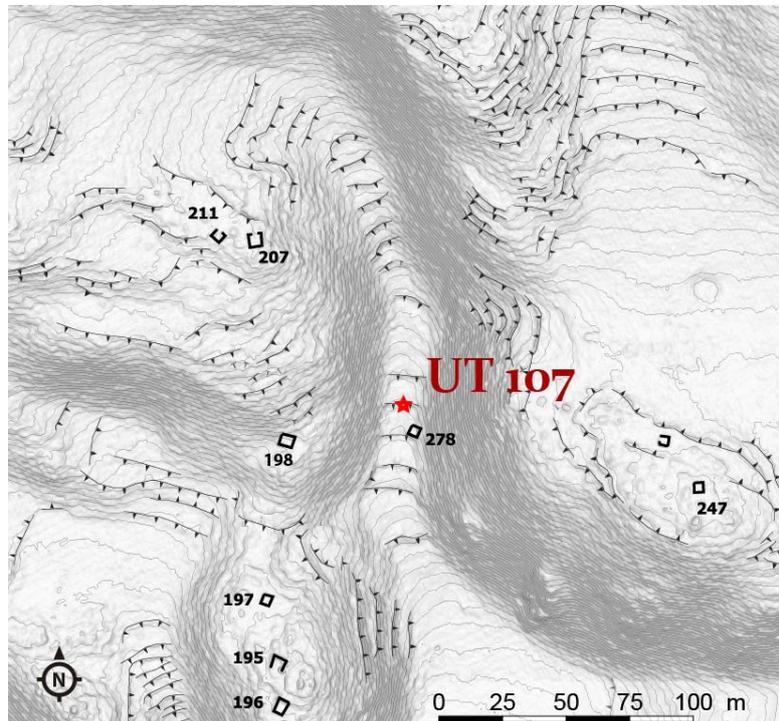


Figure 176 - Réseau de terrasses transversales de ravin sur Mich. 318

Au sein de ces terrassements sont intégrés de manière ponctuelle des bâtiments cellulaires carrés (\varnothing 4 m en général), interprétés comme des habitats. Ils sont le plus souvent localisés sur des affleurements. À l'instar de ce qui a été observé pour la zone résidentielle du secteur Nord, les maisons sont généralement individualisées, bien qu'elles puissent être organisées autour d'un patio. Pour autant, les habitats réellement isolés sont rares et la norme est plutôt au regroupement. On relève par ailleurs une forme d'organisation spécifique, où plusieurs maisons se partagent un même espace nivelé. Un décompte des structures d'habitat à l'aune des données LiDAR nous a permis d'estimer leur nombre à plus de 255 ; soit une population potentielle comprise entre 1270 et 1530 habitants¹⁹⁶.

Les **groupes Sud** et **Ouest** ont été décrits en détail dans Pereira *et al.* (2016 : 58-66 et 75-81). Le groupe Sud est construit sur un replat dominant une zone d'affleurement dans le versant sud de la coulée (figure 177 et 7.2.1.2). Il se compose de terre-pleins surmontés de structures d'habitat. En son centre se trouve un terrain de jeu de balle. Notons aussi la présence d'un monticule inscrit au sein d'une place rectangulaire de 250 m², ceinte par un mur en appareil cyclopéen.

¹⁹⁶ estimation de 5 à 6 personnes par unité d'habitat (d'après Kolb *et al.* 1985).

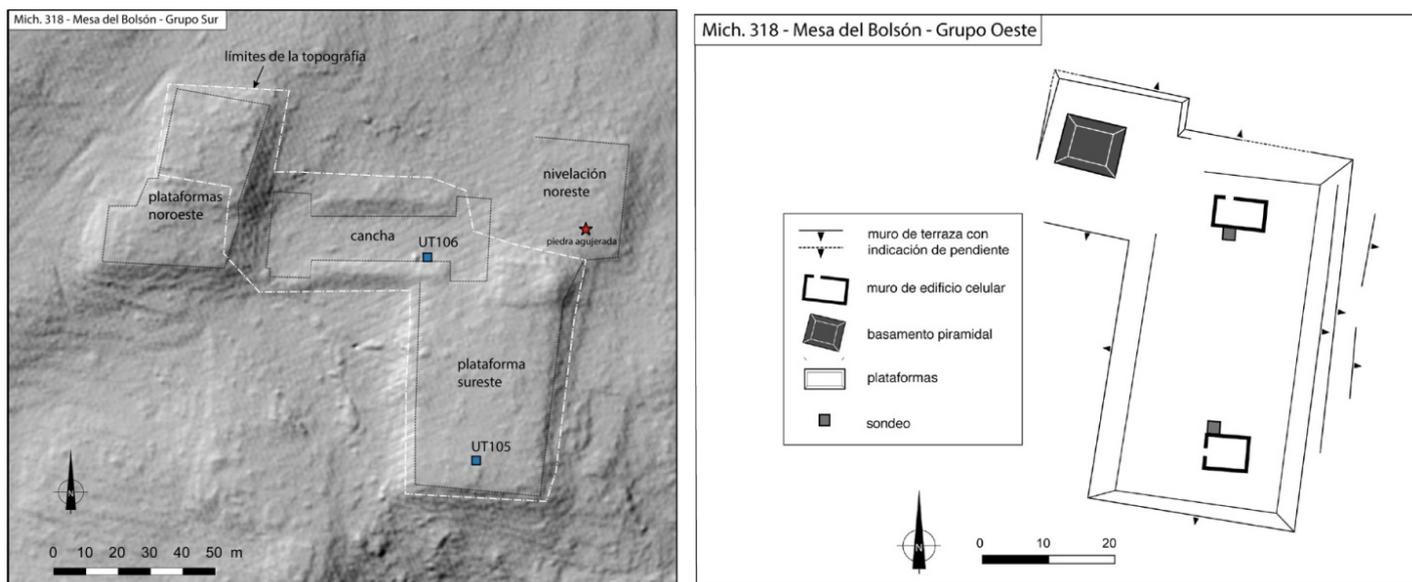


figure 177 - Groupe Sud (gauche) et Ouest (droite) de Mich. 318
(plans issus de Pereira *et al.* 2016, fig. 48 : 56 et fig. 66 : 76)

Le groupe Ouest se situe en bordure d'une rupture de pente sur le versant occidental du *cerro*, en aval d'un grand corridor N-S formé par deux rides de pressions (7.2.1.2). Il est composé d'une plateforme rectangulaire N-S de 1500 m², qui aménage la ride ouest. Un appendice quadrangulaire de 400 m² surmonté par un soubassement pyramidal se trouve à l'angle nord-ouest de la plateforme. Le reste est occupé par deux édifices cellulaires.

Aux terrasses et groupes Sud et Ouest, il convient d'ajouter – faute d'une description exhaustive du reste du site – au moins trois zones dignes d'intérêt :

1) Notons d'abord deux *patios hundidos* de plan rectangulaire, édifiés dans des replats du versant oriental de la coulée (1 et 2 sur Figure 178). Le plus amont mesure environ 26x8 m et est orienté E-O. Celui aval fait environ 23x12 m et est orienté N-S. Il a par ailleurs la particularité de présenter un mur transversal qui sépare le premier tiers nord du reste du *patio*. C'est une morphologie que l'on retrouve sur d'autres sites et qui semble constituer une caractéristique de l'Épiclassique (notamment sur Mich. 317, 7.2.2, et dans la partie orientale de Mich. 95).

2) Relevons ensuite deux plateformes de 750 et 1500 m² environ – quasiment invisibles sur le terrain – au nord de l'établissement (3 et 4 sur Figure 178). Elles se trouvent dans la zone basse qui fait la transition entre le piémont de la Mesa del Bolsón et celui du Cerrito Pelón, à l'épaule de ce qui constitue la continuation de la faille de Villa Jiménez au-delà du

Prieto. Nous pensons qu'elles sont à mettre en relation avec les éléments mis au jour par le LRM dans cette zone (7.1.7.1 : 381).

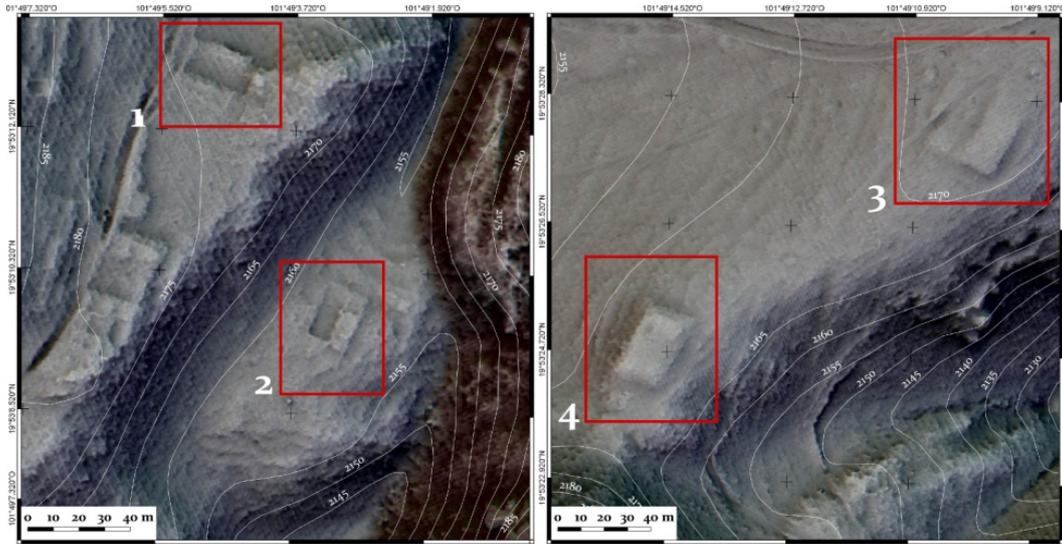


Figure 178 - Patios hundidos est et plateformes monumentales nord sur Mich. 318.

3) Notons finalement, à l'extrémité sud-ouest de la coulée, des terrasses surmontées de bâtiments cellulaires plus grands et aux contours mieux définis sur l'image LiDAR que dans le reste du site. Leur forme correspond à celle des maisons des centres urbains postclassiques. La proximité directe avec le centre de Mich. 38, ainsi que la séparation de la zone du reste de Mich. 318 par un escarpement important, nous invite à penser qu'il s'agit d'une colonisation du bas versant de la Mesa del Bolsón par les habitants de cette cité.



Figure 179 - Zone présentant une organisation typique de la phase Milpillas au sud-ouest de Mich. 318.

7.2.1.2. Opérations de terrain

Nous ne présentons ci-après que les opérations que nous avons personnellement dirigées. Nous renvoyons le lecteur aux rapports de fouilles pour obtenir une description précise des opérations de terrain réalisées sur Mich. 318 par d'autres membres du projet Uacúsecha (Pereira *et al.* 2015 : 69-82 et 2016 : 54-81). En voici la liste :

- UT 65 : cartographie et sondage du groupe A du secteur Nord (Michelet et Cuenot 2015)
- UT 105 et 106 : cartographie et sondages dans le groupe Sud (Quezada *et al.* 2016 ; Barrientos et Goudiaby 2016)
- UT 110 et 111 : cartographie et sondages dans le groupe Ouest (Michelet et Quezada 2016)
- UT 108, 109 et 112 : sondages au pied de la coulée du Prieto (Pereira et Goudiaby 2016)

Outre ces opérations et celles décrites ci-dessous, rappelons que Mich. 318 a aussi fait l'objet d'une prospection systématique avant l'acquisition du LiDAR, qui a notamment permis plusieurs ramassages de surface (UT 67).

- UT 64

Cette UT avait pour objectif de sonder une structure d'habitat modeste de 5x5 m, 318_033, située dans le secteur Nord du site (Figure 180). Trois sondages ont été implantés sur ses faces nord, sud et ouest.

Les murs de la structure sont constitués de blocs non-équarris (\varnothing 30-50 cm), comblés d'une pierraille. Nous avons noté une différence de niveau d'environ 60 cm entre l'intérieur et l'extérieur de la maison.

Le sol, argileux, ne dépassait nulle part 40 cm de profondeur avant d'atteindre l'horizon C. Le matériel exhumé (NRt = 128 ; ind.= 49) est associé à des types des phases Lupe et La Joya.

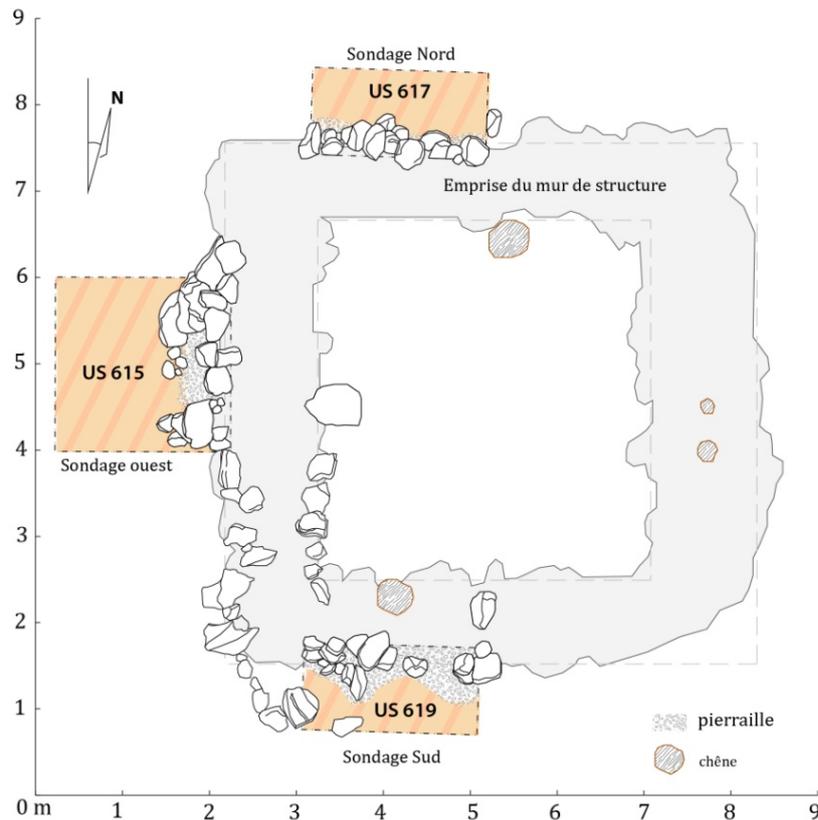


Figure 180 - emplacement des sondages sur la structure 318_033

▪ UT 66

L'UT 66, attachée à identifier la potentialité agricole de la prairie qui s'étend au cœur du secteur Nord, dans la dépression sommitale du *cerro* (Figure 172). Elle est décrite du point de vue pédologique au chapitre précédent (profil P8) (voir Figure 107 : 312). Rappelons que le sondage d'1x1 m a été poursuivi jusqu'à l'horizon C, à 160 cm de profondeur (Figure 181). Du point de vue archéologique, les rares tessons exhumés (NRt = 7 ; ind.= 3) sont associés aux phases Lupe et La Joya. Leur position stratigraphique mérite d'être notée. Le matériel se trouvait entre -15 et -80 cm à partir de la surface. Autour de -70 cm dans le profil ouest, nous avons révélé une strate compactée. Concentrée en une poche ponctuelle de 30 cm de diamètre, elle était deux fois plus riche en sable que les autres horizons du sondage (14% contre environ 7% ailleurs). Au même niveau dans le profil sud, trois blocs d'andésite d'environ 30 cm de diamètre semblaient alignés. Ce niveau correspondait peut-être à un sol préhispanique. Le cas échéant, il résulterait potentiellement de l'érosion des sols téphriques alentour (voir 8.3.4.3) ou d'un ouvrage de nivellement anthropique.

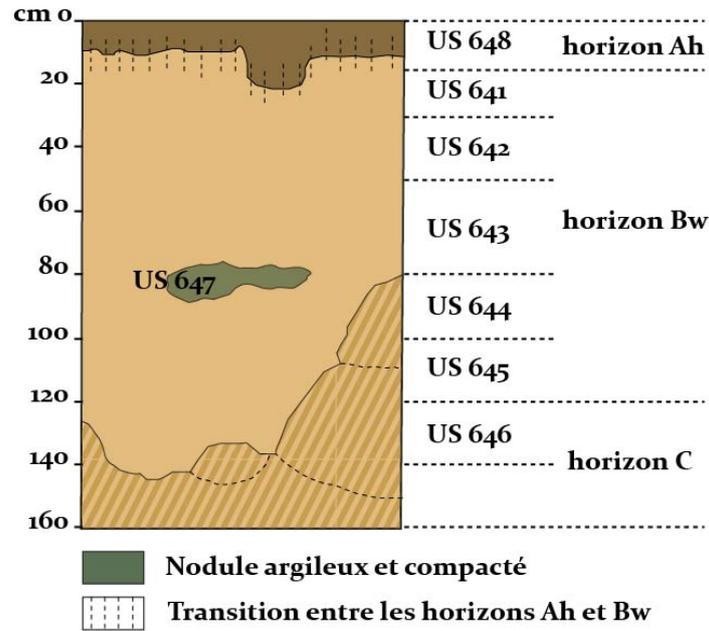


Figure 181 - Profil ouest du sondage de l'UT66.

- UT 107

L'UT 107 s'est intéressée à un réseau de terrasses transversales de ravin situé au sud du site (Figure 176 : 419). Un sondage de 3x1 m a été établi à cheval sur une des terrasses, 318_182. Si très peu de matériel a été exhumé – par ailleurs trop érodé pour dater –, le sondage nous a permis de mettre au jour la morphologie. Le mur de terrasse est construit en gros blocs d'andésite (ø 40-50 cm). Il présente deux parements pour une épaisseur d'une soixantaine de centimètres. La hauteur exhumée était d'environ 60 cm, mais les pierres d'effondrement retrouvées en aval indiquaient que le mur possédait probablement au minimum une assise de plus. Par ailleurs, nous avons rapidement stoppé le sondage pour des questions de temps après avoir fouillé une US stérile. Toutefois, après avoir constaté des taux d'accumulation de matière très importants ailleurs dans la microrégion (Mich. 319 ou 416), nous pensons que l'arrêt de la fouille a été prématuré sur la terrasse 318_182. Il est possible qu'elle ait été plus élevée encore que ce que nous avons mis au jour.

7.2.1.3. Éléments de datation et interprétation

L'interprétation chronologique du site de Mich. 318 est à ce jour relativement aisée, dans la mesure où l'intégralité du matériel céramique exhumé ou découvert en prospection a été associé à des types épiclassiques. De plus, certaines structures mises au jour sont elles aussi caractéristiques de cette période. C'est le cas des soubassements pyramidaux de plan carré, du terrain de jeu de balle ou des *patios hundidos*. Quelques tessons retrouvés en surface sont

potentiellement de la phase Loma Alta (types *Tres Palos* et *Agropecuario*) (Figure 182). Ils soulèvent la question d'une hypothétique fréquentation plus ancienne du site. En ce qui concerne les occupations postérieures aux phases Lupe et La Joya, seule l'extrémité sud-ouest correspond à une colonisation du bas versant au Postclassique moyen par les habitants de Mich. 38. Une fois encore le Postclassique ancien est absent.



Figure 182 - Tessons collectés en surface (UT 67) sur Mich. 318, potentiellement associés aux types *Agropecuario* (1) et *Tres Palos* (2 et 3).

**

À manière de synthèse, Mich. 318 semble avoir été édifié dès le début du VII^e siècle. Peut-être a-t-il connu une première occupation plus ancienne, mais la question reste très incertaine. À l'Épiclassique, Mich. 318 est un site au rayonnement civico-cérémoniel certain vu les aménagements monumentaux dont il a fait l'objet (groupe A et C du secteur Nord, groupe Sud). Cependant, il est aussi et surtout un établissement agricole important. En témoigne l'investissement que représente le terrassement de l'intégralité des versants de la coulée et le nombre de structures d'habitat qui s'inscrivent dans ces espaces cultivés. À l'échelle microrégionale, Mich. 318 est à mettre en relation avec les noyaux cultuels de Mich. 416, à l'ouest, et des *lomas*, à l'est. La coulée du Prieto a par ailleurs probablement occulté une bonne partie du site qui s'inscrivait potentiellement dans la continuité avec le versant sud de Mich. 68 (7.1.8) et Mich. 440 (7.3.4). Sans doute l'éruption du Prieto constitue-t-elle aussi la principale cause de l'abandon du site en début de phase Palacio.

Il semble enfin que l'extrémité sud-ouest de l'établissement soit colonisée au Postclassique moyen. Cette colonisation résulte vraisemblablement de l'expansion de Mich. 38 (7.3.1). Il est néanmoins intéressant de relever qu'aucune trace de la phase Milpillas n'a, à ce jour, été identifiée dans d'autres secteurs de Mich. 318. Ce constat est d'autant plus important qu'il atteste que les nombreuses terrasses mises en place à l'Épiclassique n'ont semble-t-il pas été réutilisées au Postclassique moyen pour nourrir la dense population urbaine.

7.2.2. Mich. 317, El Malpaisillo

Mich. 317, établi sur la coulée éponyme de Malpaísillo, est connu depuis les années 1980. Avaient alors été identifiées plusieurs dizaines de structures, résidentielles ou à la fonction indéterminée, dans un schéma d'organisation perçu comme épars sur environ 20 ha (Migeon 1991). Une fortification potentielle avait été identifiée au nord de la coulée. Le site avait alors été associé à la phase Milpillas sur la base de ramassages de surface, et considéré de fait comme un possible quartier dépendant du centre urbain de Mich. 38.

Nous avons revisité le site de 2014 et y avons réalisé trois transects de prospection systématique¹⁹⁷ et Michelet y a conduit trois sondages (7.2.2.2, Dorison et Michelet 2015). Ces opérations ont dans un premier temps permis de mettre au jour un habitat plus dense que ce qui avait été proposé, mais elles ont surtout soulevé la question d'une occupation à l'Épiclassique. Dans un second temps, le LiDAR a révélé l'intensité des aménagements et des opérations supplémentaires ont été mises en place par d'autres membres du projet (7.2.2.2, Pereira *et al.* 2016).

7.2.2.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

Le site s'étend au sommet de la coulée du Pléistocène récent 1 de Malpaísillo (100 ka - 30 ka BP). Comme on l'a vu au chapitre précédent, cette coulée a la particularité d'être relativement plane et uniforme à l'intérieur de la limite des levées. L'établissement est ainsi naturellement protégé de presque tous côtés par un dénivelé variant entre 20 et 30 m. Seul le sud-ouest de la coulée, au pied d'un flux plus ancien, est plus facile d'accès. Les Leptosols sont omniprésents, mais l'ancienneté de la coulée a permis le développement de sols sur dépôts de cendre volcanique. Dans ce contexte, c'est une fois de plus la forêt de chêne qui domine. Actuellement, le site n'est visité que ponctuellement par les locaux pour la coupe de bois.

▪ *État de conservation*

Des pillages très importants ont été notés, probablement associés aux visites occasionnelles des bûcherons. Toutefois, la conservation est globalement bonne. Le faible potentiel agricole

¹⁹⁷ Un transect de 1300x100 m E-O et deux de 600x100 m N-S.

du site au regard des techniques coloniales et contemporaines, a dissuadé les agriculteurs et ainsi limité les pillages.

- *Organisation*

À ce jour, seule la frange nord du site a fait l'objet de plusieurs campagnes de terrain, et plus particulièrement le secteur Centre-nord (Figure 183). Différents groupes y ont ainsi été définis. Parallèlement, une vérification du LiDAR a été conduite dans le secteur Sud-Est. Nous n'avons personnellement pu participer qu'à la première phase de prospection systématique. Aussi, en dehors de la description sommaire du site que nous présentons ici, nous invitons le lecteur à consulter les rapports de fouilles (Pereira *et al.* 2015 et 2016).

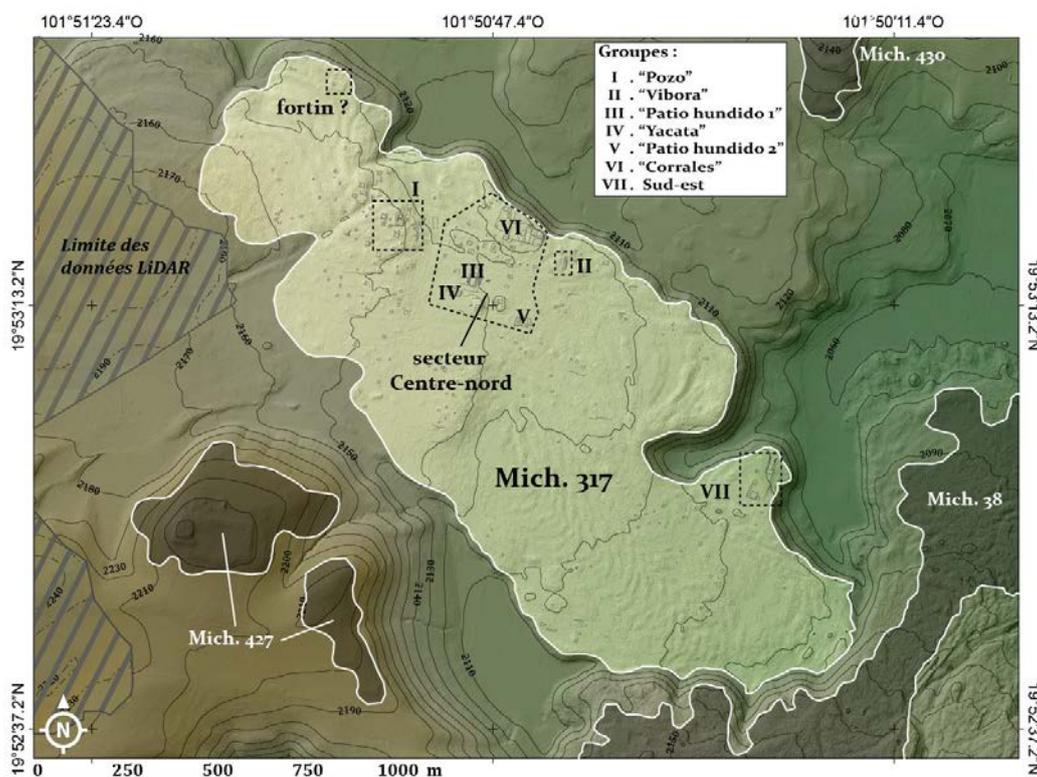


Figure 183 - Secteurs et groupes sur Mich. 317.

1) *Monumentalité sur Mich. 317, le secteur Centre-nord et le groupe Sud-est*

Le secteur Centre-Nord semble constituer le cœur de l'établissement de Mich. 317, dans la mesure où c'est là que se trouve la plus grande concentration d'aménagements à caractère civique. Le **groupe** « **Pozo** » est un espace d'une grande importance culturelle de par sa monumentalité et sa position ostentatoire (2152 m) (Figure 184). Il se compose d'une plateforme basse d'environ 1800 m² (115), formant une place sur laquelle reposent plusieurs structures à caractère civico-cérémonielle. Dans l'angle nord-ouest se trouve une plateforme

de 16x16 m (109), aménagée d'un escalier oriental qui donne accès à un grand bâtiment cellulaire carré de 11x11 m (110), interprété comme une « grande maison ». Au sud de celle-ci se trouve un petit soubassement pyramidal rectangulaire de 11x7 m et d'orientation N-S (108). Face à ces aménagements, une structure carrée (4,5x4,5 m) (111), interprétée comme un autel, occupe le centre de la place. Une autre structure similaire borde la place au sud (107). Cependant, l'élément le plus imposant est un gigantesque monticule de pierres d'environ 40 m de diamètre qui limite la place à l'est (112). Il correspond probablement une pyramide sauvagement pillée. Pourtant, le bord ouest semble aménagé, bien qu'il nous soit impossible de nous prononcer quant à l'époque de la mise en place de cet aménagement. Notons par ailleurs, au sud de la plateforme, la présence d'une plateforme surmontée de vestiges de superstructures et accessible par un escalier de belle facture, placé dans son angle nord-est (105). Finalement, on relèvera la proximité de nombreux bâtiments cellulaires carrés de grandes dimensions (plus de 5 m de côté), fréquemment juchés sur des plateformes individuelles rectangulaires. Ce type d'architecture semble associé à la phase Milpillas.

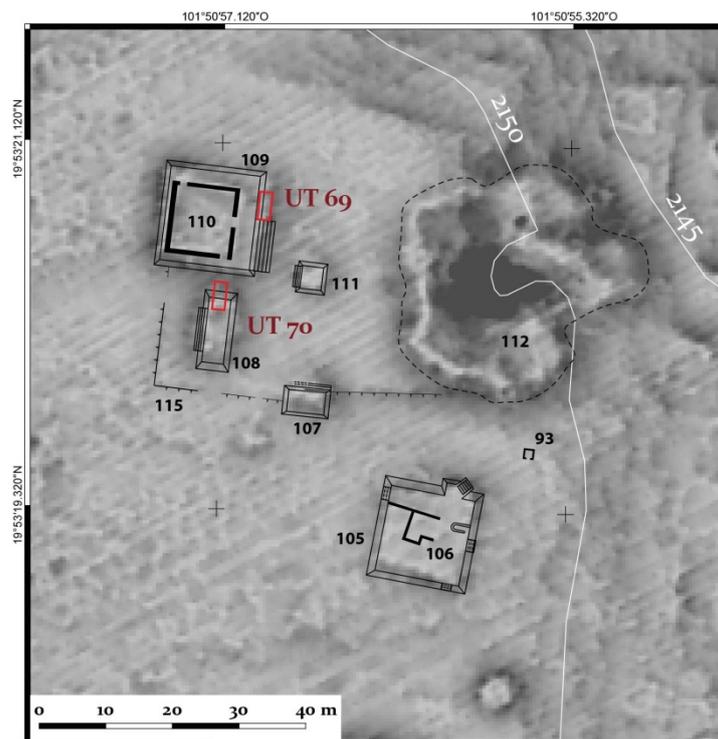


Figure 184 - Plan du groupe «Pozo» de Mich. 317.

Le **secteur Centre-nord** est décrit en détail dans le rapport de la campagne 2016 (Pereira *et al.* 2016) (Figure 185). En son milieu se trouve le groupe du grand « *Patio hundido 1* » (50x14 m) (89), dont le tiers nord est séparé par un mur. Il est entouré de structures cellulaires quadrangulaires et d'aménagements de pièces.

Directement au sud se développe le **groupe « Yácata »**, constitué comme son nom l'indique d'un soubassement pyramidal N-S de plan carré (19x12 m). Il flanque une place d'environ 400 m², dotée d'un possible autel central. Elle est bordée de petites plateformes et d'une probable « grande maison » faisant face à la pyramide. À une cinquantaine de mètres à l'est, se trouve un relief accommodé par des terrasses concentriques. Le sommet nivelé sur 600 m² est accessible par des escaliers-rampes de plus de 10 m et est couronné par un bâtiment cellulaire carré de 9x9 m, ainsi perché à plus de 3 m au-dessus de ses environs directs. Le relief entier semble reproduire, à grand renfort de monumentalité et d'ostentation, le schéma « maison sur plateforme individuelle ». S'il ne s'agit pas d'un espace civique, il se pourrait que l'on ait affaire à un habitat de grand prestige.

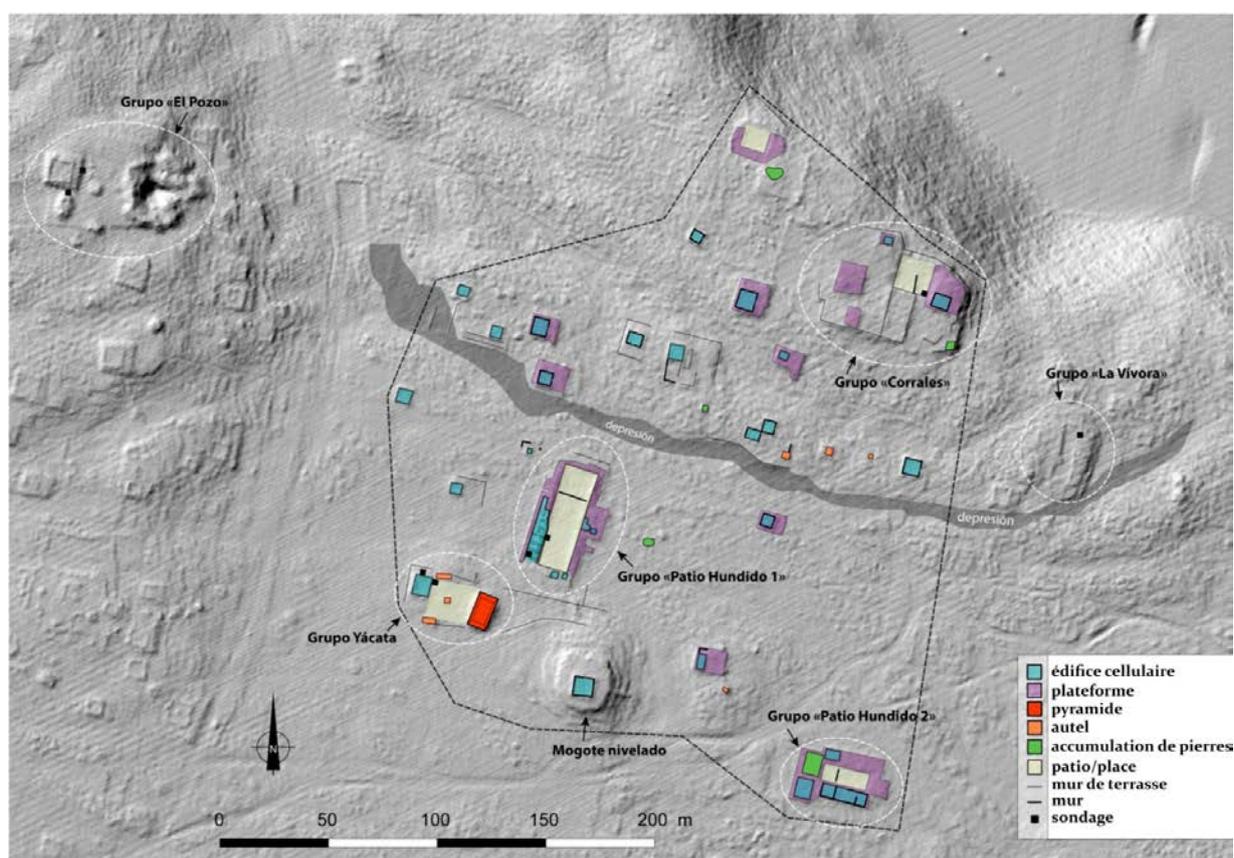


Figure 185 - Secteur Centre-Nord de Mich. 317
(issu de Pereira *et al.* 2016, fig. 71 : 84).

Le **groupe « Patio hundido 2 »** se trouve un peu plus à l'est et comprend un aménagement très similaire à son homologue.

À 150 m au nord du *patio hundido 1*, se trouve le **groupe « Corrales »** (Figure 186). Il s'agit sans doute d'un des espaces les plus complexes du site, car visiblement réoccupé plusieurs fois jusqu'à des époques récentes. Il est notablement positionné à la limite de la

rupture de pente nord de la coulée volcanique. Plusieurs terre-pleins supportent des plateformes, des *patios*, des places délimitées par des murs et quelques structures cellulaires en un ensemble d'environ 3300 m². La fouille conduite par Pereira a révélé des architectures du Postclassique moyen recouvrant des formes typiques de l'Épiclassique. Le groupe « Corrales » constitue sans doute ce que Migeon avait identifié comme un point de vue ou une possible fortification dans les années 1980 (Migeon 1991).

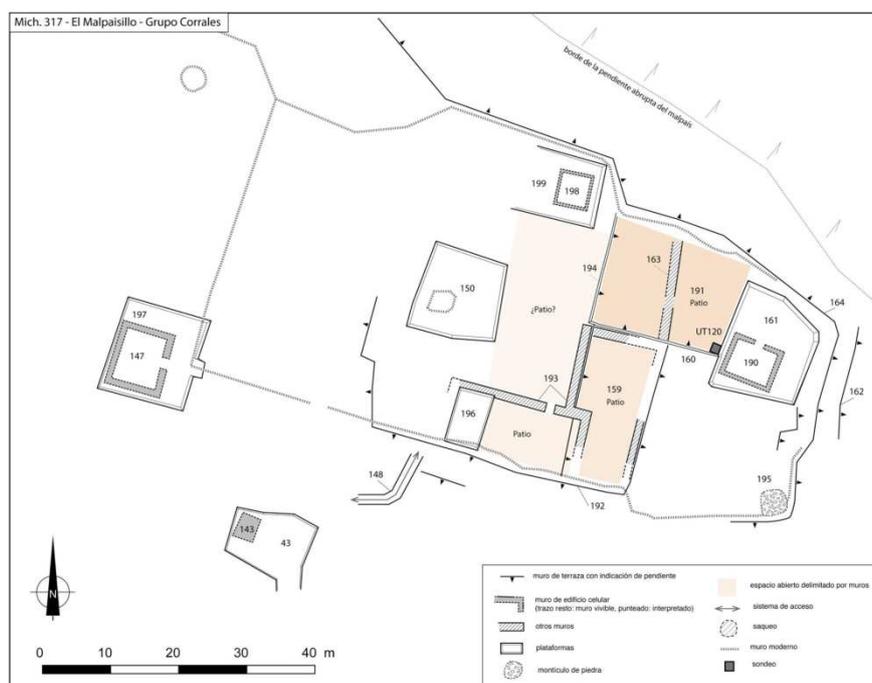


Figure 186 - Plan du groupe « Corrales » de Mich. 317 (issu de Pereira *et al.* 2016, fig.73 : 87).

Le dernier groupe monumental étudié, le bien nommé **groupe Sud-est**, est situé au sud-est de la coulée, face au centre urbain de Mich. 38. Sa caractéristique principale est la présence d'un grand terrain de jeu de balle en « I » mesurant 32x8,5 m d'orientation N-S, dotée de deux aires terminales.

Notons finalement un aménagement colossal de 50x50 m au nord-ouest du site, fiché, tel un poste de guet, en bordure de la rupture de pente nord (Figure 187). Formé par ce qui semble être une plateforme surmontée de murs épais (6 m), l'ensemble évoque un véritable fortin. Une vérification de terrain est indispensable pour en préciser la nature.



Figure 187 - Potentiel fortin au nord-ouest de Mich. 317.

2) Un site résidentiel aux caractéristiques agraires discrètes

Le reste de Mich. 317 est intensément résidentiel. Notre décompte des structures d'habitats potentielles s'élève à 280. En d'autres termes, la population hypothétique – indépendamment de la contrainte temporelle – est comprise entre 1400 et 1680 habitants¹⁹⁸. Notre étude s'est limitée à ce décompte et à des observations sur LiDAR. Aussi manque-t-elle encore de robustesse, et de nombreuses vérifications de terrain seraient nécessaires pour proposer une présentation fidèle de la richesse du site sur cet aspect. Nous nous contenterons de noter trois types d'organisation spatiale de l'habitat qui, à ce jour, semblent ressortir :

- 1) Les bâtiments cellulaires quadrangulaires ($\varnothing \simeq 4-5$ m et souvent plus) surmontant des plateformes individuelles constituent un type que l'on retrouve sur la *quasi* totalité de la coulée volcanique. Comme on l'a évoqué, ils sont peut-être des habitats de la phase Milpillas.
- 2) Certaines pentes douces sont terrassées sur plusieurs dizaines de mètres selon un plan presque orthonormé, pour accueillir des habitats quadrangulaires alignés le long d'un axe (Figure 188). Plusieurs changements de niveau naturels de la coulée – généralement orientés N-S – sont aménagés de la sorte. Si on y observe des maisons de grandes dimensions ($\varnothing > 5$ m), il semble que ce type d'organisation soit réservé à des maisons plus modestes ($\varnothing \simeq 4-5$ m et moins). Le **groupe « Vibora »** en est un exemple épiclassique (7.2.2.2, UT 68).

¹⁹⁸ D'après l'estimation sur la base de données ethnohistoriques proposée par Kolb *et al.* (1985).

- 3) L'organisation de l'habitat autour de *patio* est le dernier type qui ressort clairement. Les groupes *Patio hundido 1* et *2* en sont des exemples impressionnants. Toutefois, des cas moins ostentatoires ont pu être notés ailleurs sur le site ; par ailleurs très similaires à ceux observés sur Mich. 318.



Figure 188 - Exemple d'organisation de l'habitat au sein de réseaux de terrasse orthonormé au sud du groupe « Pozo ».

En dehors du caractère résidentiel de Mich. 317, le LiDAR a aussi mis au jour des espaces agraires localisés pour la plupart dans la partie sud de la coulée. Il n'est pas anodin de relever qu'ils se situent dans une zone plane, en aval de la coulée plus ancienne de las Minas. Ils reçoivent, de fait, les matières érodées du versant septentrional de celle-ci. On peut y observer des terrassements linéaires *quasi* rectilignes qui rappellent ceux de Mich. 318, bien que les talus soient notablement plus espacés – probablement pour s'adapter à la faible pente (voir chapitre 8). On relève aussi des terrasses transversales de ravin au contact avec la Mesa.

Finalement, nous noterons la présence d'aménagements de la surface même de la coulée au sud-est du site, sur au moins 6 ha. Ils sont formés d'espaces agglutinés de quelques mètres à plusieurs dizaines de mètres carrés, délimités par des murs, en un enchevêtrement quasiment organique. Le tout semble former une sorte de parcellaire. La zone est indéniablement liée à Mich. 38 par des systèmes de voirie. De plus, des aménagements semblables ont été notés dans la partie ouest du centre urbain. Nous le mentionnons ici, car, bien qu'aucune fouille n'ait à ce jour été réalisée, nous émettons l'hypothèse qu'il s'agisse de systèmes d'accommodation des Leptosols pour la mise en culture (8.2.5).

7.2.2.2. Opérations de terrain

Les opérations de terrain réalisées sur Mich. 317 sont listées ci-dessous. Le détail est disponible dans Pereira *et al.* (2016) Nous ne nous attarderons que sur les UT 68, 69, 70 et 77 dont nous avons analysé le matériel céramique.

- *UT 68* : sondage sur le groupe résidentiel de la « Vibora », entre les structures d'habitat 317_028 et 317_030 (dir. Michelet). Bien que le sondage se place dans une zone de remblais partiels et que l'éventualité de mur en adobe ait été envisagée, le matériel excavé (NRt = 2422 ; ind.= 1102) n'a pas montré d'indice d'occupation Milpillas. Les types représentés sont des phases Lupe, La Joya, et, dans une moindre mesure, Palacio. La réévaluation du matériel par Jadot en 2016 confirme les identifications que nous avons faites (Jadot 2016b).
- *UT 69 et 70* : sondages dans le groupe « Pozo », respectivement sur le soubassement pyramidal 317_108 et au pied de la plateforme 317_109 (dir. Michelet) (Figure 184). Notre analyse de la céramique¹⁹⁹, comme la reprise de l'échantillon de l'UT 69 par Jadot (2016b), a révélé des tessons majoritairement associés à des types des phases Lupe et La Joya. La phase Palacio, identifiée par quelques fragments, reste confuse. La phase Milpillas est quant à elle secondaire. Cependant, il convient de noter la grande fragmentation des tessons épiclassiques, indiquant peut-être qu'ils sont issus de la fonte de murs en adobe. Le cas échéant, il serait envisageable que l'occupation épiclassique soit surestimée, bien qu'elle demeurerait dominante.
- *UT 120* : sondage dans le groupe « Corrales » (dir. Pereira). L'architecture et le matériel céramique et lithique²⁰⁰ ont indiqué ici qu'il s'agissait d'une réoccupation en phase Milpillas d'éléments mis en place antérieurement. L'association chronologique précise du matériel ancien demeure cependant floue.
- *UT 121 et 125* : sondages dans le groupe « *Patio hundido 1* » (dir. Quezada). Le peu de matériel exhumé n'a pas permis à l'auteur de proposer une chronologie sûre. Toutefois, au

¹⁹⁹ UT 69 : NRt = 991 ; ind.= 511 ;

UT 70 : NRt = 744 ; ind.= 348.

²⁰⁰ présence de lames prismatiques débitées par pression caractéristique du Postclassique moyen.

regard de la morphologie du *patio*, notamment observée sur le site épiclassique de Mich. 318, il est possible que le groupe ait connu une occupation contemporaine.

- *UT 122 et 124* : sondages dans le groupe « Yácata » (dir. Michelet). L'organisation du groupe – pyramide rectangulaire - autel - « grande maison » –, ainsi que le matériel exhumé, concordent pour établir une datation de l'occupation pendant la phase Milpillas.
- *UT 77* : ramassages géolocalisés en différents endroits du site au cours des prospections systématiques (dir. Dorison). Là encore, l'ensemble des US de ramassage (NRt = 726 ; ind.= 321) confirme la tendance mise en lumière en fouille. Les types les plus représentés sont datés des phases Lupe (groupes LUPE, CIENEGA et CARUPO) et La Joya (groupe LA JOYA). Différents indices suggèrent une fréquentation au début du Postclassique ancien (groupe céramique HORNOS). Les types Milpillas indiquent plus une réoccupation sporadique ou une fréquentation de la zone qu'une réelle occupation, malgré la présence de nombreuses structures à la finition caractéristique de cette phase chronologique (ex. parement de *lajitas*). À cet égard, l'absence *quasi* totale de tessons du groupe MALPAÍS en surface est remarquable.

7.2.2.3. Éléments de datation et interprétation

La datation de Mich. 317 reste encore à préciser. Les fouilles et l'architecture apportent des indices qui font pencher la balance pour une occupation majoritairement durant l'Épiclassique. Cette période est en effet représentée au travers de l'omniprésence des groupes céramiques diagnostiques – CIENEGA, CARUPO, LUPE et LA JOYA, entre autres –, ainsi que par la récurrence de formes architecturales considérées comme caractéristiques, telles que les nombreux *patios hundidos*, le terrain de jeu de balle ou encore l'organisation de l'habitat autour de *patios*. À cette liste, nous ajoutons de façon hypothétique les réseaux de terrasses orthonormés (cf. 8.2.1.1).

Le Postclassique ancien est une fois de plus assez difficile à cerner. Toutefois, il est plus présent que sur les établissements plus proches de la coulée du Prieto. Quelques tessons ont de fait pu être rapprochés du groupe PALACIO (*Palacio pulido*). Ils sont toutefois peu abondants. Il est possible que le site soit encore occupé au début de la phase Palacio, mais il semble ensuite avoir été abandonné lui aussi.

Le Postclassique moyen est pour sa part clairement identifié, tant au travers de l'architecture – groupe « Yácata » –, que de la céramique et du lithique – groupes MILPILLAS et MALPAÍS, lames prismatiques. Il est cependant secondaire dans la plupart des contextes, reflétant une occupation probablement plus ponctuelle, dans le temps et/ou dans l'espace. Par ailleurs, si les maisons sur plateformes individuelles ont été associées au Postclassique moyen au regard de leur similitude avec les architectures des centres urbains, la question demeure difficile à trancher en l'absence de fouilles plus systématiques.

**

Pour résumé, le site de Mich. 317 semble avoir été édifié par des populations épiclassiques, qui l'ont habité pendant les VII^e et IX^e siècles de notre ère. L'établissement est alors essentiellement résidentiel. Malgré les incertitudes chronologiques, il nous semble envisageable qu'il ait pu accueillir une population de plus de 500 personnes, voire supérieure au millier en considérant l'ensemble de la période.

En dépit de la prépondérance du caractère résidentiel, l'agriculture n'est pas absente. En témoigne les aménagements au sud du site, mais aussi, peut-être, certains terrassements rectilignes qui accueillent de l'habitat, proche du groupe « Pozo ». En outre, au regard de la présence de sols intéressants dans certaines zones, la possibilité de l'existence d'autres formes d'agriculture moins évidentes ne peut être exclue.

À cette période, le développement de Mich. 317 est très probablement lié à sa proximité avec les centres cérémoniels de Mich. 416 (7.2.5) et Mich. 427 (7.2.6). Sans doute des contacts existent-ils aussi avec les populations qui habitent les sites localisés plus à l'ouest (Mich. 318, 319, 68, 95 et les *lomas*).

Suite à cette occupation, le site est abandonné. Il semble que l'abandon ait eu lieu plus tardivement qu'ailleurs, au début du Postclassique ancien. Ce n'est cependant qu'au Postclassique moyen qu'une nouvelle colonisation de la coulée volcanique a lieu. Elle est jusqu'à présent perçue comme relativement limitée. Il reste cependant à explorer la frange sud du site, plus proche du centre urbain de Mich. 38 et présentant des aménagements comparables. Peut-être n'a-t-on à ce jour identifié que la périphérie d'une occupation plus importante à cette époque ?

7.2.3. Mich. 429, El Coyotillo I

Le site de Mich. 429 a été visité et cartographié en partie par Pereira (Pereira *et al.* 2016).

7.2.3.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

Le site s'étend au sommet du cône du Coyotillo. La couverture pédologique est dominée par des sols formés sur dépôts de cendre volcanique.

▪ *État de conservation*

La conservation est assez mauvaise dans la mesure où plusieurs pillages ont pu être constatés.

▪ *Organisation*

Le site se compose d'un terre-plein de 44x16 m qui nivelle le sommet (3 sur figure 189). Il est surmonté d'un soubassement pyramidal carré d'environ 8 m de côté (1), pillé en son sommet, et d'un amoncellement de pierres informe (2). La plateforme principale est encerclée de terrasses concentriques, espacées de 3 à 5 m, qui aménagent l'épaulement du *cerro*. Pereira en a dénombré 18 (Pereira *et al.* 2016 : 184). Les traitements de l'image LiDAR nous portent à penser qu'il existait plus de ces terrasses. Nous ajoutons aussi la présence, dans le versant nord, de creusements qui rappellent ceux étudiés par Quezada sur le site de Mich. 428 (Quezada 2016 et 7.2.7) et qui pourrait donc correspondre à des cuvettes d'extraction de matière première.

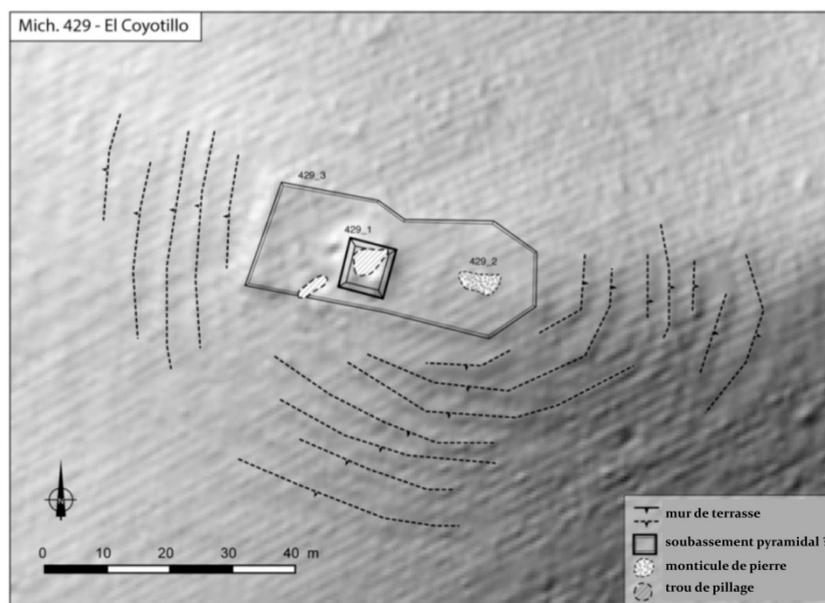


figure 189 - Plan de Mich. 429
(issu de Pereira 2016, fig. 149 : 185).

Pereira précise enfin que les autres éminences du cône et de la coulée semblent aménagées selon des modalités similaires. Nous avons en effet pu identifier au moins 7 établissements semblables, constitués d'une plateforme entourée de terrasses concentriques, sur des sommets ou des replats environnants. Par ailleurs, sur le bas versant du cône du Coyotillo, nous soulignerons la présence de très légers creusements circulaires, qui encerclent une surélévation centrale d'environ 6 m de large. Il s'agit des mêmes aménagements que ceux constatés au pied du versant ouest du Cerrito Pelón (7.1.7). Peut-être constituent-ils des vestiges d'habitats. Ils font le lien entre Mich. 429 et Mich. 430.

7.2.3.2. Éléments de datation et interprétation

Aucun matériel n'a pu être collecté. Pereira propose une datation antérieure à la phase Milpillas au regard de la forme carrée de la pyramide. Nous ajouterons que les réseaux de terrasses répondent d'une morphologie similaire à ceux mis au jour à proximité de Mich. 427, associé à l'Épiclassique (7.2.6). L'auteur considère qu'il s'agit d'un site agricole et cérémoniel.

7.2.4. Mich. 430, La Leña

Situé directement en contrebas de Mich. 429 au sud, Mich. 430 a été visité et cartographié par Pereira (Pereira *et al.* 2016).

7.2.4.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

Le site se développe au sommet et sur les pentes d'un bras de la coulée du Coyotillo. Le couvert végétal est composé d'une forêt de chêne éparse. La couverture pédologique est dominée par des sols formés sur dépôts de cendre volcanique.

▪ *État de conservation*

La conservation du site est bonne.

▪ *Organisation*

Le centre du site est une plateforme de 40x34 m, sur laquelle ont été identifiés quatre bâtiments cellulaires. D'autres structures semblables ont été repérées en amont et dans la pente en aval de la plateforme. Des systèmes de terrasses aménagent les pentes, notamment à l'ouest du site, où Pereira note un dense réseau caractérisé par des talus espacés de moins de 3 m les uns des autres.

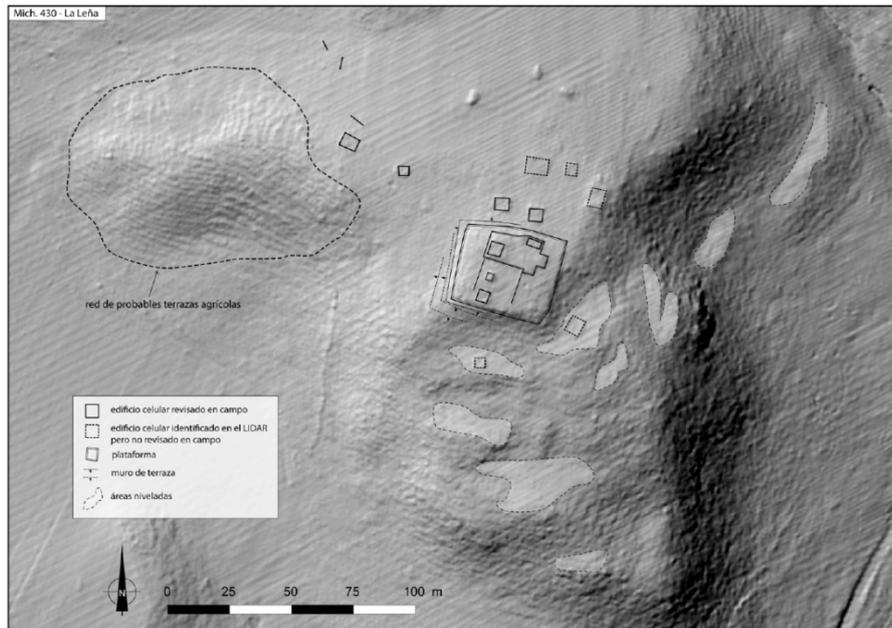


Figure 190 - Plan de Mich. 430
(issu de Pereira *et al.* 2016, fig. 150 : 187).

7.2.4.2. Éléments de datation et interprétation

Aucun matériel n'éclaire la datation. Bien que Pereira ne le mentionne pas, nous aurions tendance à rapprocher l'architecture de la plateforme principale et l'organisation de l'habitat sur celle-ci des exemples observés sur les sites épiclassiques de Mich. 427 et 318. L'auteur voit en Mich. 430 l'expression d'un typique site secondaire à vocation agraire.

7.2.5. Mich. 416, El Rincón del Cerro de Las Flores

Le Rincón del Cerro de Las Flores est l'établissement le plus monumental des hautes terres. Notre investissement sur ce site découvert par Michelet en 2014 (Michelet et Saumur 2015), s'est limité à quelques observations à la tarière des sols. De nombreuses opérations de terrain y ont été menées par d'autres : cartographie (Michelet et Saumur 2015 ; Gillot *et al.* 2016) et fouille de différents contextes (Michelet 2016 ; Pereira *et al.* 2018).

7.2.5.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ Environnement

Mich. 416 est situé entre deux bras du dôme de Las Flores, de telle manière qu'il est protégé à l'ouest, au sud et au nord, et s'inscrit dans une sorte de « cirque » volcanique. De par cette position particulière, en aval de pentes très actives du point de vue géomorphologique, il se caractérise par un taux de sédimentation particulièrement important.

Les sols – de type Andosols – sont très profonds sur le site même et sur le piémont en aval. Ils sont beaucoup plus superficiels sur les versants raides du *cerro*.

Les surfaces planes du site sont aujourd’hui cultivées, ou l’ont été dans un proche passé. Le reste du site est colonisé par une forêt de chêne éparse, à l’instar des versants environnants.

- *État de conservation*

Malgré les cultures actuelles et quelques pillages, la conservation du site est relativement bonne en surface. Par ailleurs, la sédimentation a permis de conserver certaines structures.

- *Organisation*



Figure 191 - Plan et topographie de Mich. 416 (issu de Pereira *et al.* 2018, fig. 4 : 11).

Mich. 416 se compose avant tout de deux groupes de plateformes et *patios* d'orientation générale N-S, désignés techniquement sous les noms de complexes 1 et 2, et dont les emplacements sont respectivement connus des locaux comme « El Pilastrón » et « Las Majadas » (Michelet et Saumur 2015 ; Gillot *et al.* 2016) (Figure 191). L'ensemble représente environ 5 ha et est notablement borné, au nord comme au sud, par le cours d'*arroyos* saisonniers, en partie canalisés à l'époque préhispanique. De fait, la convergence des eaux de ruissellement vers les complexes – naturellement, de par la géographie, et artificiellement, *via* des aménagements – semble avoir constitué un élément fondamental dans la structuration des espaces.

Le **complexe 2** est constitué de quatre places, deux *patios* et plusieurs plateformes qui supportent des bâtiments multicellulaires. Est particulièrement notable l'étagement des niveaux plans dans la pente. Le complexe est clos au nord par la place G, dotée d'un imposant soubassement pyramidal, sur lequel trônent encore les fondations d'un temple.

Le **complexe 1** est quant à lui structuré autour d'une unique place (A), elle-même organisée en fonction d'un soubassement pyramidal carré, ouvrant vers l'ouest et faisant ainsi face au *cerro*. Le reste de la place est cerné de plateformes, dont certaines sont surmontées de vestiges de structures cellulaires. À l'instar de l'ensemble monumental entier, le complexe 1 est encadré par deux cours d'eau temporaires.

En dehors de la partie centrale du site, les auteurs identifient plusieurs terrasses qui s'étagent dans les pentes et entourent le noyau cérémoniel (Pereira *et al.* 2018). Leur morphologie évoque celle des terrasses mises au jour dans la partie basse de Mich. 319 (7.1.7.1), longues de quelques dizaines de mètres et aménageant une surface plane relativement spacieuse, large de plus de 5 m. Si les vestiges de structures les surmontant sont rares, la forme semble tout indiquée pour accueillir des habitats. Peut-être ces terrasses étaient-elles occupées de résidences construites en matériaux périssables aujourd'hui disparues ?

7.2.5.2. Opérations de terrain

Outre la cartographie du site, plusieurs opérations de fouilles ont été entreprises. Elles sont listées et rapidement décrites ci-dessous :

- *UT 138 et 139* : Ces deux sondages ont été dirigés par Michelet en 2015 (Michelet 2016). Ils avaient avant tout pour objectif de récupérer du matériel datant. L'UT 139 s'est

ainsi intéressée à une habitation positionnée sur une plateforme, en amont de la place principale (F) du complexe 2. Si l'excavation s'est avérée assez peu informative, l'UT 138, implantée sur la place A du complexe 1, a permis la découverte fortuite de l'entrée d'une chambre funéraire. La fouille a alors été stoppée pour préparer une investigation de plus grande ampleur (UT 145).

- *UT 164*: Dirigée par Michelet, cette UT s'est attachée à préciser la morphologie du système de contention existant entre les places C et D (Pereira *et al.* 2018).
- *UT 145* : Certainement la plus ambitieuse dans la région depuis les travaux réalisés sur Mich. 31, l'UT 145 était dédiée à la fouille extensive de la place A du complexe 1. Elle a révélé l'existence de trois chambres funéraires (Pereira *et al.* 2018). Après une prospection géophysique pour orienter l'implantation de l'excavation, une aire de près de 60 m² a été ouverte et fouillée sous la direction de Pereira²⁰¹, de part et d'autre du mur de la plateforme qui jouxte la place A à l'ouest. L'intervention a notamment permis la fouille complète d'une chambre funéraire de 4 m², où avaient été inhumés au moins 8 individus.

7.2.5.3. Éléments de datation et interprétation

L'organisation des espaces en *patios* et places, ainsi que le plan carré des soubassements pyramidaux et l'architecture en général, évoquaient dès la découverte une occupation du site au Classique et/ou à l'Épiclassique. L'étude du matériel céramique (NRt = 26152 ; ind. = 16976) par Alejandra Castañeda (2018) a confirmé et précisé cette hypothèse.

Il semble que Mich. 416 ait été fondé au début du VI^e siècle de notre ère. En témoigne la présence des groupes céramiques TRES PALOS et LOMA ALTA, caractéristiques de cette époque. Mais c'est à l'Épiclassique que le site connaît sa phase d'apogée. L'occupation perdure pendant la phase La Joya (850-900 apr. J.-C.) et possiblement jusqu'au début de la phase Palacio, malgré des indices céramiques encore mal cernés (5.2.5.2). L'analyse a aussi mis en évidence quelques rares types caractéristiques du site de Barajas (*Churipi café pulido*, *Tepame fino pulido* et *Copal terracota burdo*) (Castañeda 2018). Ces individus suggèrent des contacts entre les hautes terres occidentales du bassin de Zacapu et le sud du Guanajuato, notamment représenté par le site du cerro Barajas (Pereira 2013 ; Migeon 2013).

À l'échelle de notre fenêtre d'étude, Mich. 416 constitue un des sites les plus importants des hautes terres. La découverte d'inhumations collectives d'individus richement parés, dans un contexte architectural et topographique clairement ostentatoire, laisse peu de doute à cet

²⁰¹ avec le soutien d'Isaac Barrientos, Aurélie Manin, Divina Perla et Julien Sion.

égard. Tous les chercheurs s'accordent à placer Mich. 416 en foyer culturel des hautes terres à l'Épiclassique (Michelet 2016 ; Pereira *et al.* 2018). Il s'inscrit au cœur de la dynamique de peuplement de la zone, dont nous avons vu l'expression au travers d'établissements comme Mich. 317 (7.2.2) ou 318 (7.2.1). Dans ce *continuum* d'occupation E-O, Mich. 416 est très certainement aussi relié aux sites des *lomas* – notamment au regard du matériel céramique et du traitement des défunts (Arnauld *et al.* 1993 ; Pereira 1999).

7.2.6. Mich. 427, La Mesa

Le site de Mich. 427 a été mis au jour par le LiDAR au sommet de la coulée de Las Minas, au sud de Mich. 317. Il a été visité, en partie cartographié et sondé sous la direction de Michelet et Pereira en novembre 2015 (Pereira *et al.* 2016).

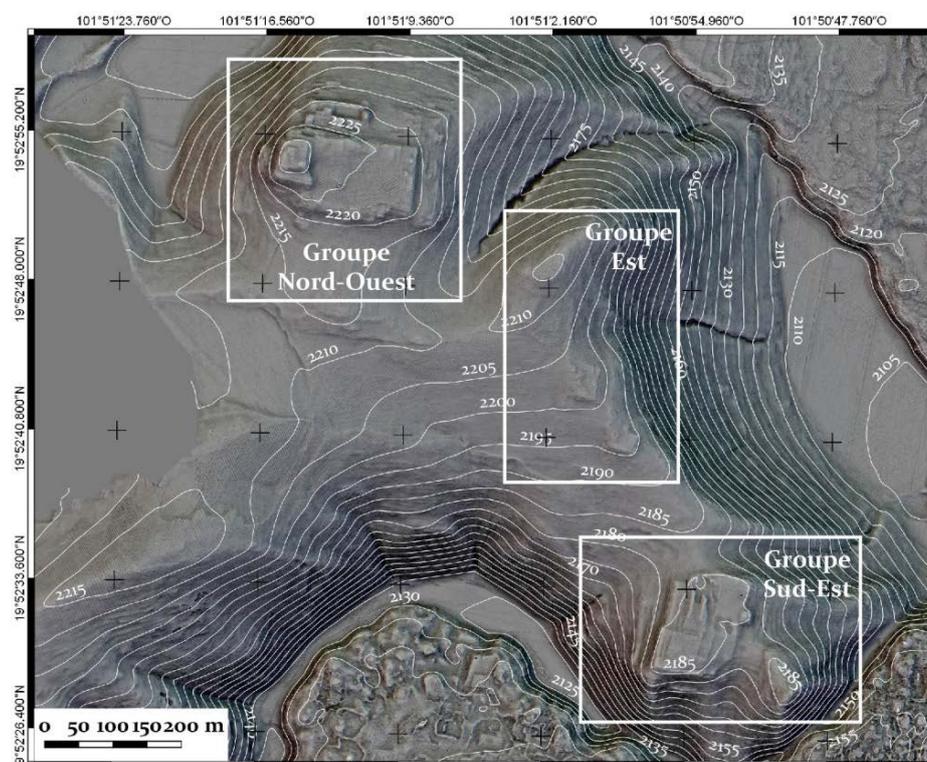


Figure 192 -Plan général de Mich. 427

7.2.6.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

- *Environnement*

Mich. 427 se développe sur les trois points les plus haut du bras oriental de la coulée de Las Minas. La végétation se compose essentiellement d'une forêt de chêne relativement éparse, ponctuée de clairières. Le sommet de la coulée présente une dépression centrale aujourd'hui mise en culture. Les sols majoritaires sont des Andosols ou assimilés.

- *État de conservation*

La conservation est assez bonne malgré des destructions occasionnées par la présence proche de zones cultivées et des trous de pillages ponctuels.

- *Organisation*

Le site a été décomposé en trois secteurs par ses découvreurs (Figure 192) : le groupe Nord-ouest (exploré par Pereira et Michelet), le groupe Est et le groupe Sud-est (étudié par Michelet).

Le **groupe Nord-ouest** est le plus imposant (figure 193). Il est constitué d'une place d'environ 150x75 m orienté E-O (A). Elle est ceinte par des structures et des plateformes. La plus importante de celles-ci, accessible par des escaliers, se situe à l'ouest (8). Elle présente notamment deux degrés successifs et est surmontée par un monticule. Vers le nord, en contrebas, plusieurs autres plateformes et *patios* (B,C et D) accommodent la pente. Des superstructures y ont été implantées, mais leur nature reste obscure dans la mesure où toutes n'ont pas pu être vérifiées sur le terrain, et qu'elles ont probablement été construites en matériaux périssables (Pereira *et al.* 2016 : 138). Autour de ce complexe principal se développent d'importants réseaux de terrasses étroites – vraisemblablement agricoles – organisés selon un plan orthonormé dans la continuité de l'axe de la place A.



Figure 193 - Groupes Nord-Ouest (gauche) et Sud-Est (droite) de Mich. 427 (d'après Pereira *et al.* 2016, fig. 123 : 139 et fig. 130 : 151).

Le **groupe Est** se compose de trois plateformes qui accommodent la ligne de crête depuis le groupe Nord-ouest jusqu'au groupe Sud-est. La résolution LiDAR est mauvaise et rend difficile la lecture. Du nord au sud, on rencontre d'abord une plateforme de 50x40 m orientée N-S. Au nord de celle-ci, notons deux éléments : 1) la présence d'une éminence aménagée de

terrasses, où trônent de possibles structures, et 2) des creusements à même le versant au nord-est, qui sont probablement des zones d'extraction de matière première (voir *infra* 7.2.7). La seconde plateforme, de 55x47 m, est orientée N-S. La troisième mesure environ 40x30 m et est orientée E-O. Toutes deux semblent surmontées de structures, possiblement cellulaires. Des réseaux de terrasses orthonormées encerclent les trois plateformes. Plus bas dans le versant oriental, les terrassements continuent, mais suivent alors la forme de la pente.

Le **groupe Sud-est** présente un modèle de plateforme similaire, encadré de terrasses agricoles, mais de dimensions plus importantes puisqu'il mesure environ 170x120 m et se subdivise en différents niveaux de terre-pleins (figure 193). Des bâtiments cellulaires carrés ($\varnothing \approx 4$ m) les surmontent – potentiellement des habitats –, mais la structure la plus remarquable est un grand corridor surbaissé par rapport à deux plateformes allongées d'environ 40 m de long N-S. De part et d'autre du corridor se trouvent des espaces ouverts, rectangulaires au sud, circulaires au nord. Si la morphologie évoque un jeu de balle, l'excavation a infirmé cette hypothèse.

Sur le bord est du groupe, une plateforme de 15x10 m accueille un monticule de 5x5 m, ainsi isolé de façon remarquable en surplomb des autres aménagements. L'ensemble du groupe est une fois de plus encerclé de terrasses agricoles, notamment des terrasses de ravins sur les versants est et sud. Les terrasses continuent vers l'ouest et matérialisent la liaison avec Mich. 428.

7.2.6.2. Opérations de terrain

Outre la cartographie partielle, les repérages, les nettoyages, et un ramassage de surface (UT 116), trois sondages ont été réalisés. Les deux premiers, UT 117 (dir. Pereira) et 118 (dir. Michelet), se sont respectivement intéressés au *patio* B et à la place A du groupe Nord-ouest. Le troisième, UT 119 (dir. Michelet), s'est focalisé sur le pseudo-terrain de jeu de balle du groupe Sud-est. Sans entrer dans plus de détails, les sondages ont apporté de nouvelles données sur les systèmes constructifs, mais aussi et surtout, ont révélé une occupation longue et des degrés d'enfouissement des vestiges très importants dans les sols pulvérulents du *cerro*.

7.2.6.3. Éléments de datation et interprétation

La morphologie des structures et leur organisation spatiale sont caractéristiques de l'Épiclassique des hautes terres. La céramique, étudiée par Jadot (2016b), atteste d'une occupation concentrée pendant les phases Jarácuaro, Lupe et La Joya.

**

La céramique de la phase Jarácuaro indique que le site de Mich. 427 a été fondé dès le Classique, vraisemblablement dans la seconde moitié du VI^e siècle de notre ère. Il a ensuite été occupé jusqu'à la fin du IX^e siècle. Malgré la monumentalité des aménagements qui suggère que le site revêtait une vocation cérémonielle, les habitats et les indices d'agriculture sont loin d'être absents. Il semble donc que Mich. 427 ait constitué un établissement où l'on réalisait des activités domestiques ainsi que des rituels d'ordre local, voire microrégional (possibles rassemblements sur la place principale du groupe Nord-ouest). Le site mériterait de plus amples investigations pour clarifier la question. Il est d'abord à associer à Mich. 317 (7.2.2), son voisin septentrional et à Mich. 428 (7.2.7), méridional. À plus petite échelle, Mich. 427 s'inscrit dans la dynamique de peuplement des hautes terres occidentales, dans l'aire d'influence de Mich. 416 (7.2.5).

7.2.7. Mich. 428, Las Minas

Mich. 428 se localise sur la même coulée que Mich. 427 et a lui aussi été repéré grâce au LiDAR. Il s'agit d'abord d'un site d'extraction de matière première (dacite). Une étude menée par Osiris Quezada (2016 ; Quezada et Darras 2018) s'intéresse à la question de l'approvisionnement en cette roche, notamment utilisée pour la fabrication de l'outillage trouvé dans toute la région.

7.2.7.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

- *Environnement*

Mich. 428 se développe sur tout le versant méridional de la coulée de Las Minas, notablement marqué par trois protubérances qui avancent vers le sud et sont flanquées par trois ravines. La coulée a la particularité d'être constituée de dacite. L'affleurement de cette roche a vraisemblablement guidé le choix d'établissement à l'époque préhispanique.

À l'instar de ce qui avait été observé sur Mich. 427, la couverture pédologique est caractérisée par des sols d'origine volcanique, formés sur dépôts de cendre. Toutefois,

l'activité humaine intense a ramené en surface une quantité telle de blocs d'andésite, que la pédogénèse en a été perturbée et ralentie sur la *quasi* totalité du versant. Les sols peuvent donc être qualifiés de Technosols (IUSS 2015). En conséquence, la couverture végétale est limitée à une forêt de chêne éparse.

- *État de conservation*

Il est difficile d'évaluer l'état de conservation du site dans la mesure où les cavités ou aires d'extraction qui le caractérisent sont par essence constituées de matériaux non consolidés.

- *Organisation*

Le site présente deux zones d'habitat potentielles sur des espaces nivelés à mi-versant. Aucune véritable structure n'a toutefois pu être identifiée sur ces terre-pleins. Autour de ces zones, notamment à l'épaulement de la coulée en amont et vers l'est, des réseaux de terrasses agricoles s'étendent sur les pentes.

Hormis ces éléments, le site se caractérise principalement par la multitude de creusements et d'aires d'extraction de matière lithique dont le *cerro* est criblé. Plusieurs types ont été décrits par Quezada (2016 ; Quezada et Darras 2018), de l'extraction à ciel ouvert à l'excavation de galeries peu profondes.

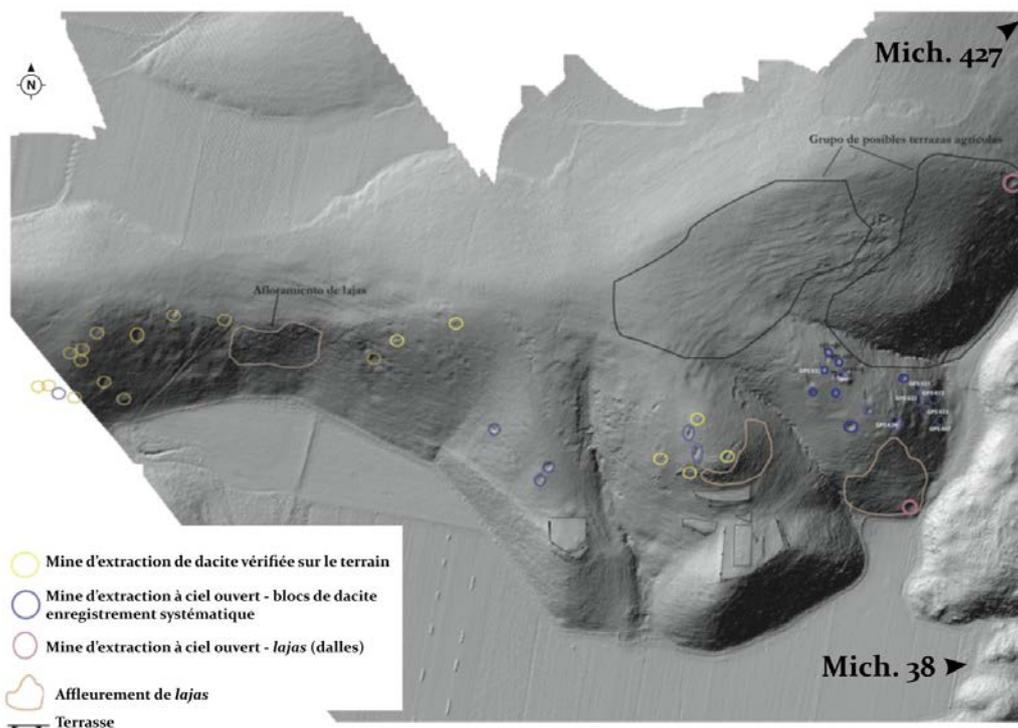


Figure 194 - Plan général de Mich. 428 et opérations de terrain conduite par Quezada (issu de Pereira *et al.* 2016, fig. 136 : 160).

7.2.7.2. Opérations de terrain

Les opérations de terrains ont consisté en une cartographie des cuvettes d'extraction et leur relevé. Des échantillons de matière lithique ont été prélevés pour en établir une meilleure caractérisation.

7.2.7.3. Éléments de datation et interprétation

Aucun matériel diagnostique ne permet à ce jour de datation. La proximité et la continuité spatiale avec Mich. 427 pourrait fournir un argument en faveur d'une occupation au moins à l'Épiclassique.

7.3. LE CŒUR DU MALPAÍS, DU PETIT ENFER AUX PETITS CHAMPS

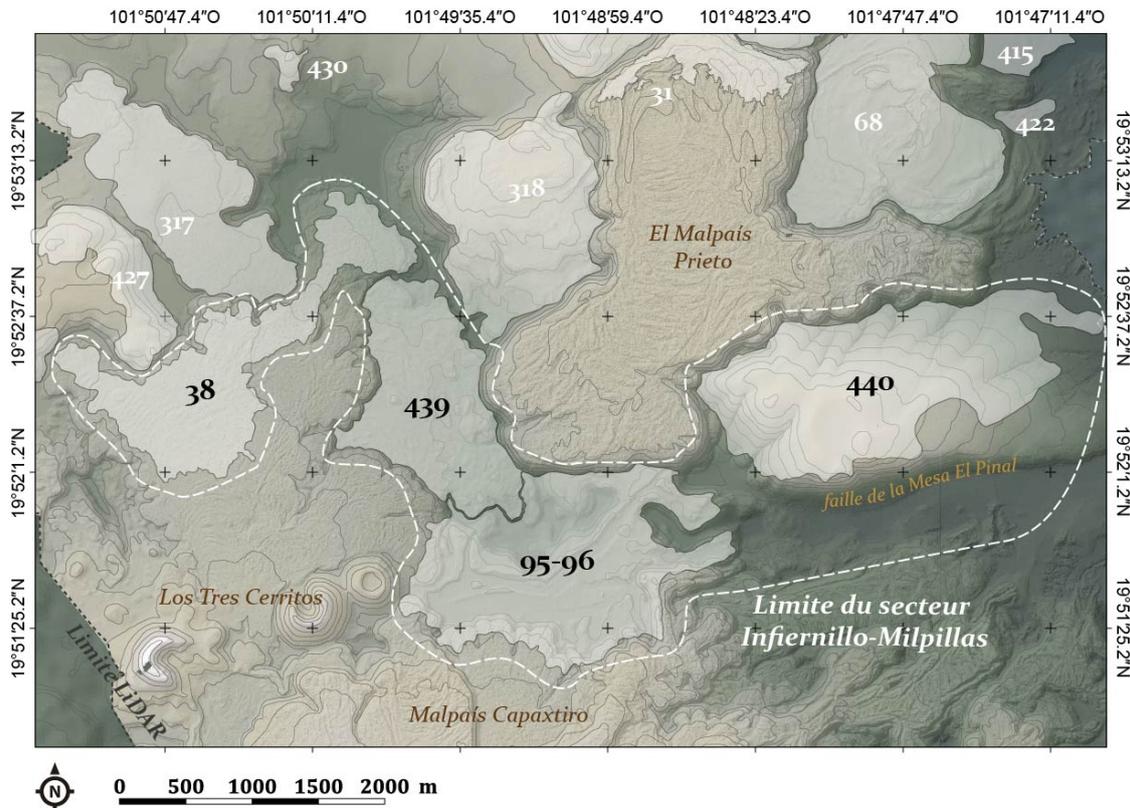


Figure 195 - Localisation du secteur *Infiernillo-Milpillas*.

Le secteur Infiernillo-Milpillas s'étend du site de Mich. 38, El Infiernillo, à l'extrémité est de la faille de la Mesa El Pinal (Figure 195). Bien que les centres de Mich. 38 et Mich. 95-96 ont été étudiés au cours des projets Michoacán, Zacapu III, et plus récemment Uacúsecha, notre propre connaissance de ce secteur repose presque exclusivement sur la lecture de l'image LiDAR. Nous n'avons personnellement visité que de façon très partielle les deux centres urbains. Nous renvoyons donc le lecteur aux études antérieures pour plus de détails sur les sites connus dans le secteur avant l'obtention des données LiDAR (voir notamment Michelet *et al.* 1988 ; Migeon 1991, 1998, 2015, 2016 ; Michelet 2008 ; Forest 2014). Notre apport ici concerne la description des secteurs de Mich. 38 et Mich. 95-96 mis au jour par le LiDAR et encore non explorés par des membres du projet, ainsi que la présentation des nouveaux établissements de Mich. 439 et 440.

7.3.1. Mich. 38, El Infiernillo

À l'instar de Mich. 31, Mich. 38 est connu depuis la fin du XIX^e siècle. Il est le plus étendu des quatre centres urbains du Malpaís et a bénéficié d'une attention particulière au cours du projet Zacapu III (1994-1997). Forest en a cartographié une partie au GPS dans les années 2010 (Forest 2014) et il a récemment fait l'objet de nouvelles explorations, numériques et de terrain, après l'obtention du LiDAR (Pereira *et al.* 2016).

Notre propre implication dans l'étude de ce site se limite à une brève visite de sa partie nord en 2014 et au traitement des images LiDAR pour proposer une meilleure lecture des vestiges *via* celles-ci.

7.3.1.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

- *Environnement*

Mich. 38 couvre la partie nord-ouest de la coulée éponyme d'El Infiernillo, datée du début du premier millénaire avant notre ère. Malgré sa surface très chaotique, la coulée a la particularité d'être globalement plane avec un léger pendage globalement S-N. On passe ainsi d'une altitude d'environ 2160-2180 m au sud, au niveau du point d'émission (Cône de Las Vigas), à 2080 m au nord, au niveau d'une avancée de lave piriforme localement connue comme le Copalillo²⁰². L'ensemble constitue ainsi un plateau surélevé sur tous ses côtés de 20 à 30 m par rapport à ses environs directs.

De par la jeunesse de la formation, les Leptosols sont omniprésents sur toute la coulée. Toutefois, les aménagements préhispaniques pour l'habitat – mais aussi peut-être pour la mise en culture (voir *infra*) – ont contribué à augmenter l'épaisseur de sol. Ce phénomène est vraisemblablement le résultat d'épierrements lors de la construction des édifices et de déplacements de sol issu de dépôts de cendre volcanique. Ces remaniements ont permis le développement d'une forêt de chêne éparse sur la coulée, notablement plus dense à l'ouest, où se trouve le site, qu'à l'est. La zone est rarement visitée par les locaux et ne connaît que le passage ponctuel du bétail.

- *État de conservation*

Abandonné par les populations préhispaniques au XV^e siècle, Mich. 38 n'a jamais été réoccupé. Malgré quelques pillages sporadiques, la conservation est globalement très bonne.

²⁰² À ne pas confondre avec la coulée d'El Colpallilo qui constitue le plateau au nord du Malpaís Prieto.

- *Organisation*

Aucune sectorisation n'a été définie pour Mich. 38. En vérité, de nombreux questionnements planent encore sur le site pour lequel le LIDAR a révélé une grande complexité dans la structuration des espaces – peut-être plus que nulle part ailleurs. L'image a notamment mis au jour de nombreuses structures de morphologie encore inconnue, dont la nature commence seulement à être précisée par les fouilles (7.3.1.2).

Traditionnellement, une distinction est faite entre le Copalillo au nord, et le reste du site. Cette différenciation a été confirmée par le LIDAR dans une certaine mesure. La densité du bâti est plus importante dans le secteur Central. À la lumière des données LIDAR et des opérations de terrain menées par les membres du projet Uacúsecha (Pereira *et al.* 2016), il nous semble que trois secteurs se dessinent (Figure 196). Au nord, le **Copalillo** constitue un premier secteur. Plus au sud se distingue la **frange ouest**, caractérisée par la présence d'éléments épiclassiques, et le **secteur Sud**, vraisemblablement du Postclassique moyen.

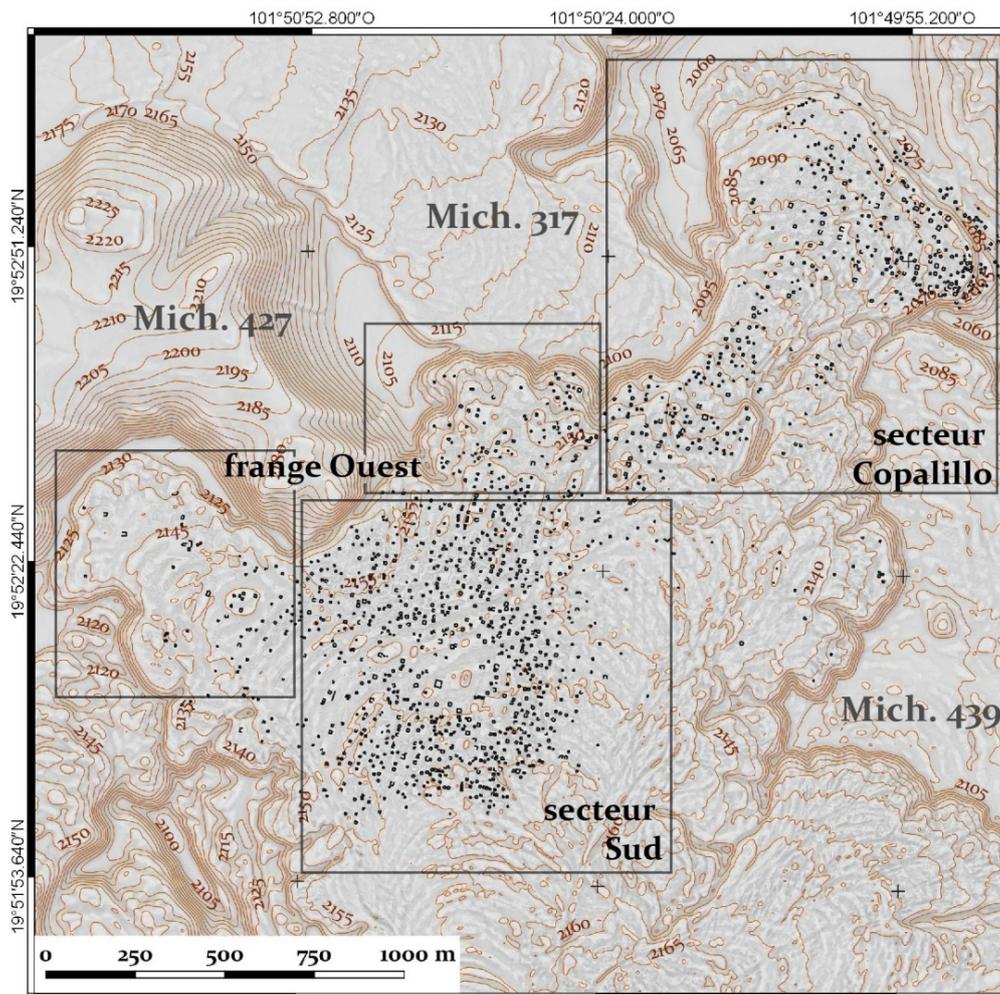


Figure 196 - Cartographie préliminaire de Mich. 38 (structures cellulaires uniquement) réalisée sur la base des données acquises par saisie collaborative en webmapping.

1) Des caractéristiques typiques du Postclassique moyen

De manière générale, l'habitat s'organise sur un modèle qui se distribue sur toute l'emprise du site et obéit à une logique du Postclassique moyen (Figure 197). Il s'agit de systèmes de plateformes, souvent polygonales, sur lesquelles ont été édifiés un ou plusieurs bâtiments cellulaires pour la plupart quadrangulaires, interprétés comme des maisons. On en dénombre plus de 1200. , De ce point de vue, l'aménagement de la coulée s'apparente au système constructif de Mich. 31 (7.1.1).

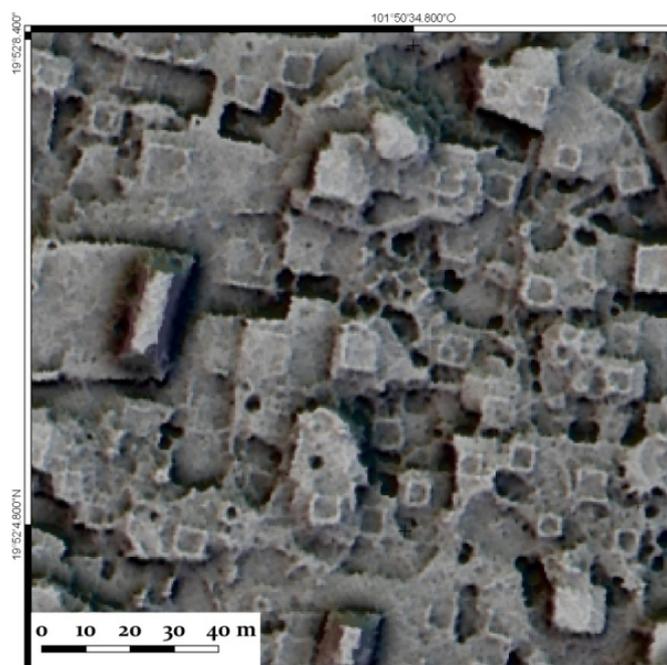


Figure 197 - Schéma organisationnel caractéristique de l'habitat du Postclassique moyen sur Mich. 38. Noter le soubassement pyramidal rectangulaire N-S à gauche de l'image.

De la même manière, les plateformes les plus imposantes sont généralement associées à des édifices monumentaux. En effet, 22 soubassements pyramidaux rectangulaires orientés N-S ont été identifiés (Figure 197). Ils s'inscrivent généralement dans le schéma d'implantation typique pyramide – place – autel – « grande maison ». La répétition de ce schéma est concentrée préférentiellement dans le secteur Sud. C'est par ailleurs dans cette zone que le site présente l'organisation la plus similaire à celle de Mich. 31, où les bâtiments cellulaires sont plus modestes, mais plus nombreux, à mesure que l'on s'éloigne de la place cérémonielle. Ainsi, c'est aussi dans ce secteur que la densité de l'habitat est de loin la plus forte.

2) Les indices d'une occupation au Classique

Malgré l'apparente omniprésence de caractéristiques postclassiques sur Mich. 38, le site se différencie remarquablement de ses homologues urbains par la concentration dans la frange ouest d'éléments associés à l'Épiclassique. À ce titre, on relèvera la présence de plusieurs *patios hundidos*, de possibles terrains de jeu de balle et de plateformes nettement plus monumentales qu'ailleurs dans l'établissement. La fouille de certains de ces espaces a de plus révélé une architecture en gros blocs, qui rappelle une fois de plus l'Épiclassique (voir 7.3.1.2). En outre, notons la présence de structures d'habitat alignées sur un axe N-S sur une plateforme. Ce schéma est très similaire à celui observé sur Mich. 317 – notamment dans le groupe de La Vibora (7.2.2.2).

3) Un réseau viaire intrasite lié à l'agriculture ?

Le dernier point sur lequel nous souhaitons mettre l'accent est l'identification récente de systèmes d'épierrements pour accommoder les espaces (Figure 198). Ces ouvrages ont notamment permis aux habitants du site d'édifier un réseau viaire au plan quasiment organique (Zimmer 2016). Certains des chemins font le lien avec la partie sud-est de l'établissement voisin de Mich. 317, où ils continuent.

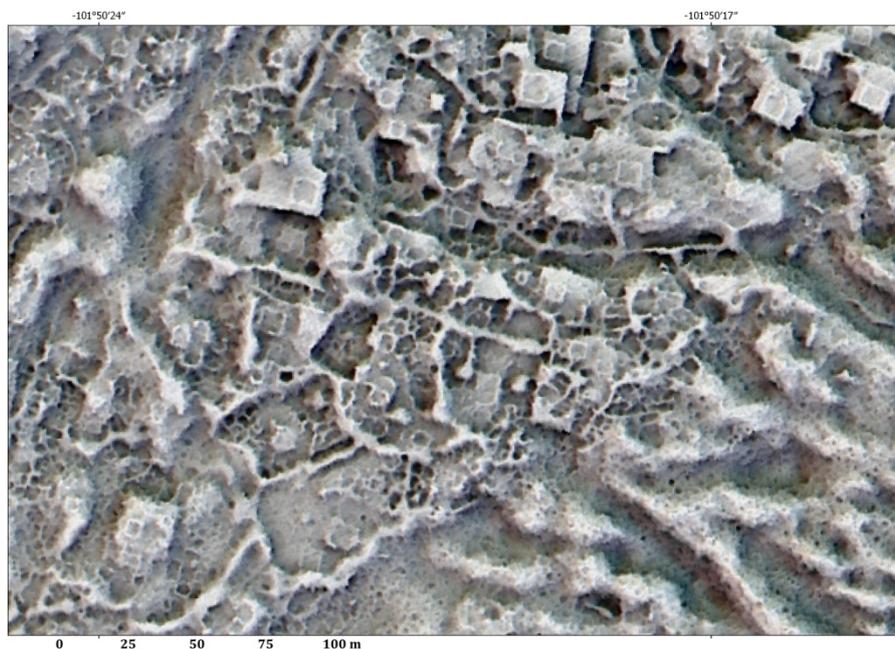


Figure 198 - Exemple du réseau viaire sur Mich. 38 et des épierrements associés

Par ailleurs, les épierrements ont aussi permis de dégager de très nombreux espaces plans d'une surface de quelques mètres à plusieurs hectares, dont la fonction demeure obscure. En l'absence de vérification *in situ* de notre part, nous émettons avec prudence l'hypothèse qu'ils

ont pu être dédiés à l'agriculture (*cf.* 8.2.5). Nous pensons que Mich. 38 a pu être le cadre de pratiques agricoles intensives.

7.3.1.2. Opérations de terrain

Bien que le site demeure moins bien traité que ses homologues de Mich. 31 et Mich. 95-96, Mich. 38 cumule aujourd'hui un bon nombre d'opérations de terrain, listées chronologiquement ci-dessous :

- Établissement d'une prospection systématique et d'une cartographie de densité à partir d'un quadrillage du site à l'hectare (Michelet *et al.* 1995, 1996 ; Michelet 1998 ; Migeon 1998).
- Topographie (dir. Michelet) et nettoyage de cinq foyers domestiques (dir. Migeon, Peláez, Guerrero et Pereira) sur le groupe de « Los Baños del Rey » (Michelet *et al.* 1996).
- Cartographie numérique au GPS de la partie nord du site « El Copalillo » (Forest 2014).
- Cartographie numérique du site par des étudiants au cours d'un atelier de webmapping à l'université de Paris 1 (dir. Pereira, Costa et Forest) (Pereira *et al.* 2016).
- Cartographie numérique et de terrain des structures linéaires au nord du secteur Central (Zimmer 2016).
- UT 129, 131 et 132 (dir. Pereira) : vérification et cartographie du groupe « Explanada », composé d'un *patio hundido*, d'un possible terrain de jeu de balle et de structure d'habitat. La vérification a été accompagnée d'un sondage sur une structure d'habitat, du nettoyage du profil d'un pillage et d'un ramassage de surface (Pereira *et al.* 2016). Malgré le peu de matériel diagnostique, les éléments identifiables indiquent la prédominance de types Milpillas et une présence ténue de fragments La Joya (Jadot 2016b).
- UT 130 (dir. Quezada) : vérification, cartographie et sondage à l'extérieur d'une structure d'habitat sur le groupe « La Plática », constitué d'une grande aire nivelée, où ont été identifiées 2 maisons (Pereira *et al.* 2016). La céramique est exclusivement associée aux phases Lupe et La Joya (Jadot 2016b).

- UT 133 (dir. Michelet) : vérification, cartographie et fouille d'un possible terrain de jeu de balle sur le groupe « Cancha » (Pereira *et al.* 2016). La céramique est datée des phases La Joya et Milpillas (Jadot 2016b). Quelques tessons Lupe ont aussi été reconnus.
- UT 134 (dir. Pereira et Barrientos) : vérification, cartographie et sondage sur le groupe « Gran Plataforma », présentant – comme le lecteur ne s'en serait pas douté – une grande plateforme, occupée par des maisons et un *patio hundido*. La céramique est essentiellement associée à la phase Milpillas, malgré quelques fragments La Joya (Jadot 2016b).

7.3.1.3. Éléments de datation et interprétation

L'organisation générale du site obéit à un schéma du Postclassique moyen. La céramique collectée en surface dès les années 1980 et dans les quelques sondages réalisés l'atteste. En témoignent aussi les habitats sur plateformes et la répétition du groupe canonique pyramide – place – autel – « grande maison ». Toutefois, de nombreux éléments architectoniques évoquent des aménagements plus anciens, concentrés au nord-ouest du site (grandes plateformes, architecture en gros blocs, *patios hundidos*, terrains de jeu de balle...). Cette tendance est confortée par la céramique issue des premiers sondages établis dans ces zones ambiguës, où ressortent des types de l'interphase La Joya, voire de la phase Lupe. Ces espaces épiclassiques ont par la suite été réoccupés au Postclassique moyen. Un *hiatus* demeure en ce qui concerne le Postclassique ancien.

**

À ce jour, les données indiquent que c'est au cours de la phase La Joya – au milieu du VIII^e siècle apr. J.-C. – que Mich. 38 a connu sa première phase de construction. Au regard de la distribution spatiale des vestiges anciens, il est envisageable que ces aménagements soient à mettre en relation avec l'établissement voisin de Mich. 317 (7.2.2) et le peuplement épiclassique des hautes terres. En témoignent peut-être les voies de communication qui existent entre ces sites. De plus, à l'aune des données actuelles, l'occupation ancienne de Mich. 38 apparaît sensiblement plus tardive que celle de Mich. 317. Peut-être correspond-elle à une expansion de cet établissement vers le sud. Par la suite, la zone est rapidement dépeuplée. Aucune trace de la phase Palacio n'a été observée.

L'établissement Mich. 38 ne prend toute son ampleur qu'avec l'urbanisation du Malpaís au XIII^e siècle. Tous les espaces anciennement habités semblent avoir été réoccupés. En parallèle, de nouveaux ouvrages de nivellement ont augmenté la superficie du site, notamment vers le centre de la coulée. Le site devient un important foyer d'habitat doté de nombreuses zones cérémonielles. Les épierrements de petits espaces plans caractéristiques de cet établissement ont peut-être une vocation agricole, mais l'hypothèse demande vérifications.

Il est possible que le réseau viaire n'ait vu le jour qu'à cette époque, permettant notamment la communication avec Mich. 317, lui aussi réoccupé en phase Milpillas. Dans cette perspective, la situation serait inversée et les éléments postclassiques de Mich. 317 auraient été construits en conséquence d'une expansion vers le nord des habitants de Mich.38. Les deux hypothèses ne sont pas forcément contradictoires. La datation du réseau viaire et des zones épierrees offrira probablement une clef dans la compréhension de l'histoire du centre urbain. Mich. 38 est définitivement abandonné à la fin de la phase Milpillas (début du XV^e siècle), à l'instar des autres établissements urbains du nord du Malpaís.

7.3.2. Mich. 439, Las Joyitas de Milpillas

Le site de Mich. 439 a été découvert grâce au LiDAR, sur la coulée du Pléistocène récent 2 (30 ka - 10 ka BP) qui s'étend entre celles d'El Infiernillo et de Las Milpillas. Nous n'avons visité que rapidement le nord du site dans une perspective pédologique au printemps 2015 (Figure 199), sans constater alors la présence d'aménagements humains. Ceux-ci ne nous sont apparus qu'après traitement de l'image LiDAR, perchés pour la plupart sur les affleurements rocheux. Nous nous contenterons ici d'une présentation rapide en l'absence de données de terrain ou d'une investigation numérique poussée.



Figure 199 - Exemple du paysage au nord de Mich. 439.

7.3.2.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

Mich. 439 s'étend sur une coulée globalement plane avec un léger pendage général N-S. Les rides de pression marquent la succession de nombreux affleurements rocheux dominants de quelques mètres les zones planes inter-rides. Dans celles-ci, l'accumulation de sédiment a contribué au développement d'Andosols. L'espacement entre deux rides de coulée successives excède rarement une vingtaine de mètres. Par conséquent, les *joyas* allongées d'Andosols qui s'y trouvent forment des prairies ouvertes, mais étroites. Les affleurements sont quant à eux, colonisés par la forêt de chêne.

▪ *Organisation*

À l'instar d'organisations observées ailleurs (sur Mich. 95-96 notamment), l'habitat semble se concentrer essentiellement sur les affleurements rocheux au sein de Mich. 439. Sur le LIDAR, il est difficile d'identifier clairement les aménagements qui se confondent avec la roche naturelle. Nous notons cependant divers éléments, dont certains présentent des morphologies connues. Nous avons ainsi défini des secteurs d'intérêt particulier.

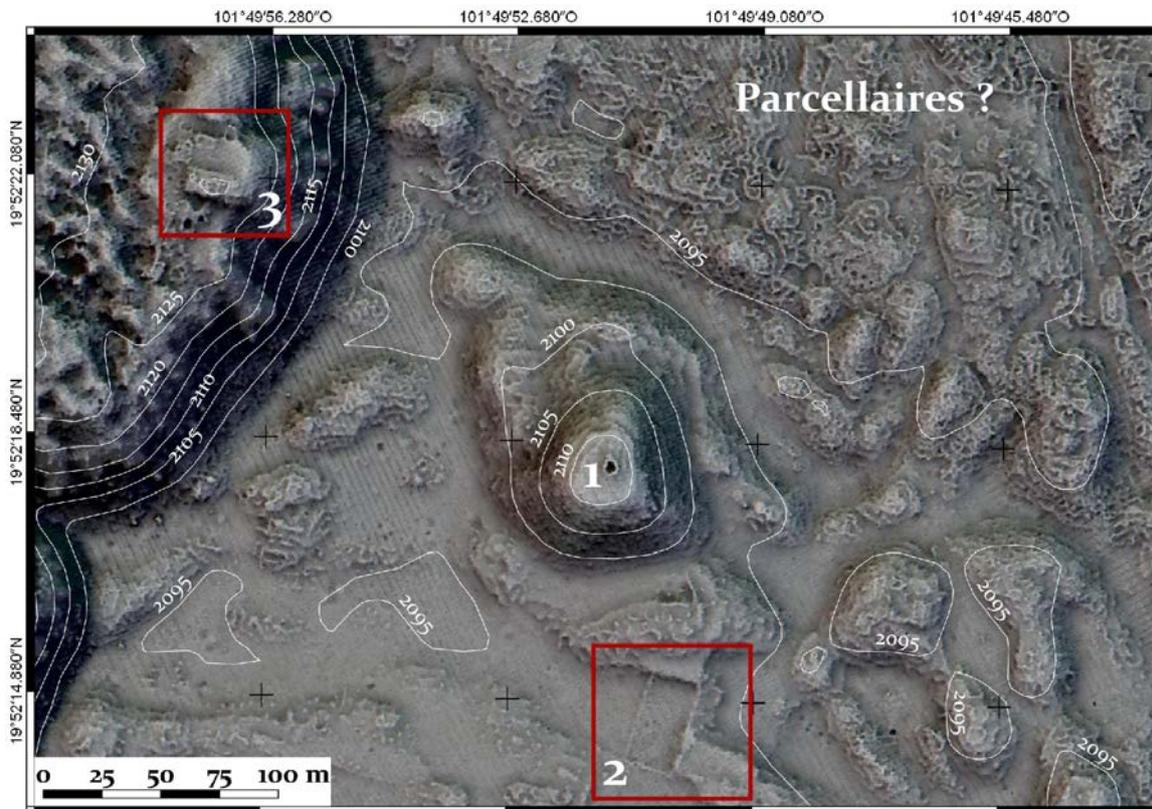


Figure 200 - Exemple d'organisation sur Mich. 439.

Au centre, le secteur « Colina » (1) avec un possible *patio hundido* (2). Au nord, un exemple des circonvolutions créées par les parcelles du site. À l'ouest, une vue de la colonisation de la coulée holocène d'El Infiernillo depuis Mich. 439 (3).

Outre les longues terrasses étroites qui accommodent les rides de coulée et qui rappellent les modes de construction observés sur Mich. 68 (7.1.8.1), la caractéristique principale de Mich. 439 est l'omniprésence de murs enchevêtrés qui semblent destinés à accommoder les Leptosols (Figure 200). Ils se présentent sous la forme de sortes de parcelles étroites, assez proche de ceux identifiés au Point d'émission de Mich. 68 (7.1.8.1), au sud-est de Mich. 317 (7.2.2.1), ou encore, dans une moindre mesure, sur Mich. 38 (7.3.1.1). La plus forte concentration de ces ouvrages se trouve dans la partie centre-ouest de Mich. 439, en bordure de la coulée d'El Infiernillo. Des constructions aménagent ponctuellement le front de cette dernière (ex. 3 sur Figure 200) et suggèrent une colonisation depuis Mich. 439.

Directement au sud, nous avons défini un espace civique que nous avons nommé **secteur « Colina »** (Figure 200). Une butte de 6000 m² domine les environs de plus de 10 m (1 sur Figure 200). Aménagée de terrasses concentriques, elle était vraisemblablement surmontée d'une structure, percée en son centre d'un trou de pillage. Au sud, la coulée volcanique est moins chaotique qu'ailleurs sur environ 4 ha et présente un grand *patio* N-S de 40x20 m (2). Un second *patio hundido* N-S de 21x8 m se trouve plus au sud.

Nous avons dénombré les maisons potentielles en fonction de leur forme cellulaire carrée ou rectangulaire. L'organisation en *patio* a été identifiée plusieurs fois. Nous dénombrons 228 maisons potentielles. Si ce décompte est encore très préliminaire²⁰³, il paraît raisonnable de penser que le site de Mich. 439 a pu accueillir près d'un millier de personnes au maximum de son occupation, toutes maisons contemporaines²⁰⁴.

Notons finalement la continuité du bâti entre Mich. 439 et la levée nord de la coulée de Las Milpillas, où s'étendent les dernières terrasses de Mich. 95 (7.3.3).

7.3.2.2. Éléments de datation et interprétation

En l'absence de vérifications de terrain, nous ne pouvons être catégorique ni sur la datation ni sur l'interprétation fonctionnelle de Mich. 439. La présence de *patios hundidos*, d'habitats de petite dimension ($\varnothing < 5$ m) organisés autour d'un *patio* central et la localisation du site en bordure de la vallée occultée par le Prieto – qui faisait le lien entre hautes et basses terres –,

²⁰³ Nous ne pouvons prendre pour argent comptant les observations faites sur le LiDAR. Néanmoins, dans certains cas, la fiabilité de l'identification comme habitation sur LiDAR est très bonne. Par ailleurs, dans toutes les zones vérifiées à ce jour (sur Mich. 318, 317 ou 319 par exemple), des structures d'habitat invisibles sur le LiDAR ont été mises en évidence (Pereira *et al.* 2016). Ainsi, les structures numérisées à tort comme des maisons sur le LiDAR sont, dans une certaine mesure, compensées par les structures réelles découvertes lors de la vérification.

²⁰⁴ Toujours sur la base de 5 à 6 personnes par maisons (Kolb *et al.* 1985), soit 1140 hbts (228 maisons x 5) à 1368 (228 x 6).

sont autant d'indices que Mich. 439 a pu être occupé pendant l'Épiclassique. L'omniprésence des murs aménageant les Leptosols reflète un caractère agraire. Enfin, les nombreuses maisons potentielles suggèrent un caractère résidentiel ou une occupation longue.

7.3.3. Mich. 95-96, Las Milpillas

Mich. 95 et 96 sont deux sites contigus. Le premier, « Las Milpillas », s'étend sur la coulée éponyme du Pléistocène récent 1 (100 ka - 30 ka BP) et le second, « El Malpaís de Las Milpillas », le jouxte au sud, sur la coulée holocène d'El Capaxtiro. Cette particularité implique une différence dans l'organisation de l'habitat, bien que les recherches antérieures aient permis d'attester de la contemporanéité des établissements. De fait, le double site a été découvert dès la fin du XIX^e siècle, mais la très grande majorité des connaissances dont nous disposons aujourd'hui vient surtout du fait qu'il a été choisi comme zone d'investigation privilégiée lors du projet Michoacán I, dans les années 1980 (fouille du groupe B notamment) (Michelet *et al.* 1988 ; Puaux 1989 ; Migeon 1991 ; Michelet 1998 ; Migeon 1998). Dans les années 2010, Forest a complété une partie de la cartographie et réétudié son organisation socio-spatiale (Forest 2014). Enfin, grâce au LiDAR, la cartographie *quasi* exhaustive du site a pu être réalisée, notamment *via* un atelier de webmapping (Combey 2017 ; Dorison *et al.* 2018). Notre connaissance personnelle du site se limite à une visite rapide sur le terrain et à de nombreuses observations réalisées sur le LiDAR.

7.3.3.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

- *Environnement*

Les découvertes récentes ont révélé que Mich. 95-96 ne s'étend pas sur deux, mais trois coulées différentes (Figure 201) :

- 1) sur la coulée de Las Milpillas (Pléistocène récent 1) pour la majorité du site ;
- 2) sur la frange nord d'El Capaxtiro (Holocène), au sommet et sur le versant ; et
- 3) sur une petite partie au sud-est de la coulée d'El Infiernillo (Holocène).

Des deux coulées de l'Holocène, c'est sur El Infiernillo que la pédogénèse est la plus développée. Toutefois, de manière générale, les Leptosols sont majoritaires sur les deux et ont été colonisés par une forêt de chêne – notablement favorisée par les aménagements anthropiques.

La situation est différente sur la coulée de Las Milpilllas, plane, où les Andosols sont majoritaires. Ils sont néanmoins ponctués de nombreux affleurements rocheux allongés, vestiges des rides de pressions originelles. Ils dominent leurs environs de plusieurs mètres. Ils sont occupés par une forêt de chêne, alors que les zones planes inter-rides présentent des prairies. Au nord, la levée et son versant forment un ultime relief rocheux. Il marque un coude O-E puis SE-NO et matérialise ainsi de façon nette la limite nord du site. Il semble que les prairies aient encore été cultivées jusqu'à relativement récemment²⁰⁵. Aujourd'hui, elles servent essentiellement de pâturages.

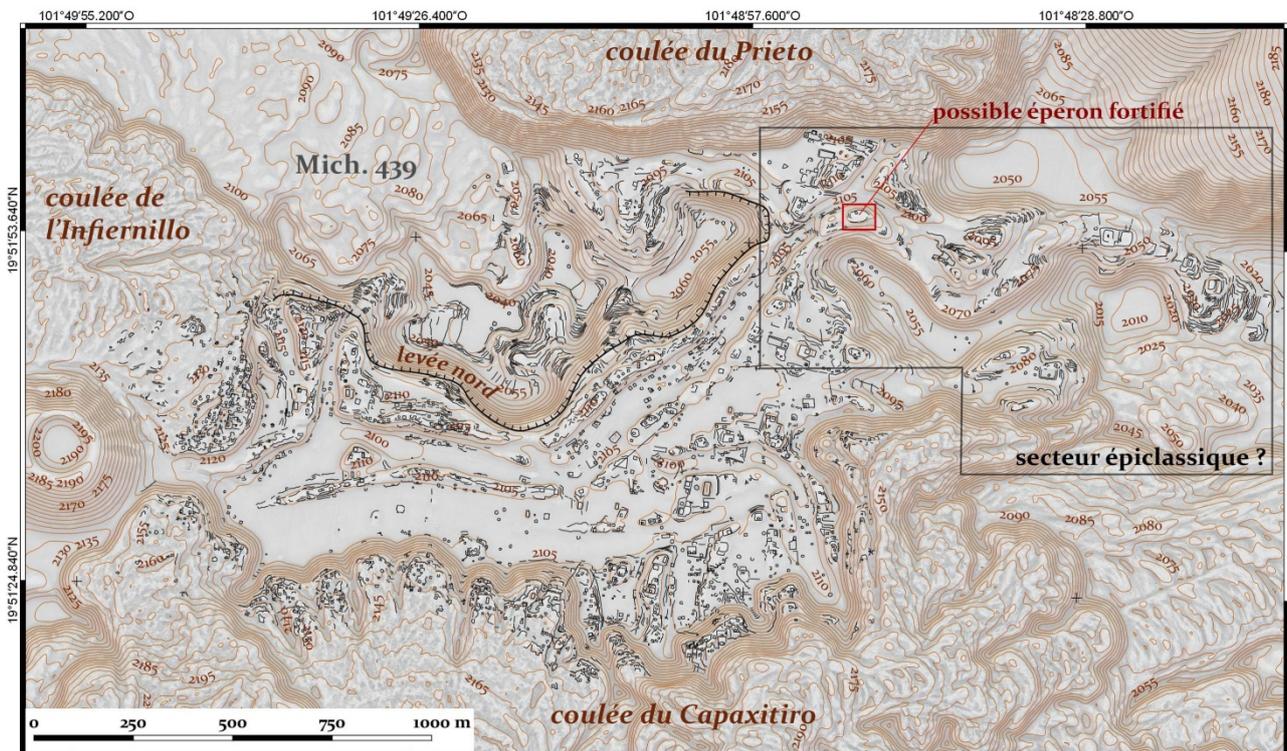


Figure 201 - Cartographie préliminaire du site de Mich. 95-96 réalisée sur la base des données acquises par saisie collaborative en webmapping (voir Forest 2014 pour une cartographie détaillée du site).

Notons finalement l'isolement relatif du site, en plein cœur du Malpaís. En effet, au-delà de la levée septentrionale, Mich. 95-96 est protégé par le mur de roche de la coulée du Prieto. Le flux de Las Joyitas de Milpilllas offre toutefois un passage vers le nord-ouest. L'extrémité ouest du site est fermée par le cône le plus oriental du complexe des Tres Cerritos et la coulée d'El Infiernillo. La frange sud est bloquée par la coulée d'El Capaxitiro. L'extrémité est ouverte

²⁰⁵ La zone n'était plus cultivée dans les années 1980. Toutefois, la traduction littérale de « *Las Milpilllas* » est « les petits champs de maïs (*milpas*) ». Cela semble indiquer que des cultures s'y trouvaient. L'hypothèse est corroborée par la présence de murs qui découpent les prairies en parcelles au sein du site. Par ailleurs, l'absence de couverture végétale plus développée dans ces espaces ouverts constitue un autre indice de leur mise en culture récente.

finalement sur un corridor formé par cette même coulée, au sud, et la faille de la Mesa El Pinal, au nord. L'accès privilégié à Mich. 95-96 se fait donc par ce côté.

- *État de conservation*

La conservation diffère selon que l'on se place sur les coulées récentes, difficiles d'accès, ou sur le flux plus ancien où s'étend la majorité du site. Cependant, hormis des destructions probablement liées aux labours coloniaux ou plus tardifs dans les prairies et des pillages sur certaines structures, les vestiges sont de manière générale bien conservés.

- *Organisation*

- 1) *Un site résidentiel du Postclassique moyen*

Comme évoqué au chapitre 4, le site de Mich. 95-96 a été découpé en quartiers – ou *barrios* (Michelet *et al.* 1988 ; Migeon 1998). Chacun est polarisé par un groupe cérémoniel constitué d'une pyramide, d'une place, d'un autel et d'une « grande maison ». Il existe ainsi autant de quartiers que de soubassements pyramidaux. La révision faite par Forest (2014) a cependant montré qu'il y avait en réalité une plus grande diversité dans l'articulation des espaces, dans la mesure où tous ne semblent pas strictement polarisés par une pyramide. L'auteur définit ainsi 5 types d'organisation socio-spatiale :

- 1) un pôle supra-local (zone civico-cérémonielle principale), que constitue le groupe Y1 ;
- 2) des pôles locaux ou « îlots », constitués par les quartiers secondaires organisés autour d'une pyramide ;
- 3) des pôles locaux en cours de structuration autour d'une zone cérémonielle ;
- 4) des zones où l'action locale de l'espace cérémoniel n'a pu être clairement identifiée ;
- 5) une « trame résidentielle intermédiaire ».

De manière générale, notons que l'organisation de l'habitat obéit avant tout à une logique similaire à celle de Mich. 31. Dans Mich. 95-96, cette similitude est claire sur les deux coulées holocènes (Infiernillo et Capaxtiro) où les maisons surmontent des terrasses, souvent individuelles, qui s'étagent à flanc de front de lave. Les rides qui affleurent sur la coulée ancienne (Milpillás) sont aménagées de façon similaire. Cette organisation rappelle par ailleurs celle observée sur Mich. 68 (7.1.8.1).

Les parties basses aussi étaient occupées, mais les destructions postérieures à l'abandon ont masqué une grande partie des vestiges. Notons toutefois une répartition préférentielle des structures au pied des affleurements, de manière, semble-t-il, à ne pas empiéter sur les sols téphriques potentiellement cultivables.

2) Un centre urbain cultivé en intrasite

La localisation particulière de Mich. 95-96 en grande partie sur une coulée ancienne lui offre l'avantage d'être cultivable en intrasite²⁰⁶. La mise en culture des sols téphriques des parties basses n'a pu être clairement attestée. On y observe cependant des structures circulaires composées d'une micro-butte centrale cernée d'un fossé superficiel, qui pourraient constituer des vestiges à caractère agraire (voir Mich. 319, 7.1.7.1).

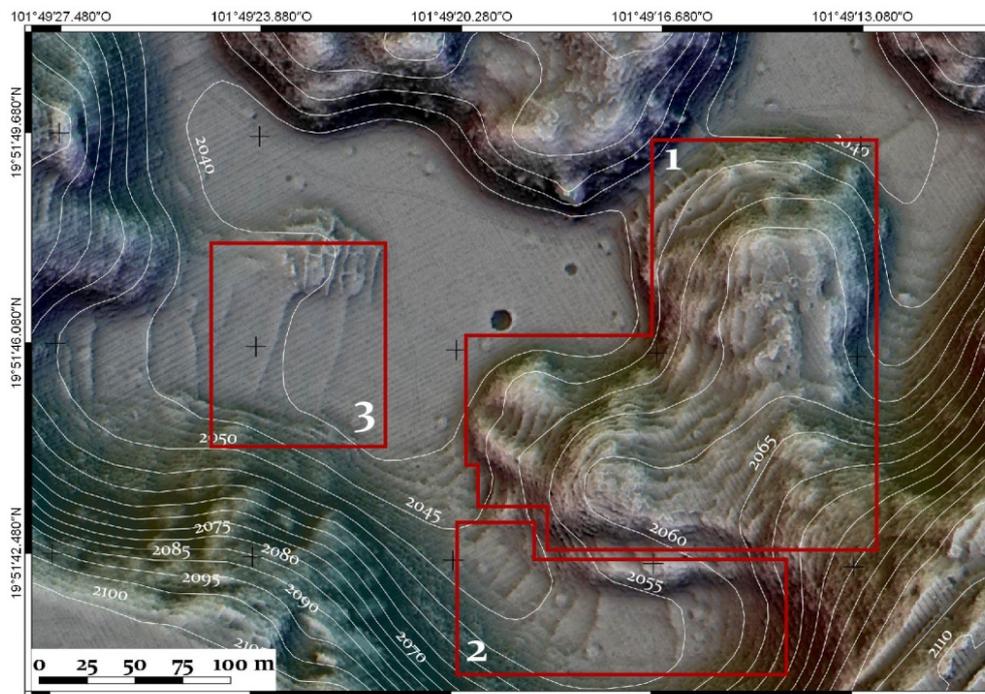


Figure 202 - Différents types de terrasses sur Mich. 95.

Nonobstant ces suppositions, le caractère agricole de Mich. 95-96 est attesté par de nombreuses terrasses. Le versant de la levée volcanique nord de Las Milpillas est intensément aménagé. On y observe des terrasses de nivellement à l'épaulement et sur le versant (1 sur Figure 202), puis des terrasses de ravin sur le bas versant (2) et même ce qui s'apparente à des terrasses de fond de vallée (*valley floor terraces* [Whitmore et Turner 2001], ou terrasses de pied de versant dans notre typologie) (3). Toutefois, la limite naturelle que constitue

²⁰⁶ Jusqu'à présent, cette particularité semblait exclusivement réservée à ce centre urbain, mais, comme nous l'avons vu, nous pensons aujourd'hui que Mich. 38 pouvait lui aussi être cultivé (7.3.1.1).

l'escarpement nord de la levée invite à la prudence quant à l'association de ces terrassements avec le site de Mich. 95-96. Peut-être sont-elles plutôt liées à Mich. 439 ?

3) Les vestiges d'occupations (anciennes ?) en marge du centre urbain

Parmi les vestiges agraires identifiés sur Mich. 95-96, on relève aussi des terrassements très nombreux à l'extrémité est du site, sur les reliefs de la coulée de Las Milpillas vers le corridor de La Cañada (Capaxtiro-El Pinal). Ils se développent autour et à proximité d'aménagements de types connus (Figure 203), tels que des plateformes de grandes dimensions qui nivèlent le sommet des reliefs, des *patios hundidos* – certains divisés aux deux tiers par un mur –, des bâtiments cellulaires d'habitat sensiblement plus réduits que ceux du centre du site, ou encore des réseaux de terrasses quasiment orthonormés. Ce sont là autant d'indices d'une occupation vraisemblablement plus ancienne de la partie est de Mich. 95-96, probablement à l'Épiclassique. À l'avenir, il faudra peut-être distinguer deux sites différents.

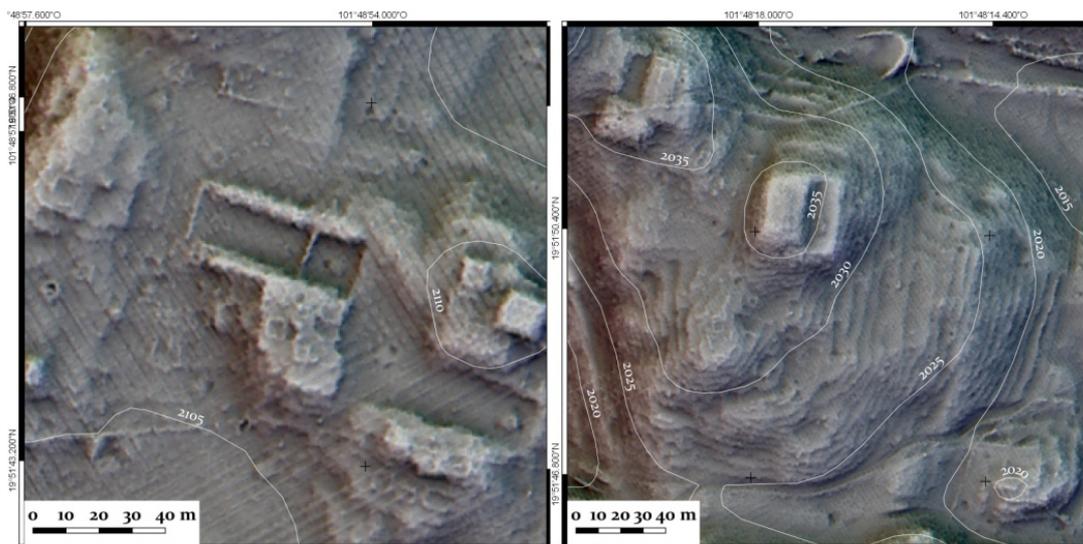


Figure 203 - Vestiges épiclassique ? *Patio hundido* (gauche) et plateformes monumentales encadrées de terrasses de nivellement (droite).

4) Un établissement protégé ?

Évoquons rapidement l'existence de modifications du terrain à vocation défensive potentielle. Outre sa localisation au cœur du Malpaís, protégée de toutes parts, Mich. 95-96 est pourvu d'un relief aménagé à l'entrée du corridor Capaxtiro-El Pinal. Il est surmonté d'un terre-plein, encerclé par un mur (Figure 204). La morphologie rappelle l'éperon fortifié identifié sur Mich. 68 (7.1.8.1).

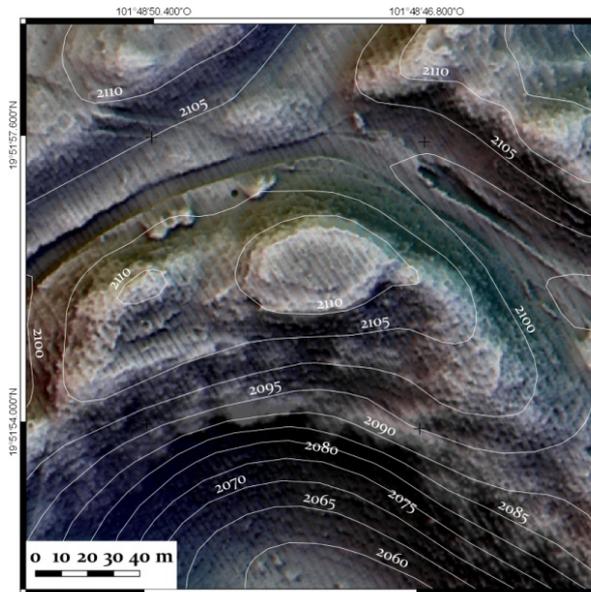


Figure 204 - Possible éperon fortifié à l'est de Mich. 95-96.

5) Une occupation distincte en marge de l'établissement

Terminons en mentionnant une occupation distincte de l'établissement urbain, mais dont la morphologie méritait d'être évoquée ici. Au-delà de la limite ouest de Mich. 95-96, la frange sud de l'Infiernillo est aménagée de parcelles constituées d'épierrements/dégagements de la surface chaotique de cette coulée. Accessibles depuis Mich. 95-96, ils semblent associés à un ou plusieurs établissements situés au-delà des Tres Cerritos que nous ne pourrions traiter dans le cadre de cette thèse. Soulignons un parcellaire particulièrement important, face au cône central des Tres Cerritos (Figure 205). Étendu sur plus d'un hectare, il est constitué de billons parallèles de plusieurs dizaines de mètres de long pour 2 à 3 m de large, espacés les uns des autres de 4 à 5 m. Leur caractère agraire est une éventualité qu'il faudra tester.

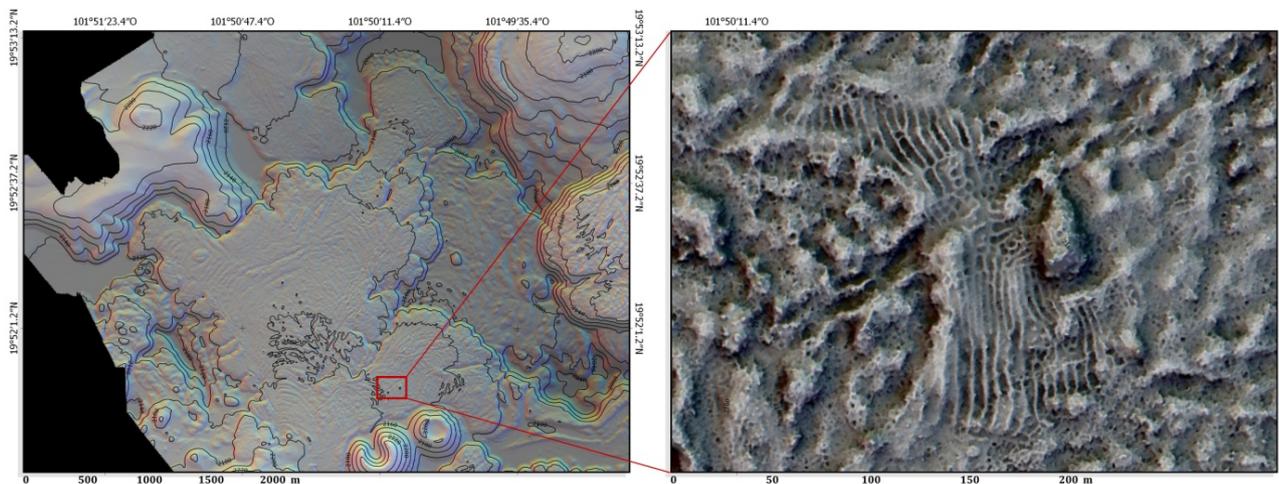


Figure 205 - Exemple du plus important « parcellaire » à vocation agraire possible identifié au sud de la coulée d'El Infiernillo.

7.3.3.2. Opérations de terrain

Comme on l'a évoqué, Mich. 95-96 a fait l'objet de nombreuses opérations de terrain dans les années 1980, puis d'une révision cartographique dans les années 2010. Nous invitons le lecteur à se reporter aux ouvrages qui compilent ces informations pour de plus amples détails :

- cartographie du site à l'alidade (Michelet *et al.* 1988 ; Michelet 1998)
- étude de la structure de l'habitat *via* la fouille de plusieurs unités résidentielles (Migeon 1991, 2015)
- étude des pratiques funéraires au travers de la fouille des sépultures du groupe B (Puaux 1989)
- étude de l'organisation socio-spatiale du site à partir de la cartographie alidade et de compléments de prospection au GPS (Forest 2014)

7.3.3.3. Éléments de datation et interprétation

La céramique, le lithique, l'architecture, et l'organisation spatiale sont autant d'indices de l'occupation de Mich. 95-96 principalement durant la phase Milpillas – par ailleurs nommée sur la base des investigations menées sur le site. Cette chronologie a été corroborée dès les années 1980 par trois datations ¹⁴C provenant des fouilles du groupe B (Michelet 1992). Quatre nouvelles datations²⁰⁷ ont récemment permis de les renforcer (Pereira *et al.* 2017). Celles-ci, couplées à celles réalisées sur Mich. 31 (7.1.1.3), soulèvent de nouvelles interrogations quant à la contemporanéité stricte des deux établissements. Une des hypothèses avancées par Pereira *et al.* (2017) est notamment une occupation plus précoce de Mich. 95-96.

Par ailleurs, dès les premières investigations, des indices d'une occupation plus ancienne encore avait été mis au jour : de la céramique alors datée du Postclassique ancien²⁰⁸ et un terrain de jeu de balle (Migeon 1991). Les données LiDAR confirment cette tendance. Elles ont mis en évidence de nombreux éléments vraisemblablement caractéristiques de l'Épiclassique – *patios hundidos*, terre-pleins monumentaux, habitats plus modestes, terrasses orthonormées. Ils se concentrent notamment dans les parties est et nord-est du site.

**

²⁰⁷ Issues des mêmes contextes toutefois.

²⁰⁸ Les révisions récentes des marqueurs céramiques du Postclassique ancien (Jadot 2016a et b), nous invitent à penser que ces indices reflètent en réalité une occupation plus ancienne encore, probablement de l'Épiclassique.

Mich. 95-96 est indéniablement un centre urbain du Postclassique moyen. Les fouilles et l'analyse spatiale l'ont clairement montré. Les interrogations demeurent toutefois en suspens en ce qui concerne sa contemporanéité avec ses homologues du Malpaís (Pereira *et al.* 2017). Notons tout particulièrement la question de la nature de ses relations avec son voisin occidental de Mich. 38, qui reste ambiguë. En effet, bien que la continuité du bâti ait été mise au jour entre les deux sites au travers de l'établissement de Mich. 439, nous n'avons que peu d'indices pour la datation de ce dernier. Ce qui ressort toutefois de l'image LIDAR est l'absence de voies de communication préférentielles entre Mich. 38 et Mich. 95-96. Au contraire, les deux centres sont séparés l'un de l'autre par la surface chaotique de la coulée d'El Infiernillo, laissée non aménagée. Plus généralement, Mich. 95-96, par sa localisation et la présence de possibles structures fortifiées, trahit un désir certain de protection de la part de ses habitants.

Par ailleurs, dans la continuité de ce qui avait été évoqué dès le projet Michoacán I, Mich. 95-96 semble avoir connu une occupation durant l'Épiclassique. En l'absence de données de terrain sur ce point, il nous est cependant impossible de nous avancer plus pour préciser l'intervalle de temps. Cette première colonisation de la coulée de Las Milpillars semble se concentrer aux extrémités est – et peut-être ouest – de l'établissement. L'étendue des vestiges dans la partie orientale est telle qu'il serait probablement nécessaire de définir un site distinct. Pour ce qui est de la partie occidentale, les indices sont bien moins sûrs et demeurent du domaine de la conjecture. Il est néanmoins évident que de nouveaux établissements sont aussi à découvrir de ce côté du Malpaís. Malgré les incertitudes à l'ouest, l'occupation potentielle à l'Épiclassique à l'est est très probable. Elle serait une fois de plus à mettre en relation avec le peuplement de la zone, en partie occulté par la formation du Prieto. De même, le Postclassique ancien demeure le grand absent et sa définition plus précise n'en devient que plus urgente.

7.3.4. Mich. 440, La Mesa El Pinal

Le site de Mich. 440 a été découvert grâce à l'image LiDAR sur l'ensemble du versant nord de la plus ancienne coulée de l'ouest du bassin, la Mesa El Pinal (Pléistocène ancien, 2 - 1 Ma BP).

7.3.4.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

La Mesa El Pinal est découpée par une faille en son versant sud, qui crée un dénivelé de près de 200 m avec le corridor qui mène à Mich. 95-96. Au sommet se trouve une dépression, constituant probablement le vestige du cratère. Ce dernier est flanqué à l'ouest d'une seconde éminence sommitale, légèrement moins élevée. Les pentes nord, est et ouest sont plus suaves, mais entaillées de nombreuses ravines et les bas versants nord et ouest sont cernés par la lave du Malpaís Prieto. L'accès au site le plus aisé se fait donc par l'est et la ciénega, mais il est aussi possible de gravir le relief depuis la coulée de Las Milpillás.

En dehors de l'escarpement sud, la couverture pédologique est dominée par des Andosols (INEGI 1979a). Une strate herbacée s'étend à l'épaule et en haut de versant. Le sommet et le bas versant oriental sont aujourd'hui en culture. Enfin, la partie du bas versant nord qui jouxte le Prieto a été colonisée par la forêt de chêne. L'ensemble du *cerro* sert aussi de pâturage.

▪ *État de conservation*

En l'absence de visite de terrain, il est difficile d'estimer la conservation du site. Nombre de terrasses semblent relativement épargnées par l'activité humaine post-abandon. Les cultures ont toutefois détruit l'architecture qui se développait au sommet du site.

▪ *Organisation*

Le site obéit à une organisation *a priori* relativement simple. Le sommet et l'épaule de la Mesa El Pinal sont occupés par des structures vraisemblablement résidentielles, intégrées au sein d'un réseau de terrasses qui couvre l'intégralité des versants nord, est et ouest du *cerro* (ex. Figure 206).

L'habitat ainsi identifié est constitué de bâtiments cellulaires carrés ($\varnothing \approx 4$ m), qui se concentrent principalement au niveau de l'éminence occidentale et autour du cratère, à l'épaule. Nous en avons dénombré 72. Des structures légèrement plus imposantes

surmontent les points culminants. Ainsi, un monticule carré de 8 m de côté, conservé sur environ 1 m de haut, trône au sommet de la partie la plus élevée du *cerro*, au sud-est du cratère (2218 m). De la même manière, un possible bâtiment cellulaire de 12x10 m lui fait face, à 400 m au nord-ouest, de l'autre côté du cratère. Notons aussi, sur un replat en contrebas de l'éminence occidentale, les vestiges d'un possible *patio hundido* d'environ 27x10 m orienté N-S (1 sur Figure 206).

Dans le versant, Observons ponctuellement des talus d'une trentaine de mètres de long pour une dizaine de large, surmontés pour certains par des bâtiments cellulaires. Ils rappellent les terrasses d'habitat identifiées sur Mich. 319, et dont un exemple a été fouillé (7.1.7). Le reste de la Mesa El Pinal est entièrement aménagé de terrasses régulièrement espacées de 5 à 10 m, dont la vocation agraire est hautement probable. Elles épousent généralement la courbure plane du versant, mais peuvent aussi être marquées par des angles droits. Au regard de leur ordonnancement, il est probable que les ravines aient entaillé ces réseaux de terrasses.

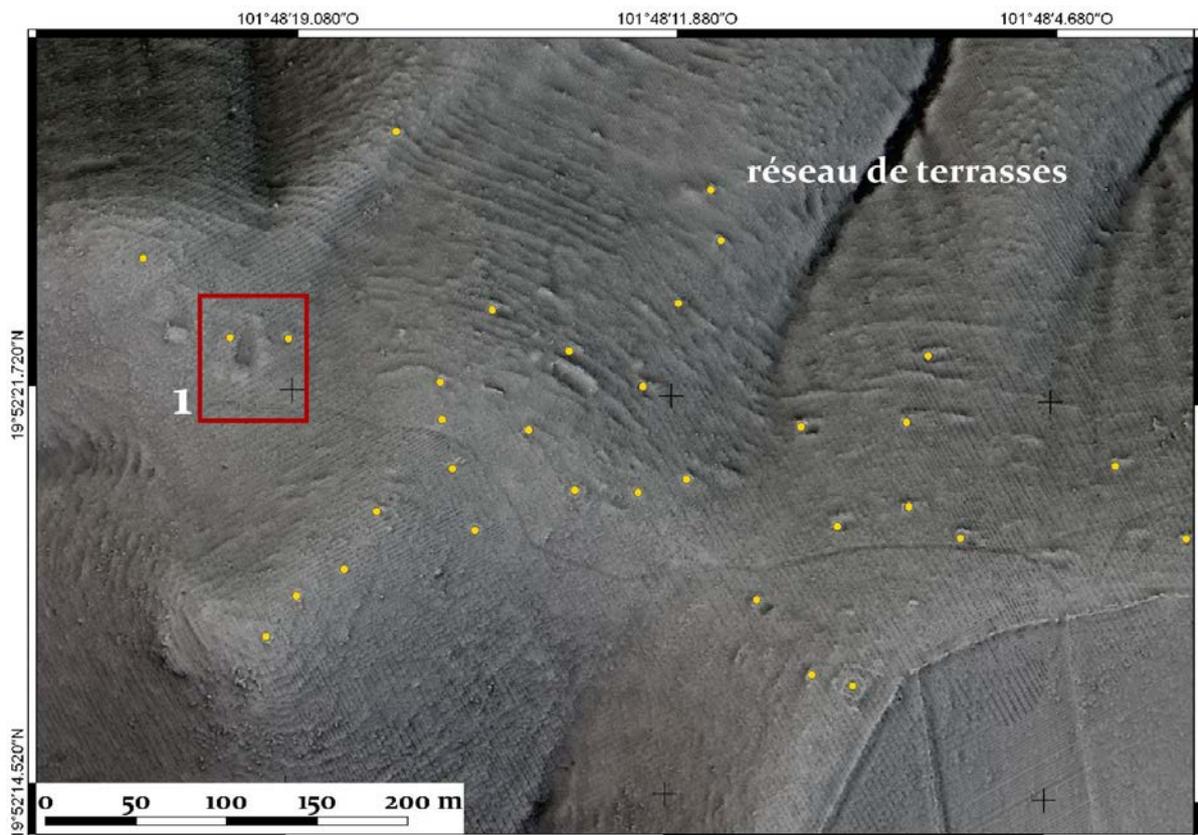


Figure 206 - Organisation de l'habitat dans la partie centrale de Mich. 440.
Les points jaunes correspondent aux habitats potentiels.

Notons finalement la présence de potentiels chemins, qui serpentent le long de l'escarpement sud pour gravir la Mesa.

7.3.4.2. Éléments de datation et interprétation

La datation du site n'a pas pu être vérifiée sur le terrain par des ramassages de matériel. Toutefois, l'organisation des réseaux de terrasses agricoles, la présence d'un *patio hundido*, ou encore les habitats carrés d'environ 4 m de côté, constituent des indices qui évoquent une occupation durant l'Épiclassique. La localisation du site le long du corridor E-O occulté par le Prieto est un autre argument en faveur de cette interprétation. La présence de terrasses d'habitat similaires à celles identifiées sur Mich. 319 pourrait être un marqueur de cette époque. Néanmoins, suite au sondage réalisé sur ce dernier site, nous avons vu qu'un doute demeure quant au positionnement chronologique de l'édification de ces terrasses (7.1.7.2).

**

Nous pensons que Mich. 440 constitue un site d'habitat relativement modeste occupé durant l'Épiclassique. Il a vraisemblablement pu accueillir entre 300 et 400 personnes²⁰⁹. Quelques rares structures revêtent peut-être un caractère civico-cérémoniel. Cependant, la vocation du site est principalement agraire. Nous pensons qu'il s'inscrit dans la même dynamique de peuplement que le reste des hautes terres et qu'il est notamment à mettre en lien avec le versant sud de Mich. 68 (7.1.8), duquel il a été isolé par la mise en place du bras oriental de la coulée du Prieto.

²⁰⁹ Sur la base de 5 à 6 personnes par maisons (Kolb *et al.* 1985), soit 360 (5x72 maisons) à 432 habitants (6x72).

7.4. DU PIÉMONT AUX RIVES DE L'ANCIEN LAC DE ZACAPU

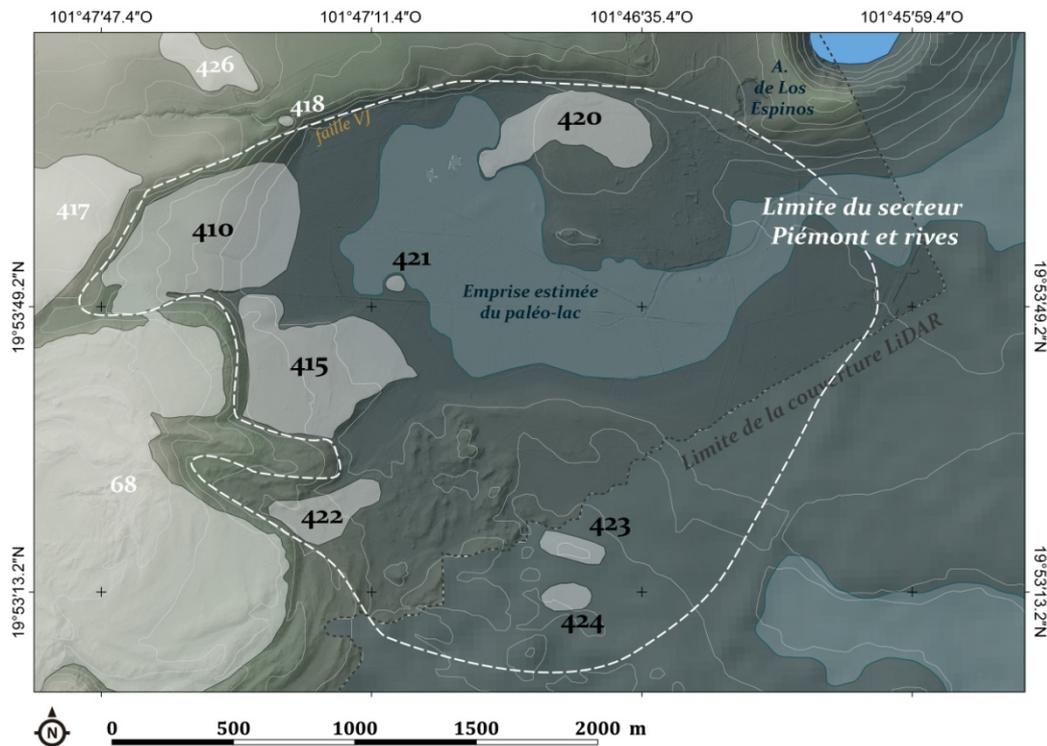


Figure 207 - Localisation du secteur *Piémont et rives*.

Le secteur *Piémont et rives* s'étend du versant de la coulée du Caracol vers l'est, jusqu'à la route Zacapu-Villa Jimenéz (Figure 207). Il est limité au nord par la faille et au sud par le bras sud de la coulée du Caracol. Nous avons parcouru la totalité de la zone à pied, en vérifiant les anomalies mises au jour lors des PAO. À l'exception du site de Mich. 420, le LiDAR n'a été que de peu d'utilité pour détecter de nouveaux sites dans ce secteur.

De manière générale, au regard du peu de vestiges rencontrés, le piémont et les rives semblent avoir été peu peuplés à l'époque préhispanique. Bien qu'il est évident que les facteurs taphonomiques sont différents dans la ciénega et dans les hautes terres (sédimentation lacustre sur les rives, destructions liées à la dessiccation du paléolac, aux labours...), nous pensons que cette occupation limitée constitue une réalité archéologique.

7.4.1. Mich. 410, La Centeña

Le site de la Centeña a été découvert en 2012 sur les pentes du vallon sec qui conduit du lac au plateau du Copalillo (Dorison 2013) (Figure 208). La reprise des prospections en 2015 et l'acquisition du LIDAR ont permis de préciser quelque peu la nature de ce petit site à l'histoire complexe.

7.4.1.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

- *Environnement*

Le vallon est encaissé entre la faille de VJ au nord et les versants rocheux de la coulée du Caracol au sud. Il ouvre, à l'est, sur la ciénega. Ses pentes herbacées se caractérisent par des sols argileux superficiels (< 1 m et souvent < 50 cm) et à forte pierrosité. Elles sont pour la plupart laissées en pâture. Deux replats dans la partie amont font exception. Ils bénéficient d'une profondeur de sol plus importante, sont bien drainés, et sont, par conséquent, cultivés aujourd'hui. Quelques parcelles sont aussi cultivées actuellement en bas de pente. De façon assez remarquable, elles continuent d'être travaillées à la charrue à chevaux, car les labours mécaniques entraîneraient une érosion trop rapide²¹⁰. Le vallon est par ailleurs entaillé de trois ravines marquées dans sa partie basse.

- *État de conservation*

La conservation est mauvaise. En qualité de passage naturel entre hautes et basses terres, le site a été malmené par la fréquentation continue. Par ailleurs, il semble que le vallon ait été en grande partie cultivé jusqu'à récemment.

- *Organisation*

Dans la partie sud du site de Mich. 410 sont concentrés quelques rares bâtiments cellulaires quadrangulaires (3 à 5 m de côté) (ex. 40, 42, 70), en aval du replat le moins élevé. La fouille a révélé qu'au moins l'un de ces bâtiments était un habitat préhispanique (7.4.1.2, UT 82). Ils sont associés à quelques terrasses agricoles. Ailleurs sur le site, des ramassages ponctuels ont révélé du matériel préhispanique. Ce sont les seuls éléments indiquant une occupation à cette période. Notons toutefois la présence d'un système de rampe qui débute au sud du replat, directement connecté avec l'escalier identifié sur Mich. 68, permettant de gravir le versant du Caracol.

²¹⁰ Information récupéré auprès des propriétaires des parcelles en question.

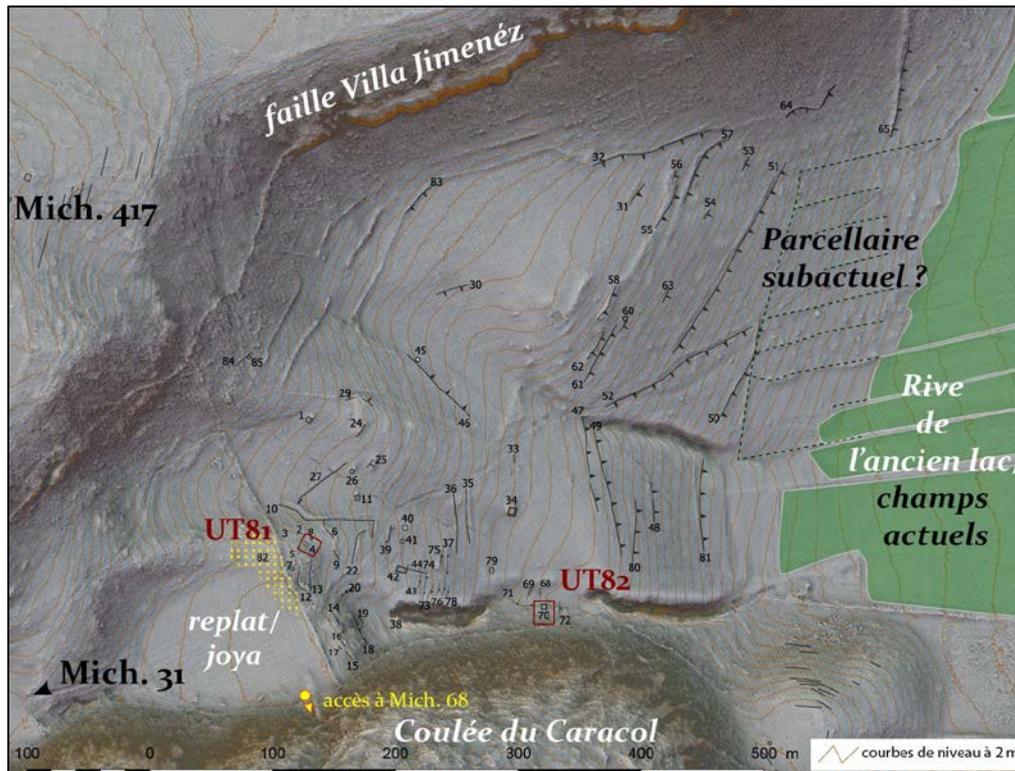


Figure 208 - Plan de Mich. 410.

Le reste de Mich. 410 correspond à des aménagements vraisemblablement plus tardifs. Ils se caractérisent surtout par des systèmes de talus et murs, qui traversent le vallon perpendiculairement à la pente ou en diagonale. On note de rares structures cellulaires (ex. 34), plus imposantes que les premières mentionnées par la facture de leurs murs. La plupart des terrasses et des murs semblent liés au réseau hydrographique temporaire du vallon. De possibles systèmes de digues dérivent les eaux de ruissellement pour les acheminer vers les ravines ou les conduire entre celles-ci. Certaines terrasses diagonales semblent avoir une fonction similaire. Les terrasses 51 et 52 convergent vers une zone quadrangulaire de 3 ha en bas de pente. Délimitée par des murs bas et segmentée en sept espaces contigus d'environ 4000 m² chacun, elle correspond vraisemblablement à un parcellaire encore cultivé il y a peu (encore dans les années 1940 ?)²¹¹.

D'autres systèmes de parcellaires se répartissent sur le versant nord du vallon, directement en aval de l'escarpement de la faille de VJ. Ils sont partagés dans leur longueur par des talus perpendiculaires à la pente. Ces parcellaires, recouverts d'une dense végétation, ont probablement été abandonnés à époque plus ancienne.

²¹¹ Des entretiens avec les agriculteurs locaux les plus âgés nous ont appris que le vallon était encore cultivé lorsqu'ils étaient enfants. Sans visite des lieux en leur compagnie, nous n'avons cependant pas pu préciser la localisation de ces cultures, ni les modalités de leur mise en œuvre.

7.4.1.2. Opérations de terrain

Outre les prospections, les ramassages et les observations à la tarière présentées au chapitre précédent, nous avons établi deux sondages sur des structures constituant de potentiels habitats préhispaniques.

▪ UT 81

Nous nous sommes attaché ici à fouiller la structure 410_004, localisée sur un espace peu pentu en aval du second replat cultivé, où nous avons identifié une concentration de vestiges potentiellement préhispaniques (Figure 209). Il s'agit d'un bâtiment cellulaire rectangulaire d'environ 4x4 m, dépourvu de mur nord. Des indices de remaniement ont pu être observés (épierrement et pierres délogées). Le sondage a été implanté en contrebas du mur est, entre la structure et un amoncellement de pierres linéaire d'environ 5 m, situé à deux mètres en aval.

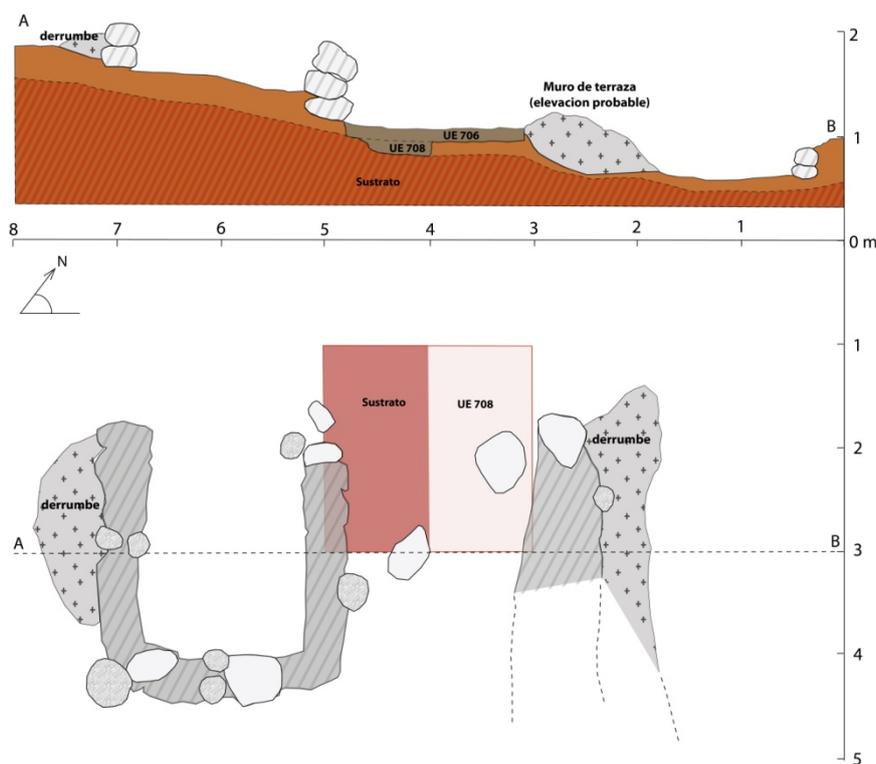


Figure 209 - Plan et profil de l'UT81

- Seuls 39 tessons fortement érodés ont pu être exhumés (ind.= 19). L'US supérieure a révélé des types diagnostiques de la fin de l'Épiclassique et du Postclassique ancien (*Hornos pulido* [NR = 8] et *Palacio pulido* [NR = 1]). Un tesson de la phase Lupe (groupe CIÉNEGA) et un fragment de la phase Milpillás (groupe MALPAÍS) ont aussi été retrouvés dans cette US. Le matériel de la seconde US était exclusivement Épiclassique (groupes

CARUPO, CIÉNEGA et LA JOYA). La structure semble ainsi avoir été occupée à la fin de cette période. Néanmoins, le faible effectif rend difficile toute affirmation.

▪ *UT 82*

L'UT 82 s'est intéressée à un bâtiment cellulaire de 4x4,50 m, 410_070, partiellement épierré (Figure 210). Sont notables la proximité de petites terrasses transversales de ravin, ainsi que la position de la structure dans un espace peu pentu au sein d'un corridor concave, raviné en amont et en aval. La fonction des terrasses était donc vraisemblablement agraire, puisque construites de manière à profiter des eaux de ruissellement. Le sondage a été implanté dans l'angle nord-est de la structure 410_070.

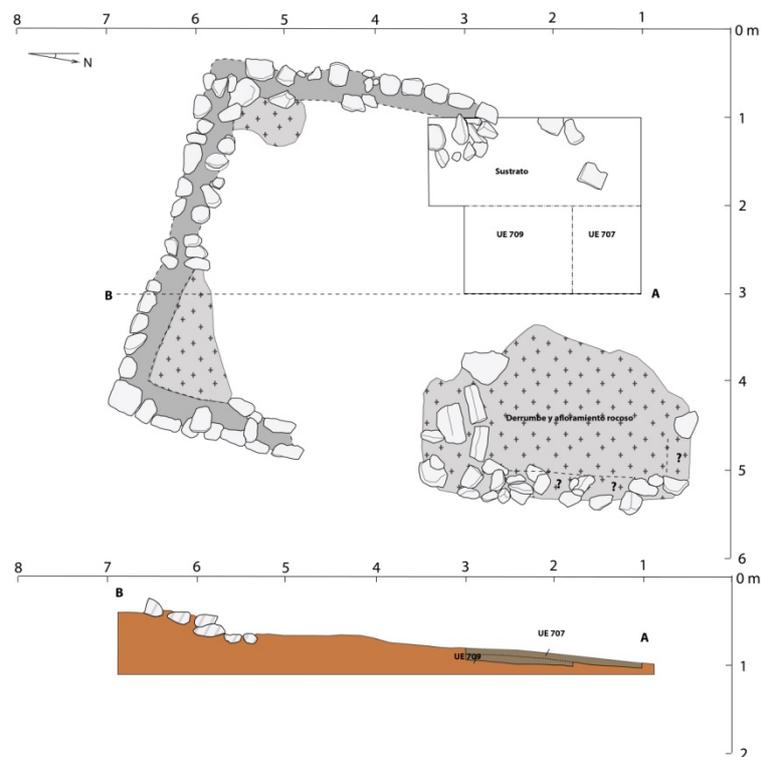


Figure 210 - Plan et profil de l'UT82

Le nettoyage complet a révélé la première assise, bien construite. La forme correspond bien à celle connue pour les habitats dans les centres urbains du Postclassique moyen. Cette hypothèse de rattachement chronologique a été corroborée par le matériel (NRt = 151 ; ind.= 76), quasiment exclusivement associé à la phase Milpillas (groupes MALPAÍS, PRIETO, et ZACAPU). Quelques tessons à l'identification peu sûre pourraient toutefois s'avérer plus anciens – types *Lupe pulido*, *Ciénega rojo*, *La Joya rojo* et groupe HORNOS. Deux outils en andésite ont par ailleurs été exhumés.

7.4.1.3. Éléments de datation et interprétation

Les ramassages de surface, assez pauvres (NRt = 54 ; ind.= 33), ont permis d'identifier à parts relativement égales des types du Postclassique moyen et de l'Épiclassique. La morphologie des habitats et les fouilles corroborent cette représentation – certes limitée – des deux époques. Les autres aménagements du site – notamment les parcellaires – semblent postérieurs à l'époque préhispanique, coloniaux ou plus tardifs.

**

Au regard de la ténuité des indices, nous pensons qu'à l'époque préhispanique, le site de Mich. 410 a avant tout constitué une zone de passage. Quelques aménagements semblent avoir été implantés dès l'Épiclassique, sans que nous puissions en préciser la nature. La relation de l'établissement avec Mich. 68 est plus évidente. Un escalier et une rampe les lient. Cette connexion est vraisemblablement contemporaine de l'occupation de Mich. 68 en phase Milpillas (7.1.8). Pour cette période, nous avons émis l'hypothèse que certains des murs qui traversent le vallon, auraient pu constituer une forme de restriction ou de contrôle du passage (Dorison 2013). La présence de structures Milpillas – largement isolées toutefois – est peut-être un indice allant dans ce sens. Leur fonction demeure cependant obscure. Seule semble claire leur association à des pratiques agraires, de par leur proximité avec des terrasses cultivables de morphologie préhispanique.

Il n'est pas impossible que Mich. 410 ait pu constituer un petit avant-poste lié à Mich. 31 et son plateau, notamment lorsque l'on prend en considération sa proximité avec le lac, précieux pour son eau. Cependant, nous revenons aujourd'hui sur l'idée d'une vocation défensive du site, et plus spécifiquement des murs qui y ont été mis au jour. Nonobstant le manque de datation – et l'absence notable de céramique coloniale –, nous pensons désormais qu'il s'agit d'aménagements agraires plus tardifs à rapprocher de l'occupation coloniale de la zone de Cuarún (voir 7.4.2). Leur morphologie est inconnue ailleurs dans les sites préhispaniques. Leur orientation nous amène à supposer un usage pour canaliser les eaux de pluie, notamment vers les parcellaires du bas de pente. La forme de ces derniers évoque par ailleurs celle des délimitations de champs traditionnellement pratiquées dans la région encore aujourd'hui.

7.4.2. Mich. 415, Las Iglesias de Los Espinos / Cuarún

Nous avons découvert le site de Mich. 415 au printemps 2015, lors de la vérification des PAO satellites, sur un bras de coulée volcanique ancienne à l'est du Caracol. Un enregistrement préliminaire a alors été réalisé. La céramique, l'architecture, et l'organisation spatiale ont rapidement indiqué que le site pouvait être colonial. La supervision des opérations est ainsi passée depuis 2016 à Karine Lefebvre – spécialiste de la période du contact en Mésoamérique –, qui a su démontrer cette hypothèse (Lefebvre et Quezada 2016).

7.4.2.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

Mich. 415 se trouve sur un bras de coulée Pléistocène moyen que nous nommons Las Iglesias, recouvert par le flux du Caracol. En pente douce globalement SO-NE, le bras abouti dans la plaine lacustre. Les sols sont similaires à ceux observés dans le vallon sec voisin. Ils sont argilo-limoneux et relativement pierreux. Le site se trouve au cœur de champs actuellement cultivés de pêchers et de maïs. Les agriculteurs évitent les structures avec leurs tracteurs.

▪ *État de conservation*

La conservation est mauvaise en raison de la localisation du site. Les destructions liées aux labours et aux épierrements sont nombreuses.

▪ *Organisation*

Le site est organisé selon un quadrillage de rues orthonormées (en orange sur Figure 211). Nous avons ainsi identifié cinq rues N-S et deux E-O. Deux de ces axes convergent vers une place centrale de plus de 4000 m². Elle fait face à un grand bâtiment allongé orienté E-O, qui la borde à l'est. Celui-ci est interprété comme un édifice religieux (Lefebvre et Quezada 2016). Une seconde structure au plan interne complexe, composée de plusieurs pièces, flanque la place dans son angle sud-est. L'ensemble constituait sans doute un espace structurant de l'établissement (Lefebvre et Quezada *ibid.*).

Outre la place centrale, des bâtiments cellulaires rectangulaires bordent les rues. Ils constituent probablement des habitats d'un module assez grand. Ils mesurent généralement plus de 10 m de côté et sont dotés pour la plupart de pièces internes. Notons, à l'ouest, plusieurs grands bâtiments rectangulaires (15 à 20 m de long), alignés selon un axe N-S au pied de la coulée du Caracol. Bien conservés, ils présentent des murs épais de 0,5 à 1,5 m de

large. Ils avaient à l'origine été regroupés en un établissement distinct (anciennement Mich. 419 [Dorison et Michelet 2015]). Toutefois les révisions de terrain réalisées par Lefebvre et les traitements du LiDAR ont révélé une continuité entre les espaces, malgré des destructions importantes dans la partie centrale, à imputer aux labours contemporains.



Figure 211 - Plan de Mich. 415.

Il convient finalement de mentionner la présence de vestiges de terrasses, qui aménagent la pente douce du bras de coulée pour l'habitat et la mise en culture.

7.4.2.2. Opérations de terrain

En dehors des vérifications pédestres du plan et de ramassages de surface, le site a fait l'objet de plusieurs sondages pour préciser sa datation et la fonction des bâtiments. De manière générale, l'altération est particulièrement importante. Les unités de travail sont listées ci-après :

- UT 136 (dir. Quezada) : sondage dans une zone de circulation nivelée entre deux structures quadrangulaires. Ont été mis en évidence des éléments coloniaux et préhispaniques dans le remplissage (Postclassique ancien et Épiclassique).
- UT 143 et 156 (dir. Lefebvre) : fouilles extensives de la structure 415_039, qui borde la place centrale. L'excavation représente plus de 70 m² et a révélé le

caractère résidentiel et la chronologie coloniale de la structure, malgré une altération importante.

- UT 144 (dir. Lefebvre) : sondage dans l'angle nord-ouest de la place centrale. Bien que l'aménagement ait été interprété comme colonial sur des critères architecturaux et spatiaux, la fouille n'a pas révélé de céramique de cette époque. Quelques éléments diagnostiques évoquent une fréquentation à la fin de l'Épiclassique.
- UT 157 (dir. Lefebvre) : sondage sur une structure résidentielle plus modeste (415_069). La fouille a révélé une occupation coloniale et des sols fortement altérés.

7.4.2.3. Éléments de datation et interprétation

Les ramassages et fouilles ont révélé du matériel majoritairement colonial, notamment attesté par l'omniprésence du type céramique *Romita Sgraffito* (1530-1560) (Lefebvre et Quezada 2016) (Figure 212). Néanmoins, les travaux ont aussi mis en évidence des groupes céramiques plus anciens (ex. HORNOS, CIÉNEGA). Ils sont toutefois assez marginaux et localisés dans des contextes peu sûrs (ex. remblais). Au même titre, on note en surface des types du Postclassique récent (*Tariácuri*, *Évolution Zacapu Tosco*), rares dans la région.

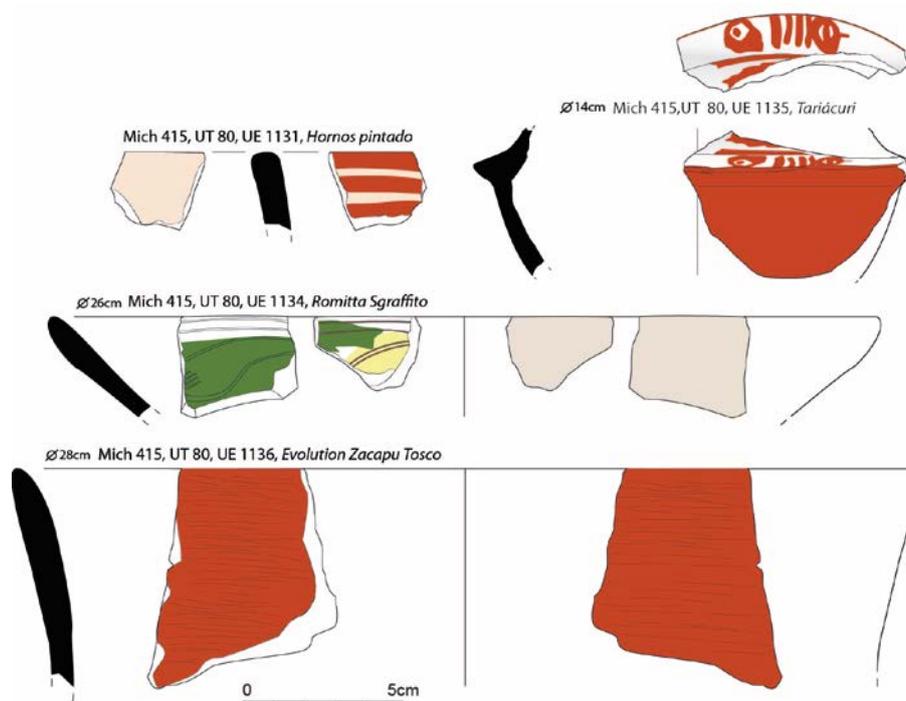


Figure 212 - Différents types céramiques retrouvés en surface sur Mich. 415.

Outre les données céramiques, l'organisation de l'espace le long de rues, la convergence vers une place centrale flanquée d'un édifice probablement religieux de plan inconnu à

l'époque préhispanique, ou encore l'architecture, confirment le placement chronologique de Mich. 415 à l'époque du Contact.

**

Les travaux des chercheurs qui se sont intéressés à Mich. 415 indiquent que le site a été édifié durant la première moitié du XVI^e siècle. Il s'agit d'un petit village structuré autour d'une place, qui concentrait probablement des activités d'ordre civique et/ou religieux. L'ébauche d'une distinction sociale entre les habitats transparait au travers de la fouille. En effet, la faune européenne (bovidés et ovicapridés) est introduite de façon précoce, tout comme la céramique vitrifiée. Toutefois, leur répartition ne semble pas homogène sur l'ensemble du site.

Au niveau microrégional, nous sommes tenté de rapprocher Mich. 415 de Mich. 410 (7.4.1). De fait, les aménagements postérieurs à l'époque préhispanique observés dans le second site, sont peut-être en partie contemporains du premier. L'hypothèse reste néanmoins à vérifier par la fouille. Par ailleurs, outre l'habitat colonial, la zone de Mich. 415 semble aussi avoir été, au minimum, fréquentée à la fin de l'Épiclassique, et peut-être au début du Postclassique. À ce titre, nous pensons qu'il est à mettre en relation avec Mich. 420 (7.4.3) et Mich. 422 (7.4.5), et plus largement avec une occupation des rives du paléolac à la fin de l'Épiclassique. Enfin, la présence de types céramiques de la phase Tariácuri sur Mich. 68 (7.1.8) et Mich. 415 – jamais mis en évidence dans d'autres sites de la région –, nous encourage à proposer l'hypothèse d'un rapprochement entre les deux établissements, par ailleurs voisins. Lefebvre propose que Mich. 415 puisse peut-être constituer la matérialisation de la réduction coloniale du site préhispanique de Mich. 68 (Lefebvre n.d., comm. pers.).

7.4.3. Mich. 420, Los Espinos

Nous avons découvert le site de Mich. 420 au printemps 2015, au cours des vérifications des PAO satellites, à l'ouest du village actuel éponyme.

7.4.3.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

Mich. 420 s'étend – au minimum – au sommet et sur le versant ouest du relief sur lequel se trouve aujourd'hui le village de Los Espinos (Figure 213). Ce relief d'environ 60 ha est géologiquement mal caractérisé. Il s'agit d'un vestige de coulée, probablement du Pléistocène moyen, qui surplombe la plaine lacustre d'environ 25 m, en contrebas du *maar* de la Alberca.

Les eaux d'un appendice du lac formant une petite anse venaient lécher le piémont du *mogote*. Il présente par ailleurs quelques affleurements rocheux, notamment dans la zone où se développe le site à l'ouest. La végétation est essentiellement herbacée et des cultures actuelles existent au sommet et dans la plaine. Le village actuel recouvre quant à lui toute la partie est du relief. Les Vertisols dominent la couverture pédologique et on note la présence d'Histosols dans la plaine lacustre.

- *État de conservation*

Au regard de la proximité avec le village actuel et les champs cultivés, il n'est pas exagéré de dire que le site est mal, voire très mal, conservé. Les destructions perceptibles dans la partie ouest non habitée semblent ne constituer que la partie émergée de l'iceberg. En effet, lorsqu'on interroge les locaux, ils relatent volontiers diverses histoires de découvertes fortuites de tessons, et même d'urnes funéraires, au gré du creusement des fondations de maisons dans différentes parties du village.

- *Organisation*

En dépit des destructions, les prospections, fouilles et images LiDAR révèlent l'existence d'un site que nous pensons clef dans la compréhension des dynamiques de peuplement de cette zone de piémont, au contact avec l'ancien lac. La surface reconnue sur l'image LiDAR représente environ 15 ha.

Mich. 420 peut être divisé en deux secteurs, Haut et Bas.

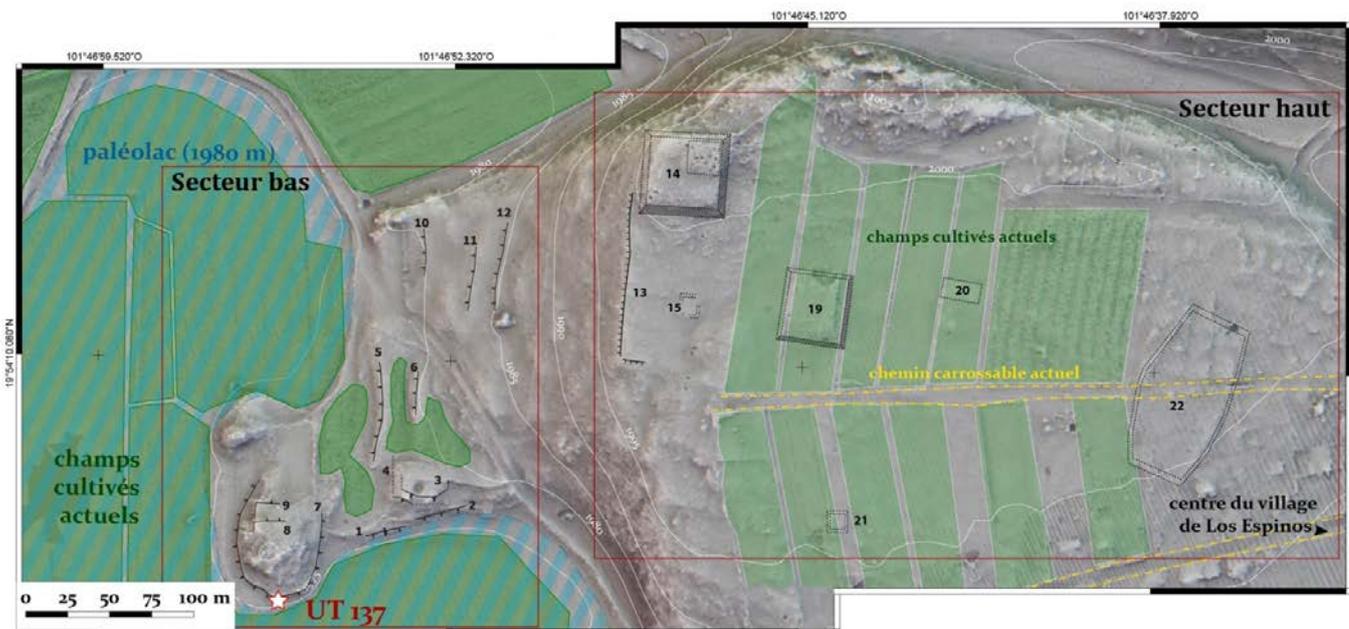


Figure 213 - Plan de Mich. 420

Le **secteur Haut** constitue un espace civique. Quelques éléments avaient pu être identifiés au cours des prospections pédestres, mais c'est grâce au traitement LRM du LiDAR que nous avons pu prendre conscience de l'ampleur véritable des aménagements, invisibles sur le terrain. Le sommet du *mogote* semble avoir été nivelé sur au moins 3 ha – probablement plus. Cet espace grossièrement rectangulaire de 240x140 m se trouve amputé dans sa majeure partie par les champs actuels. Il est délimité à l'ouest sur toute sa largeur par une terrasse N-S (13), à l'épaule du relief et au nord par un affleurement rocheux. Dans son angle nord-ouest se trouve la structure la plus imposante du site : une plateforme potentiellement carrée d'environ 46 m de côté (14), pour une hauteur conservée d'un peu plus de 2 m. Elle semble avoir été surmontée d'une superstructure quadrangulaire de 18x18 m, placée dans son angle nord-est. L'ensemble est criblé de trous de pillage. À 60 m au sud de la plateforme, se trouvent les vestiges d'un bâtiment *a priori* cellulaire et rectangulaire, de 11x9 m (15). À 50 m à l'est de ce dernier, le LRM a révélé une seconde plateforme carrée d'environ 36 m de côté (19), sur laquelle trônent potentiellement les vestiges de murs²¹². D'autres structures possibles occupent l'espace nivelé du sommet. Le dernier élément notable de cette zone est situé plus à l'est encore, recouvert par des parcelles cultivées et les premières maisons du village. Il s'agit d'un très grand aménagement d'environ 100 m de long pour 50 de large, délimité par des murs légèrement courbes dans la longueur (22). Si par sa taille il rappelle les parcelles actuellement en culture, le fait qu'il soit recouvert par celles-ci et que ses côtés soient courbés nous incite à le distinguer. Par ailleurs, son orientation diffère elle aussi ($\alpha \approx 25^\circ$ NNE-SSO).

À l'ouest de la terrasse 13, à environ 50 m en contrebas, la pente est aménagée de quelques terrasses longues d'une soixantaine de mètres (10, 11, 12). Elles marquent l'entrée dans le **secteur Bas**. Il occupe une avancée de la coulée dans la ciénega et a été le premier identifié. Au sud-ouest des terrasses 10, 11 et 12 se trouve une plateforme à deux niveaux (3). Autour, on observe d'autres fragments de terrasses en bordure de la ciénega. À l'extrémité de la coulée, un affleurement rocheux est cerné par un aménagement linéaire mal défini (7). Bien que très détérioré, cet aménagement prend la forme d'une terrasse dans sa partie sud. Notons finalement la présence de quelques terrasses transversales de ravin au nord du *mogote*, dans un corridor entre celui-ci et la faille de Villa Jimenéz (non visibles sur le plan).

²¹² Cette plateforme a notablement été creusée par les locaux pour l'extraction de pierres de construction alors que nous étions sur le terrain. Nous avons pu récupérer et analyser une partie du matériel hors contexte exhumé (UT 80, US 1125).

7.4.3.2. Opérations de terrain

▪ UT 137

La localisation du site dans des zones cultivées a fortement entravé nos potentialités d'excavation. Certains propriétaires de parcelles nous ayant refusé l'accès à leurs terres, nous avons jusqu'ici dû nous contenter d'un unique sondage – bien trop réduit au demeurant – d'1x1 m, en contrebas de la terrasse 420_007. Nous cherchions à récolter du matériel diagnostique pour affiner la datation du site, autrement éclairée par des ramassages de surface (UT80).

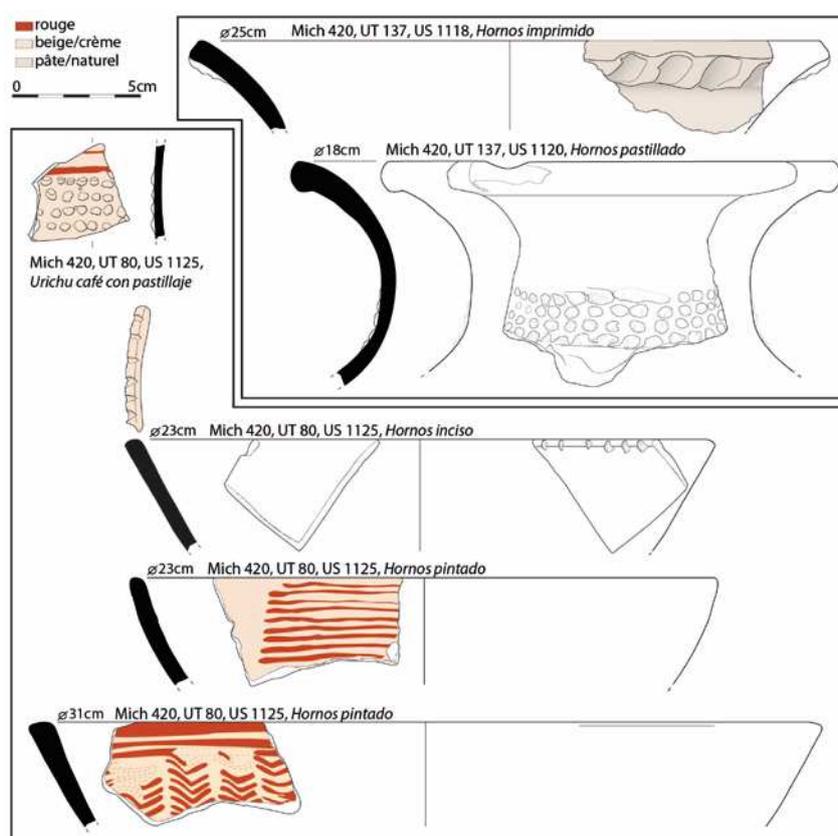


Figure 214 - Tessons du groupe HORNOS et URICHU retrouvés en fouille (UT137) et en surface (UT80) à Mich. 420 (Dessin : S. Éliès).

Le nettoyage de la structure a révélé un état de dégradation avancé. Aux nombreux épierrements de la terrasse elle-même, s'ajoute l'amoncellement récent sur celle-ci de pierres extraites des champs voisins. Un profil a pu être dessiné, indiquant une hauteur de 1 m par rapport au niveau supposé du paléolac. La stratigraphie était perturbée. En témoigne une vertèbre de suidé ou de bovidé moderne retrouvée à 40 cm de profondeur. Par conséquent, le matériel exhumé (NRt = 97 ; ind.= 49) provenait vraisemblablement de l'érosion de la terrasse. Les types céramiques sont associés à l'Épiclassique et à la première moitié du

Postclassique ancien – *Hornos pulido, Hornos inciso, Hornos imprimido, Hornos pastillado* (Figure 214) et *Urichu café con pastillaje*. De nombreuses esquilles d’obsidienne ont aussi été exhumées.

7.4.3.3. Éléments de datation et interprétation

Fouilles et ramassages de surface (NRt = 195 ; ind.= 115) ont mis au jour du matériel exclusivement daté de la fin de l’Épiclassique et du début du Postclassique ancien – groupes URICHU, HORNOS et PALACIO. L’absence totale des groupes céramiques LUPE, LA JOYA, CIÉNEGA et CARUPO, caractéristiques de l’Épiclassique, est tout à fait remarquable. Il est raisonnable d’envisager que Mich. 420 soit un établissement occupé entre la fin du IX^e siècle (ou plus tard) et le début du XII^e. En d’autres termes, le site a été habité à une époque très mal documentée dans la région à cause de l’abandon généralisé qui fait suite à l’éruption du Prieto au X^e siècle (Mahgoub *et al.* 2018).

Mentionnons finalement que les informateurs nous ont rapporté la découverte d’urnes funéraires ailleurs dans le village de Los Espinos. Bien qu’aucun de ces objets n’ait pu être consulté, ce type de traitement des défunts évoque le Postclassique moyen (Piaux 1989 ; Pereira *et al.* 2013 et 2014) ou, de façon plus exceptionnelle, le Classique (Arnauld *et al.* 1993 ; Pereira 1999)²¹³.

**

Mich. 420 a été édifié à une époque de trouble pour la région et a été principalement habité entre la fin du IX^e et le début du XII^e siècle. Il constitue, semble-t-il, une occupation résiduelle du Nord-Ouest du bassin de Zacapu suite à l’abandon massif de la zone. À ce titre, il s’apparente à l’établissement de Mich. 422 (7.4.5). L’absence de certains types céramiques caractéristiques de l’Épiclassique soulève de nombreuses interrogations :

- Cela reflète-t-il des traditions céramiques en partie contemporaines, homologues, voire cousines, mais différentes ? Ou simplement plus tardives ?

²¹³ Au Classique en contexte funéraire, les urnes sont typiquement des contenants pour les incinérations. Or, nos informateurs ont explicitement parlé d’urnes funéraires. Il est peu probable que les découvreurs de telles urnes à Los Espinos, non expérimentés, aient pu les associer à des inhumations si elles ne contenaient pas d’ossements. Il est plus raisonnable de penser que c’est la présence de restes humains qui les a amenés à parler d’urnes funéraires. Il est par conséquent plus probable qu’il s’agisse d’urnes postclassiques.

- Les producteurs sont-ils des contemporains de ceux des hautes terres et des *lomas*, qui auraient décidé de rester quand les autres ont fui ? Ou sont-ils au contraire des gens venus s'installer près du lac après l'abandon des hautes terres ?
- Ou bien encore l'absence des groupes céramiques Lupe, La Joya, Ciénega et Carupo est-elle le reflet des lacunes de l'investigation ?

On relèvera par ailleurs que les indices récoltés auprès des informateurs suggèrent une possible occupation du site plus tardivement, durant le Postclassique moyen.

Quelle qu'ait été la chronologie d'occupation de Mich. 420, nous pouvons d'ores et déjà proposer quelques minces hypothèses quant à sa fonction. Il semble vraisemblable que le site ait revêtu une vocation civique et probablement cérémonielle. En témoignent les plateformes et aménagements monumentaux qui occupent le sommet du *mogote*. Par ailleurs, la proximité du paléolac et la faible représentation de vestiges agricoles de type terrasse – ailleurs si nombreux – invitent à réfléchir à une économie de subsistance peut-être plus orientée vers les ressources lacustres. Une étude précise du matériel lithique apporterait peut-être des éclaircissements sur ce point. Toutefois, sans de plus amples opérations de fouille, il nous est difficile de nous avancer plus sur la nature de l'établissement.

7.4.4. Mich. 421, El Mogote de Cuarún

Mich. 421 a été découvert au cours des prospections du printemps 2015. Il se trouve en bordure de la ciénega, à environ 200 m au nord-est de Mich. 415, et fait face à Mich. 420 au bord de l'appendice lacustre où se trouve la source de Cuarún. Notre choix de séparer Mich. 415 et Mich. 421 tient au contexte environnemental de ce dernier, sur une éminence isolée. La céramique a par ailleurs montré leur non-contemporanéité.

7.4.4.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

Les limites du site coïncident avec la petite éminence (environ 6500 m²) sur laquelle il a été édifié. Elle correspond à un résidu d'une coulée du Pleistocène Moyen, isolée du reste de la coulée par les dépôts lacustres postérieurs. Le *mogote* est caractérisé par l'omniprésence des affleurements et son sommet domine la plaine lacustre d'environ 3 m. Il devait être complètement encerclé par les eaux du paléolac, au moins une partie de l'année. Il est

notablement localisé à proximité directe de la source de Cuarún. Le couvert végétal se limite à deux chênes, une strate d'herbacée et des espèces rudérales entre les blocs de l'affleurement.

- *État de conservation*

La conservation est médiocre de par la proximité avec des zones cultivées.

- *Organisation*

Le site de Mich. 421 correspond avant tout à une concentration de matériel céramique en surface du *mogote*. En outre, les roches des affleurements au sommet ont potentiellement été agencées volontairement, de manière à dégager et encercler un espace central nivelé d'environ 1200 m².

7.4.4.2. Éléments de datation et interprétation

La céramique récoltée (NRt = 75; ind.= 39) indique que le site a été fréquenté depuis l'Épiclassique – 5 tessons *Ciénega rojo* –, jusqu'à l'époque coloniale – 1 fragment *Romita Sgraffito*. Cette fréquentation est sans doute le résultat de sa position à proximité de zones habitées – Mich. 410, 420 et 415 notamment – et de la source de Cuarún.

Le type *Hornos pulido* est mieux représenté que tout autre dans l'échantillon collecté en surface (NR = 21). Pour cette raison, nous aurions tendance à associer Mich. 421 à Mich. 420, et plus généralement à une occupation de la rive de l'appendice lacustre de la fin de l'Épiclassique jusqu'au début du Postclassique ancien. La nature du site est peut-être à rapprocher de l'exploitation des ressources lacustres.

7.4.5. Mich. 422, La Joya del Caracol

Le site de Mich. 422 a été mis au jour au printemps 2015. Le LiDAR nous a ensuite permis de préciser son emprise potentielle.

7.4.5.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

- *Environnement*

Mich. 422 se développe dans un corridor encaissé entre deux bras de la coulée du Caracol (Figure 215). La concavité de la pente douce entre les deux bras a contribué à l'accumulation de matière et au développement d'Andosols dans les zones de replat. Les Leptosols demeurent cependant omniprésents. Le couvert végétal est dominé par la forêt de chêne, mais la végétation basse est très dense et la progression à pied y est difficile. Deux replats

actuellement mis en culture s'échelonnent dans la pente. Le plus bas fait environ 1 ha et le second 2,5 ha.

- *État de conservation*

Quelques structures sont bien conservées, mais la lecture est difficile, car l'habitat se développait visiblement sur les affleurements. Il se confond de fait avec les roches de ceux-ci. Par ailleurs, les cultures actuelles présentent beaucoup de matériel en surface, ce qui reflète probablement des destructions liées au labour.

- *Organisation*

Le site se décompose en deux secteurs, Haut et Bas.

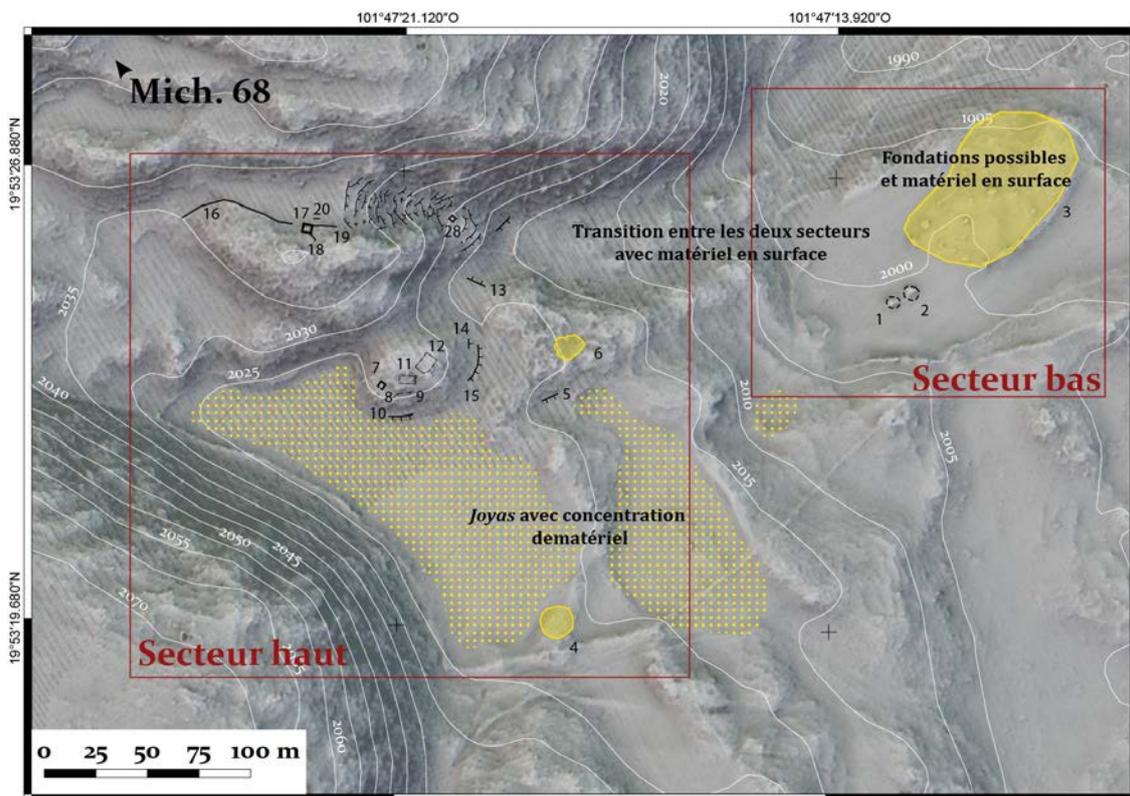


Figure 215 - Plan de Mich. 422

Le **secteur Bas** se situe au niveau de la *joya* la plus basse. Il se caractérise par des vestiges de murs dans une zone plane de Leptosols d'environ 5000 m², entourée par le champ cultivé. L'organisation est très floue. De la céramique se trouve ensuite en surface tout au long de la pente menant du secteur Bas au secteur Haut. Ce constat nous a incité à les regrouper en un seul et même établissement.

Le **secteur Haut** est légèrement mieux défini. Il est avant tout caractérisé par l'abondance du matériel ramené à la surface par les labours du champ actuel dans la seconde *joya*. Autour

de celle-ci, les affleurements sont aménagés de quelques terrasses et de possibles habitats. Sur un éperon rocheux à 20 m de dénivelé au-dessus de la *joya* au nord, nous avons pu nettoyer une maison carrée de 3,5 m de côté (17). Elle était positionnée en bordure d'une petite *joya* et en amont d'un corridor aménagé de terrasses transversales de ravin. Elle s'inscrivait par ailleurs dans la continuité d'un mur marquant la limite nord de la zone d'affleurement. Des schémas similaires de maisons isolées jouxtant de petites *joya* et/ou associées à des zones de terrasses agricoles ont pu être identifiés sur le LiDAR, en amont du corridor principal entre les bras de la coulée du Caracol. À l'extrémité ouest de celui-ci, l'imagerie numérique nous a aussi permis d'identifier un chemin qui connecte le secteur Haut de Mich. 422 avec l'Épicentre de Mich. 68.

7.4.5.2. Éléments de datation et interprétation

La datation du site repose sur le matériel ramassé en surface (NRt = 218 ; ind.= 136). À l'instar de ce que nous avons pu observer sur le site de Mich. 420, les fragments sont quasiment exclusivement associés à des types de la fin de l'Épiclassique et du début du Postclassique ancien – groupes HORNOS et URICHU notamment. Les autres types caractéristiques de l'Épiclassique – groupes LUPE, LA JOYA, CIÉNEGA et CARUPO – sont là encore absents (hormis 1 fragment CIÉNEGA et 1 LA JOYA).

Mich. 422 semble donc essentiellement occupé au Postclassique ancien. Les mêmes questionnements que pour Mich. 420 se posent quant à la raison de l'absence de certains types épiclassiques. Au regard de la présence de types du Postclassique ancien – *Palacio Pulido* –, nous aurions tendance à interpréter cette absence comme le fruit d'un écart chronologique.

Par ailleurs, par sa situation à proximité du site de Mich. 68, il serait tentant d'associer Mich. 422 à ce dernier. Nous ne disposons cependant pas d'assez d'éléments pour établir la contemporanéité des établissements. Bien qu'une partie de Mich. 68 semble dater de l'Épiclassique d'après l'architecture observée sur le LiDAR (7.1.8.3), il serait présomptueux de tenter un rapprochement des deux établissements sur une si fragile hypothèse.

Mich. 422 s'inscrit plus vraisemblablement dans la même dynamique de peuplement que Mich. 420. Il s'agit probablement d'une continuation limitée de l'occupation, assez proche du lac, contemporaine ou postérieure à l'éruption du Malpaís Prieto.

7.4.6. Mich. 423 et 424, La Escondida 1 et 2

Mich. 423 et 424 ont été découverts au printemps 2015. Ils se situent en dehors de la couverture LiDAR, sur des reliefs d'origine volcanique qui dominent de quelques mètres le piémont qui conduit aux rives du paléolac. Malgré leur proximité de moins de 100 m, nous avons dans un premier temps préféré les séparer en deux entités, notamment au regard de l'absence totale de matériel en surface entre les deux. Il est d'ailleurs plus juste de parler de groupes de structures que de véritables établissements. L'avenir amènera peut-être à les regrouper en un seul.

7.4.6.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

Mich. 423 et 424 se trouvent tous deux au sommet de petites éminences volcaniques. Le couvert végétal se limite à une strate herbacée et quelques espèces arbustives. Les sols sont mal caractérisés dans cette zone, mais s'apparentent à des Andosols. Certains sont mis en culture. Les éminences présentent aussi des poches de Leptosols. Au pied des reliefs, à moins de 500 m vers l'est, arrivait jadis une avancée de la ciénega, entre les coulées de La Escondida et de Tariácuri. La superficialité de la nappe phréatique dans cette zone et sur les anciennes rives qui la bordent a contribué à la formation de Vertisols.

▪ *État de conservation*

La localisation des deux groupes de structures au cœur d'espaces cultivés est à l'origine d'une conservation particulièrement mauvaise des vestiges.

▪ *Organisation*

Mich. 423 est situé sur le plus imposant des reliefs, au nord. Il s'étend sur l'ensemble du *mogote* de forme ovale, d'orientation E-O. L'ensemble couvre environ 4 ha. Le sommet a été nivelé et est délimité au nord et au sud par des terrasses de pierre, sur respectivement 180 m et 60 m. Il est possible que la terrasse sud ait été détruite par les labours du champ qui s'étend dans la partie ouest du *mogote*. Vers l'est, la pointe est aménagée de deux terrasses successives dans la pente. Sur le niveau supérieur a été identifiée une structure cellulaire carrée de 5x5 m.

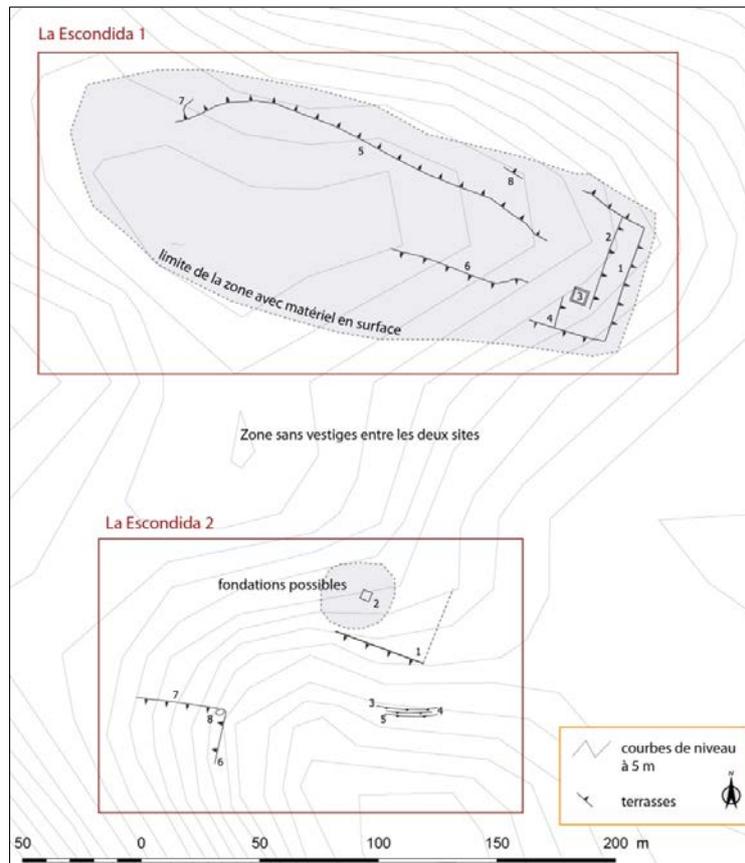


Figure 216 - Plan de Mich. 423 et 424

Mich. 424 se situe à environ 100 m au sud. Le groupe correspond à un espace nivelé rectangulaire de 50x40 m au sommet d'un autre *mogote*. Ses limites est et sud sont matérialisées par une terrasse. Les fondations d'une possible structure cellulaire carrée de 4x4 m ont été identifiées dans la zone nivelée. En contrebas au sud, quelques terrasses ont pu être mises au jour dans la végétation, sur le versant du relief. Enfin, vers l'ouest, un mur de terrasse délimite une zone surbaissée.

7.4.6.2. Éléments de datation et interprétation

Aucun ramassage n'a pu être réalisé et aucune architecture diagnostique n'a été observée sur le terrain. L'origine préhispanique de ces aménagements n'est pas assurée.

7.5. L'ÎLE D'EL LLANO, AU NORD-OUEST DU LAC

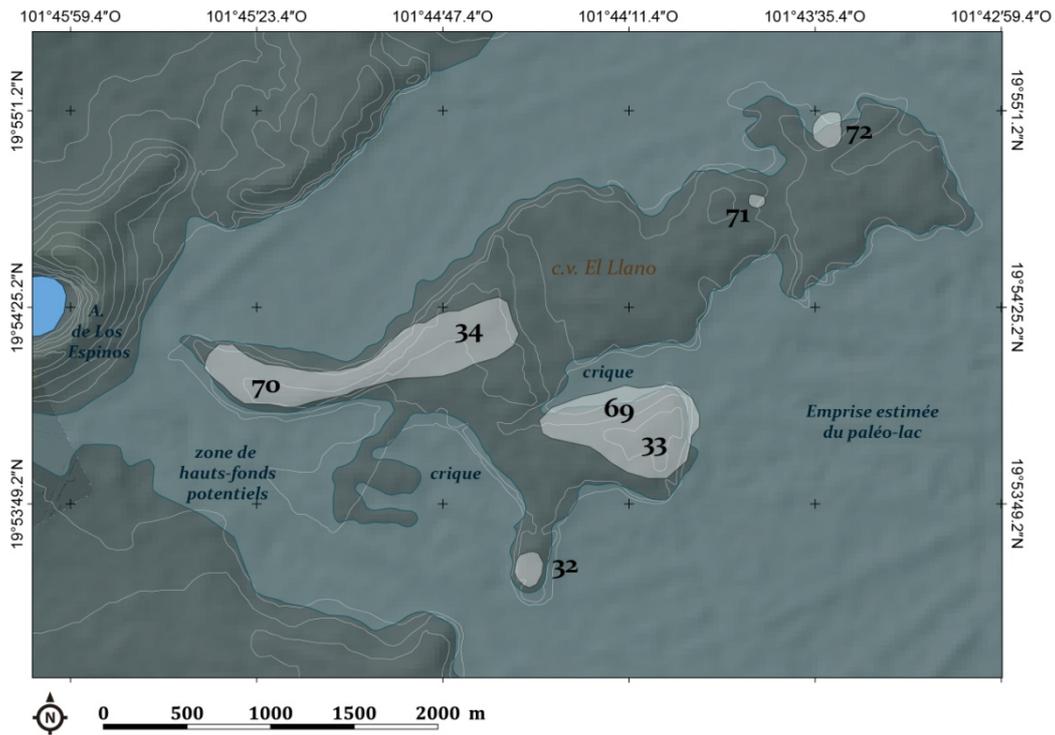


Figure 217 - Localisation du secteur Îles.

La zone se trouve à l'extrémité est de notre fenêtre d'étude. Elle comprend les reliefs volcaniques résiduels (*mogotes*) qui émergent de la ciénega et, *a fortiori*, qui émergeaient jadis du paléolac (Figure 217). Notre travail s'est en réalité focalisé sur une seule île – la coulée d'El Llano –, formée de plusieurs promontoires. L'ensemble représente une superficie d'environ 525 ha (*mogotes* et leurs rives). Une occupation préhispanique réduite de sept petits établissements – Mich. 32, 33, 34, 69, 70, 71 et 72 – y avait été identifiée dès les années 1980 (Michelet 1992). En 2011, une révision de deux de ces sites (Mich. 34 et 70) avait suggéré que cette occupation était sous-évaluée (Pereira 2012).

Au sein de notre travail, en termes d'identification de vestiges, cette zone est la moins bien connue, et ce pour de nombreuses raisons. Premièrement, nos prospections se sont concentrées sur les éminences et leurs rives, mais nous ne nous sommes quasiment pas intéressé à la plaine lacustre elle-même, où des vestiges occultés par les dépôts sédimentaires peuvent subsister. Deuxièmement, la zone se trouve en dehors de l'emprise du LiDAR, nous privant ainsi de cet outil d'analyse. Troisièmement, la majorité des espaces sont aujourd'hui occupés par des cultures ou des villages et, quand ils ne le sont pas, demeurent à proximité de zones habitées.

7.5.1. Mich. 34-70, Las Placitas-La Rayita Oeste

Mich. 34, Las Placitas, se trouve au point culminant de la coulée d'El Llano, au nord-ouest. Mich. 70, La Rayita Oeste, s'étend sur la partie sommitale et à l'épaule du bras occidental de la même coulée. Lors de leur découverte, ils avaient été considérés comme deux sites distincts, mais leur révision en 2011 à la faveur d'un incendie de la végétation, a permis à Véronique Darras et Laure Déodat de constater une continuité entre les établissements. Aussi ont-ils été réunis (Pereira 2012).

Un point notable est le positionnement chronologique originel de Mich. 70 entre Postclassique ancien et Moyen (Arnauld et Faugère 1998)²¹⁴. Au regard de l'ampleur de l'établissement, résidentiel et cérémoniel – ampleur par ailleurs réaffirmée par sa réévaluation en 2011 –, il avait été proposé que le site ait pu constituer un témoin du peuplement du bassin antérieur puis contemporain du phénomène urbain (Pereira 2012).

Notre travail s'est limité à une prospection GPS « à l'aveugle » sur la base du croquis établi par Darras et Déodat. Nous avons pu compléter la cartographie de quelques zones, collecter un peu de matériel pour la datation et réaliser des observations pédologiques à la tarière.

7.5.1.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

▪ *Environnement*

Le bras occidental de la coulée d'El Llano s'étend d'est en ouest sur environ 1,5 km (Figure 218). Depuis l'extrémité ouest, une pente douce permet d'accéder à la partie sommitale du *mogote*. D'abord relativement large – environ 200 m –, elle se fait de plus en plus étroite et son altitude augmente à mesure que l'on progresse vers l'est. Le versant nord forme une pente douce jusqu'à la ciénega, où s'étalent des champs cultivés et dont le pendage augmente d'ouest en est. Le versant sud est quant à lui marqué par un escarpement qui s'accroît vers l'est. À l'extrémité est du bras de coulée, la ligne de crête s'élargit pour, au point culminant, offrir un vaste espace pseudo plan, aujourd'hui partiellement mis en culture. C'est là que se trouve Mich. 34. En contrebas au sud, se trouve un replat cultivé d'une dizaine d'hectares où des structures archéologiques ont aussi été identifiées.

Outre les champs, la végétation est essentiellement constituée d'espèces herbacées et arbustives de forêt tropicale caducifoliée. Entre les deux sites, la strate arbustive est très dense, ce qui rend la prospection particulièrement difficile. Les sols des parties planes les

²¹⁴ Nous n'avons pas pu retrouver sur quoi cette association était fondée.

moins bien drainées présentent des propriétés verticales et un empierrement important. De manière générale, les affleurements sont nombreux, là où les flux de matière sont les plus forts (ex. crête, escarpements, sommet). Les pentes douces du versant nord et les piémonts sont quant à eux caractérisés par des phaeozems, plus épais, formés sur les colluvions.

- *État de conservation*

Outre les destructions liées aux cultures et à la proximité de zones habitées, Charlotte Arnauld mentionne dans la fiche originelle de site des épierrements lors de l'édification d'une maison au sommet de Mich. 34 dans les années 1930.

- *Organisation*

Le site peut être décomposé en trois secteurs : le Bras occidental, le Point culminant et le Replat sud (Figure 218). Ce dernier est le seul secteur pour lequel nous avons apporté des informations nouvelles par rapport au croquis de Darras et Déodat.

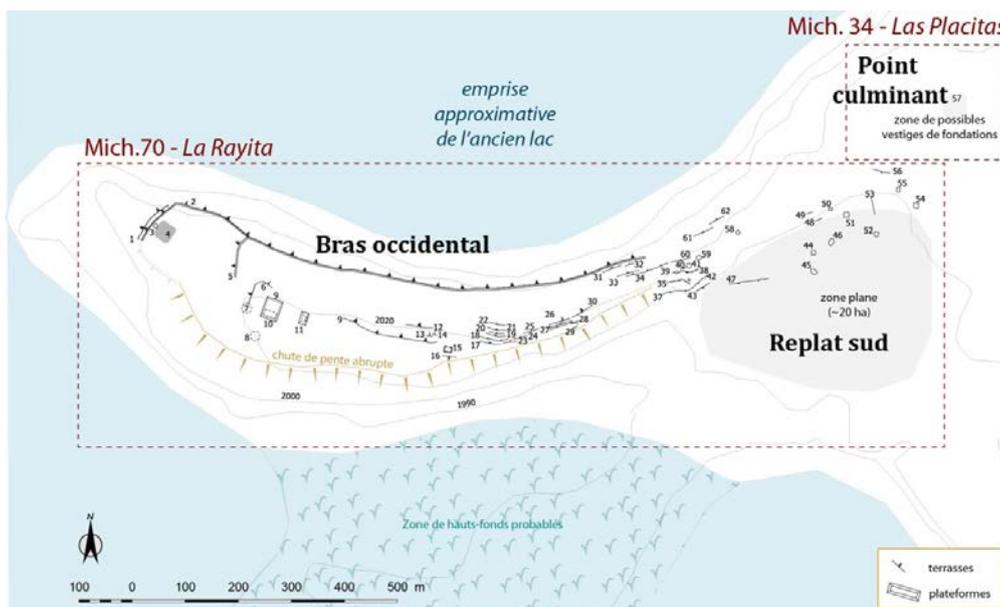


Figure 218 - Plan de Mich. 34-70

Le **Bras occidental** (équivalent à Mich. 70) est le secteur qui présente le plus de vestiges, concentrés dans la partie haute. Celle-ci semble avoir été volontairement encerclée. Au sud, l'escarpement fournit en effet une limite naturelle, mais à son extrémité ouest, une terrasse a été édifiée dans la continuité (1 et 2). Elle court vers le nord sur une centaine de mètres avant de virer à angle droit vers l'est, pour barrer tout le versant nord sur près de 1 km. Elle se compose de deux murets parallèles de pierres amoncelées d'environ 1,5 m de large, séparés l'un de l'autre d'un espace de 1 m. L'origine préhispanique n'est pas avérée. La terrasse

matérialise en effet la limite nord de champs cultivés sur le *mogote*. Toutefois, le fait qu'elle délimite une zone nivelée à l'ouest et qu'elle en borde une seconde au niveau de la crête nous incite à proposer qu'au moins une partie de cet ouvrage soit préhispanique.

La terrasse 1-2 délimite donc un espace plan à l'ouest du site, sur lequel a pu être identifiée une plateforme basse très mal conservée (4). Une petite structure cellulaire la flanque peut-être à l'ouest (3). En amont vers l'est, un niveau supérieur est marqué par une autre terrasse (5). On atteint alors le centre civique où s'étend une place d'environ 1,5 ha. Sur celle-ci se trouve un soubassement pyramidal N-S de 23x14 m, typique du Postclassique moyen (11). Une superstructure le surmontait peut-être. Autour ont pu être identifiés deux monticules mal définis (7 et 8) et une plateforme N-S de 34x28 (9), surmontée d'une superstructure dont la forme n'a pu être clairement précisée (10).

Vers l'est, deux structures cellulaires placées sur la crête constituent des habitats potentiels (15 et 29). En aval de celles-ci, des terrasses espacées de 5 à 8 m accommodent le versant nord. Elles n'ont pu être identifiées que par segments à cause de la végétation. Néanmoins, elles s'étendaient probablement sur plusieurs dizaines de mètres et devaient avoir une vocation agricole. Là où la crête est la plus étroite, l'espace est nivelé et soutenu au nord par trois terrasses successives de plus de 1 m de haut (26, 27 et 28).

À partir de ce point, la crête s'élargit vers l'est et le versant sud devient praticable pour rejoindre le **Replat sud**. La pente jusqu'au replat est aménagée de terrasses d'un type semblable à celui mentionné plus haut. Malgré une dense végétation, nous avons été en mesure d'identifier une douzaine de structures cellulaires intégrées à ce réseau, ou en contrebas, en bordure du replat, qui constituaient probablement des habitats. Sur le replat même, où les sols sont argileux et pierreux, quelques alignements pourraient constituer d'anciens systèmes de canalisation des eaux de pluie. Leur origine préhispanique n'est pas attestée.

Finalement, en amont du Replat, le **Point culminant** du site (Mich. 34) présente quelques vestiges de fondations, difficilement identifiables au cœur d'une végétation de ronces. Là se trouvent les ruines de bâtiments construits dans les années 1930 (Arnauld 1983, fiche de site). Le peu de matériel que nous avons pu collecter dans cette zone était de bonne qualité et polychrome, laissant supposer un espace potentiellement civique ou rituel. Les informateurs mentionnaient dans les années 1980 la présence de sépultures.

7.5.1.2. Opérations de terrain

Nous avons nettoyé et établi un plan de la pyramide centrale du site afin de préciser sa morphologie. Nous avons ainsi mis au jour un parement en dalles d'andésite (*lajas*) de 5 à 6 niveaux. La façade orientale est munie d'un double escalier où trois marches supérieures ont clairement pu être identifiées. Des fragments de mur au sommet du soubassement et un amoncellement de terre suggèrent l'existence d'une superstructure aujourd'hui disparue.

7.5.1.3. Éléments de datation et interprétation

L'orientation, la forme et l'architecture de la pyramide indiquent qu'elle a vraisemblablement été édifée au Postclassique moyen. Ce constat est en accord avec le matériel ramassé en surface sur l'ensemble du site (NRt = 167 ; ind.= 46), où sont exclusivement représentés des types céramiques de la phase Milpillas – groupe MALPAÍS, MILPILLAS et PRIETO notamment. Un fragment de pipe a par ailleurs été identifié au niveau du point culminant du site. Enfin, des lames prismatiques d'obsidienne, caractéristiques du Postclassique moyen, ont été ramassées près de la pyramide centrale.

Les éléments diagnostiques convergent tous vers un même constat : Mich. 34-70 a été construit par des populations homologues à celles qui peuplaient les centres urbains au Postclassique moyen, et non au Postclassique ancien, dont aucun indice n'a été retrouvé. Il s'agissait alors probablement d'un établissement secondaire à vocations agricole et résidentielle, mais aussi culturelle, comme en témoigne la présence d'au moins une pyramide et de probables sépultures. La proximité avec le lac suggère aussi une vocation à exploiter les ressources lacustres.

À cette interprétation fonctionnelle, formulée avant notre étude, nous ajoutons la vocation ostentatoire et potentiellement défensive du site. En effet, sa pyramide principale, perchée au sommet du promontoire, est visible de tous côtés, notamment depuis le plateau du Copalillo. Par ailleurs, l'escarpement sud, la terrasse qui encerclait peut-être le site, et les terrasses de plus de 1 m qui nivèlent la ligne de crête, sont autant d'indices de la position de force de Mich. 34-70. Aussi suggérons-nous que l'établissement a aussi pu constituer un avant-poste, peut-être lié au peuplement des hautes terres au Postclassique moyen, ou peut-être pour s'en protéger.

7.5.2. Mich. 33-69, Coijo Norte-El Bambilete

Mich. 33, Coijo Norte, et 69, El Bambilete, se trouvent sur le bras sud de la coulée d'El Llano, lequel se scinde en deux promontoires. Le premier avance vers l'est et est occupé par ces deux sites ; le second vers le sud, où se trouve Mich. 32 (7.5.3).

Mich. 33 et 69 ont été visités rapidement (Arnauld 1983, fiches de site). Le premier avait été associé de façon hypothétique au Classique et le second à l'Épiclassique. Notre prospection et les ramassages effectués nous ont amené à regrouper ces deux établissements en un seul.

7.5.2.1. Contexte environnemental et organisation spatiale

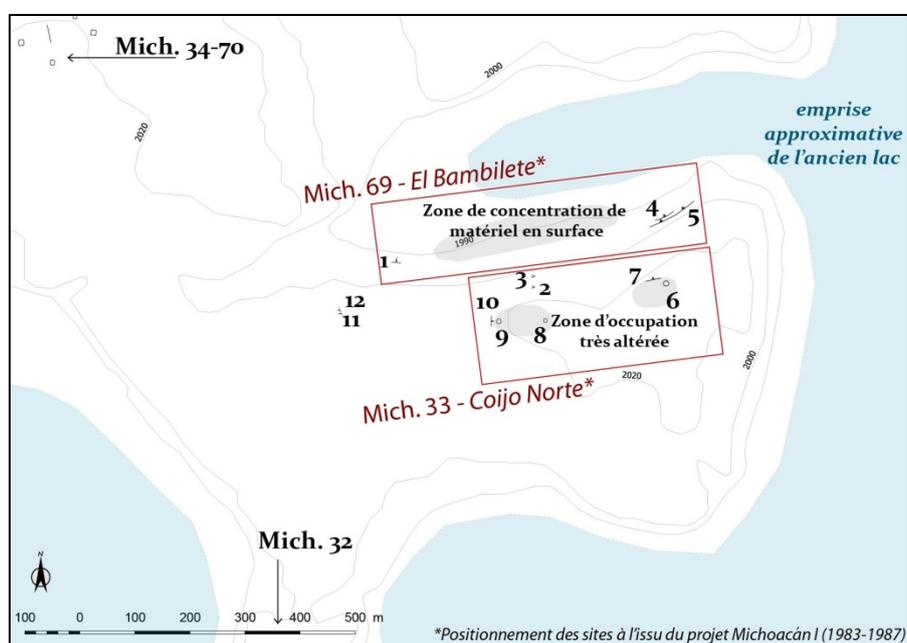


Figure 219 - Plan de Mich. 33-69

■ Environnement

Mich. 33 se situe sur l'épaule nord du promontoire (figure 219). Mich. 69 s'étend directement en contrebas au nord, sur les pentes qui bordent la plaine lacustre. À cet endroit, le paléolac s'engouffrait entre deux bras de la coulée d'El Llano qui forment une crique ouvrant à l'est.

La végétation est essentiellement herbeuse, mais la pente entre Mich. 33 et 69 présente de nombreuses espèces arbustives qui rendent difficile le passage d'un espace à l'autre. Des Vertisols pierreux et des Leptosols occupent le sommet du *mogote*. Le bas de pente est occupé par des Phaeozems. La plaine et le bas de pente sont cultivés et le reste du *mogote* sert de pâturage.

- *État de conservation*

La conservation est très mauvaise en raison des épierrements, des labours sur certaines parties du site et du passage du bétail.

- *Organisation*

Peu d'éléments ont pu être mis au jour. Dans la partie haute (Mich. 33), nous avons relevé deux zones de concentration de matériel en surface, associées à de possibles vestiges de structures. De petits terrassements semblent indiquer que ces deux zones étaient nivelées. Dans la pente, malgré la végétation dense et les ronces, des fragments de terrasses agricoles ont pu être identifiés. Il est possible qu'elles s'étendent plus largement le long du versant. Le bas de pente cultivé (Mich. 69) présente une concentration de matériel en surface.

Il convient finalement de mentionner un aménagement important qui n'a pas pu être revisité après le terrain de 2015, mais qui mérite d'être exposé ici. Il s'agit d'une possible retenue d'eau, constituée d'un mur de plus de 120 m de long pour quelques mètres de large. Elle se situe à environ 600 m au nord-ouest de Mich. 69, de l'autre côté de la crique. Son origine préhispanique est loin d'être définie. L'image satellite permet de mettre en évidence un taux d'humidité probablement plus élevé dans les sols situés en amont de cette retenue.

7.5.2.2. Éléments de datation et interprétation

La datation est uniquement basée sur les ramassages de surface (NRt = 145 ; ind.= 67). Sur les deux établissements, les types céramiques peuvent être associés au Classique, à l'Épiclassique et au début du Postclassique ancien. La fin de l'Épiclassique est légèrement mieux représentée, mais les effectifs sont trop petits pour affirmer quoi que ce soit.

**

Mich. 33 et 69 constituent un seul et même établissement, tant au regard de la continuité des vestiges, que de la datation céramique. Le site a probablement été fondé au cours du Classique, comme en témoigne la présence de quelques fragments de céramique Loma Alta²¹⁵. L'occupation principale se concentre vraisemblablement entre la fin du Classique et le début du Postclassique ancien. La partie haute constituait alors un habitat et les pentes en contrebas, une petite zone de cultures. Mich. 33-69 est à mettre en relation avec les *lomas* et Mich. 32 son voisin.

²¹⁵ Toutefois notre mauvaise connaissance du matériel de cette période nous a peut-être amené à sous-estimer sa représentation.

7.5.3. Mich. 32, Coijo Sur

Découvert dans les années 1980, Mich. 32 se situe au sud de Mich. 33-69 (7.5.2), au sommet d'un promontoire (Figure 220). Dès cette époque, le site, constitué d'un habitat sur plateformes avait été croqué et le matériel avait permis de l'associer à l'interphase La Joya. Notre travail sur ce site a permis de cartographier l'ensemble de plateformes et de préciser l'association chronologique du site

7.5.3.1. Contexte environnemental et organisation spatiale



Figure 220 - Plan de Mich. 32

▪ *Environnement*

Le promontoire est laissé en pâture. Les affleurements qui se trouvent au sommet sont envahis par une végétation dense. Le reste de la couverture végétale est constituée d'herbacées. Des Vertisols pierreux occupent le sommet entre les affleurements et des Phaeozems se sont développés en bas des pentes alentour.

▪ *État de conservation*

La conservation est globalement mauvaise, mais les plateformes du site demeurent bien visibles.

▪ *Organisation*

Un premier groupe de structures s'organise selon un axe N-S. Il s'agit d'un ensemble de plateformes de moins de 20 m de large, sur une soixantaine de mètres de long, qui aménagent trois niveaux successifs. Trois bâtiments les surmontent (5, 11 et 12). Ils correspondent probablement à des habitats détruits. Le groupe de plateformes flanque un affleurement rocheux possiblement aménagé. Au sud de ce dernier, une terrasse aménage un espace nivelé sur lequel se trouve une possible structure (14). Plus au sud encore, la pointe du promontoire est encerclée par au moins une terrasse, surmontée par une plateforme (17) en partie détruite et une seconde structure mal définie (16). Il faut finalement noter la présence de quelques terrasses en contrebas du *mogote*, qui aménagent les bas de pente et semblent agricoles.

7.5.3.2. Éléments de datation et interprétation

Des types céramiques des phases Loma Alta à Palacio ont été identifiés (NRt = 104 ; ind.= 54). Malgré le faible effectif, il semble que l'Épiclassique soit légèrement mieux représenté. Par ailleurs, du point de vue architectural, l'organisation de l'habitat sur plateformes allongées rappelle celle que nous avons pu observer dans les hautes terres, notamment sur le site de Mich. 317. Il est possible que ce soit là une caractéristique de l'Épiclassique.

Mich. 32 semble avoir été édifié par des groupes humains du Classique qui l'ont occupé jusqu'au début du Postclassique ancien. Le sommet du promontoire constituait sans doute un petit groupe d'habitat associé à une zone cultivée en bordure de l'ancien lac. Le site est à mettre en relation avec l'occupation classique des *lomas* et potentiellement avec Mich.33-69.

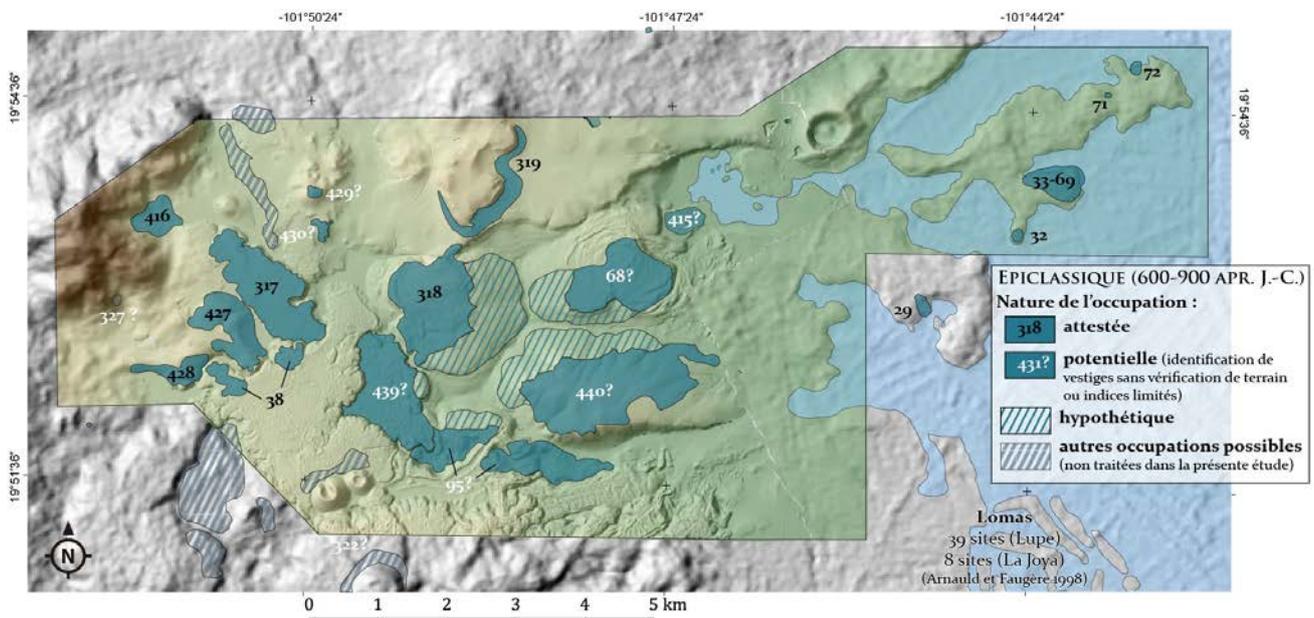
7.5.4. Mich. 71, Agua Santa et Mich. 72, Las Marias

Les sites de Mich. 71 et 72 n'ont pas pu être revisités. Les fiches originelles mentionnent la présence de sépultures et de quelques aménagements en pierre de type plateformes basses, quelques possibles fondations d'habitations et des terrasses (Michelet 1983, fiches de sites). Mich. 72 a été associé à l'Épiclassique sur la base du matériel récolté à l'époque (Arnauld et Faugère 1998).

7.6. UNE IDÉE DE LA DÉMOGRAPHIE DANS LA DIACHRONIE : SYNTHÈSE DU CHAPITRE 7

Dans cette sous-partie de synthèse, nous proposons une approximation de l'évolution du peuplement par phase chronologique. Les estimations démographiques ont été réalisées sur la base du travail de Kolb *et al.* (1985), en supposant 5 à 6 personnes par habitation. Nous avons ainsi compté le nombre potentiel de structures d'habitat à partir du LiDAR, de notre connaissance du terrain, et des schémas d'implantation résidentielle documentés (Migeon 1991, 2016 ; Forest 2014 ; Pereira *et al.* 2014, 2015, 2016, 2017). L'association de ces habitats potentiels à une phase chronologique était parfois connue grâce aux travaux de terrain (fouille au mieux ou ramassages de surface). Néanmoins, elle a le plus souvent été faite au regard de leur organisation spatiale observable sur le LiDAR et généralement non vérifiée au sol. En d'autres termes, ce décompte – synthétisé dans les Tableau 36 à Tableau 41 – est donc hautement approximatif et est amené à être modifié rapidement. Il fournit toutefois matière à réflexion.

7.6.1. L'Épiclassique ou la colonisation initiale des hautes terres (600-900 apr. J.-C.)



La colonisation du nord du Malpaís de Zacapu et de ses environs commence au VI^e siècle de notre ère et s'affirme à partir du VII^e. À la lumière des données matérielles seules, il nous est à ce jour difficile de proposer une chronologie précise de l'essor démographique qui

s'initie alors et qui s'étale sur les trois siècles que couvre l'Épiclassique. De plus, le bord *Chirimoyo* – seul marqueur chronologique de l'interphase La Joya (voir 5.2.5.2) – n'a que très rarement été identifié. Aussi considérons-nous ici la phase Lupe et l'interphase La Joya ensemble (Figure 221).

Durant l'Épiclassique, la majorité de la population se concentre dans les hautes terres. Le centre monumental de Mich. 416 polarise ce foyer de peuplement, qui rayonne vers l'est vraisemblablement jusqu'à la lisière du piémont, sur le versant sud du Caracol (Mich. 68)²¹⁶. Ce corridor reflète probablement l'existence de liens entre les hautes terres occidentales et les lomas. En dehors de notre fenêtre d'étude, l'occupation épiclassique semble aussi s'étendre depuis le Cerro de Las Flores vers le sud, sur toute la frange occidentale du Malpaís de Zacapu, et vers le nord, sur la coulée d'El Coyotillo-El Durazno²¹⁷.

L'habitat, dispersé, se concentre principalement sur les parties hautes des géoformes qui s'étendent entre le Cerro de Las Flores et le paléolac. Sont particulièrement peuplées les coulées de Malpaísillo (Mich. 317) et de la Mesa del Bolsón (Mich. 318), et peut-être aussi le sud du Caracol (Mich. 68), le versant nord de la Mesa El Pinal (Mich. 440), et la coulée de Las Joyitas de Las Milpillas (Mich. 439)²¹⁸.

Les maisons isolées sont relativement rares. On les rencontre plutôt rassemblées en petits groupes de moins d'une dizaine. L'organisation en *patio* est fréquente, ainsi que les alignements de plusieurs maisons le long d'une plateforme basse. Des aménagements agricoles colonisent le reste des géoformes jusqu'aux pieds des versants. Il n'existe pas de ségrégation stricte entre zones résidentielles et agricoles, qui sont, au contraire, imbriquées. Il en va de même pour l'intégration des espaces civiques dans les établissements, qui sont souvent joutés de terrasses agricoles. Au sein de ceux-ci, les architectures les plus caractéristiques sont les systèmes de plateformes au plan orthonormé, les pyramides de plan carré avec place associée, et les terrains de jeu de balle²¹⁹.

²¹⁶ La datation des structures de cette partie sud du Caracol n'a pu être vérifiée à ce jour.

²¹⁷ Il s'agit ici d'une supposition au regard d'un examen rapide des parties du LiDAR qui couvre ces zones. Nous pensons qu'il y a notamment encore beaucoup à découvrir à l'ouest du Capaxtiro.

²¹⁸ Les datations épiclassiques de Mich. 68, 439 et 440 ne sont fondées que sur l'organisation de l'habitat et quelques structures considérées comme constituant des marqueurs temporels (ex. jeu de balle...) identifiées sur le LiDAR. Des vérifications de terrain sont donc nécessaires.

²¹⁹ Nous pourrions ajouter à cette liste des monticules de dimensions plus réduites que les pyramides, mais dont la nature et la morphologie restent à définir (voir notamment la structure 96 du groupe A de Mich. 318 [7.2.1]).

Ainsi, le foyer de peuplement épiclassique des hautes terres constitue quasiment un *continuum* du Cerro de Las Flores au piémont. Il est même envisageable que certains aménagements aient pu être occultés dans les zones de stock de sédiment, comme les dépressions. À l'inverse, sur le piémont et les rives du paléolac, les vestiges sont beaucoup plus sporadiques. L'île d'El Llano cumule peut-être une petite centaine d'habitants. Toutefois, seul Mich. 33-69, avec ses quelques fondations de maisons et terrasses agricoles, constitue de façon relativement claire un espace résidentiel. Ailleurs, la question est moins tranchée. Notons finalement que le plateau de la coulée du Copalillo, au nord de la faille de Villa Jiménez, ne présente qu'une occupation réduite, à l'exception du versant Est du Cerrito Pelón (Mich. 319). Par conséquent, les liens mis au jour au travers de la céramique entre le foyer épiclassique des hautes terres et la zone du Cerro Barajas (Castañeda 2018) semblent se faire *via* la dépression de Caurio, plus que *via* le lac et la vallée de l'Angulo.

Au regard du nombre d'habitations potentielles, nous estimons la population maximale de notre fenêtre à quelque 4500 à 5500 personnes pendant les phases Lupe et La Joya (Tableau 36 Tableau 37). Il faut ajouter à cette approximation les probables habitats qui ont été recouverts par l'éruption du Malpaís Prieto. En effet, si notre hypothèse de reconstitution du paysage est juste (6.3.1.3), cette zone d'environ 500 ha pourrait bien avoir accueilli un important foyer d'occupation. Nous estimons qu'il pourrait s'agir d'environ 1500 à 1800 personnes supplémentaires²²⁰, élevant le total pour la période à une population de 6000 à 7000 habitants.

²²⁰ Nous avons supposé ici qu'au moins 200 des 500 ha recouverts par la coulée ont pu être occupés – soit *grosso modo* la continuation des sites de Mich. 318 et 68. La densité de peuplement a été évaluée à environ 1,5 habitat/ha à la lumière de ce qui a pu être calculé pour Mich. 318. Ainsi, une estimation de quelque 300 structures d'habitat occultées a pu être proposée, soit 1500 à 1800 personnes.

7.6.2. Le Postclassique ancien ou l'exode (900-1250 apr. J.-C.)

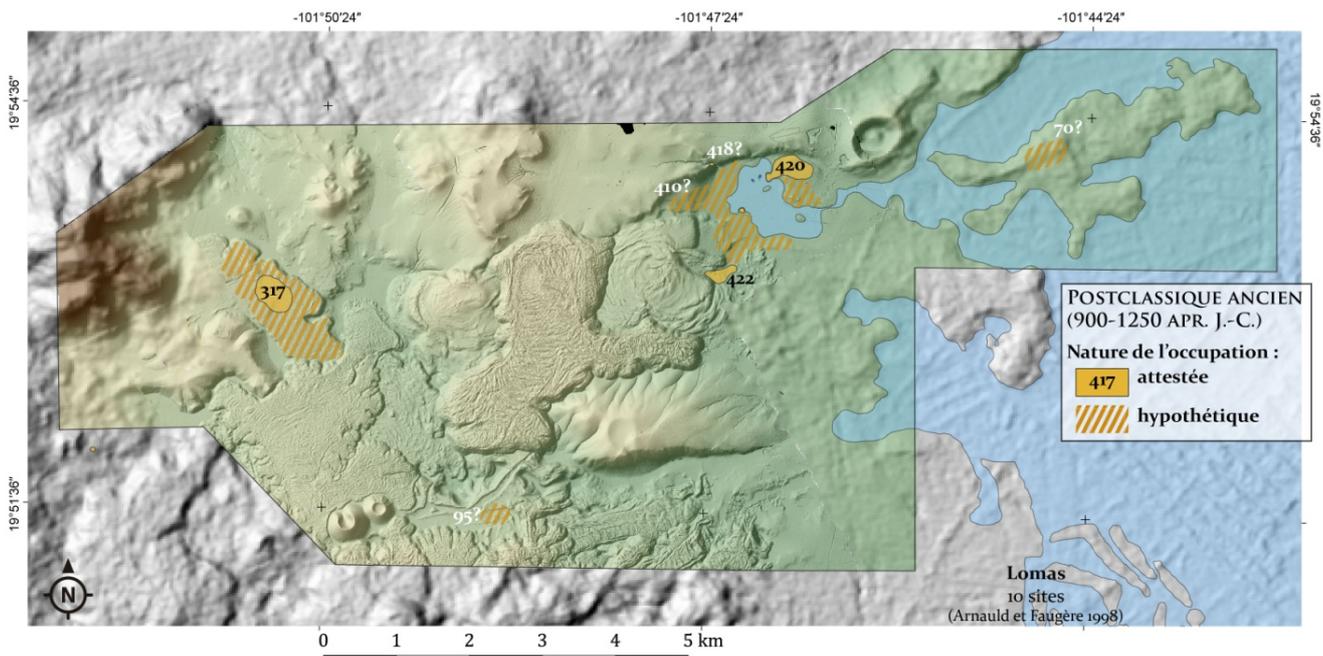


Figure 222 - Occupation de la fenêtre d'étude durant le Postclassique ancien.

La phase Palacio correspond à une chute drastique de la démographie (Figure 222). Il est inconcevable qu'elle soit naturelle. Elle est donc provoquée par un évènement relativement brusque, se produisant à la fin de l'Épiclassique ou au début du Postclassique – soit entre le IX^e et le X^e siècle. Or, la géologie indique que c'est précisément dans cet intervalle de temps que le Malpaís Prieto entre en éruption, entre 830 et 960 apr. J.-C. (Maghoub *et al.* 2018). Il est donc assez probable que l'éruption et les phénomènes liés (ex. feux de forêt, séismes...) soient – au moins en partie – à l'origine de la chute de la démographie.

Le scénario catastrophe est toutefois à écarter. En effet, au regard de l'éruption documentée et comparativement plus importante du volcan Parícutín (Segerstrom 1950 ; Foshag et González 1956 ; Pioli *et al.* 2008), il y a peu de chance pour que la formation du Prieto ait été instantanément destructrice. D'une part, la composition andésitique de la lave a nécessairement induit un écoulement lent, laissant amplement le temps aux populations de prendre conscience de la situation (Reyes Gúzman *et al.* 2018). Si l'on extrapole sur la base de l'exemple historique du Parícutín, la formation de la coulée du Prieto s'est probablement étirée sur plusieurs années (une dizaine pour le Parícutín). D'autre part, aucun témoin matériel n'indique à ce jour l'existence d'une phase explosive conséquente lors de la mise en place de la coulée (Reyes Gúzman *et al. ibid.*). De fait, aucun indice archéologique de situation de crise n'a été découvert.

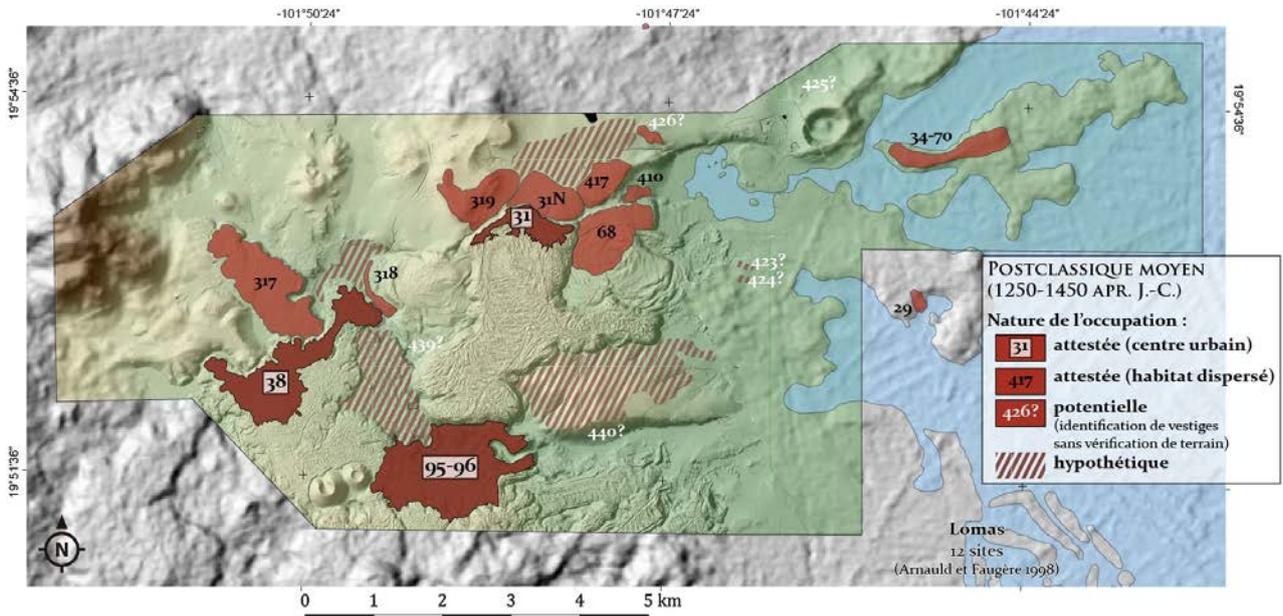
Ainsi, il est vraisemblable que la chute démographique du début du Postclassique soit le résultat d'un choix fait par les populations de quitter la zone face à l'éruption ; et cela pour des raisons multiples. D'abord, la formation de la coulée constituait un risque potentiel – ne serait-ce qu'économiquement au regard du recouvrement de terres arables –, dont les habitants n'avaient aucun moyen d'estimer l'ampleur. Ensuite, un tel évènement a pu avoir une valeur symbolique pour les sociétés d'alors, les ayant encouragées à partir (ex. colère divine ?). Nous laissons toutefois l'évaluation de telles hypothèses à des chercheurs plus qualifiés que nous en ce qui concerne les subtilités de la cosmovision préhispanique.

Bien que nous soyons plutôt convaincu de l'impact du volcanisme sur l'abandon de la zone à la lumière des indices exposés ci-dessus, il nous est difficile de nous prononcer quant à la chronologie des évènements. En effet, comme il a été évoqué (5.2.5.2), les marqueurs du Postclassique ancien sont encore en voie de définition. Dans notre fenêtre, les seuls marqueurs que nous avons retrouvés à plusieurs reprises sont des tessons du groupe HORNOS. Or, celui-ci est considéré comme à cheval entre Épiclassique et Postclassique (Jadot 2016a et b). Ainsi, la découverte de céramique HORNOS dans certains établissements ne nous assure pas que ceux-ci ont continué d'exister (Mich. 317) ou qu'ils ont été créés (Mich. 420 et 422) après l'éruption du Prieto. Les tessons diagnostiques du groupe PALACIO ont été découverts en moins grand nombre.

Le matériel céramique retrouvé en fouille ou en surface sur Mich. 317 indique qu'il est le seul établissement de l'épicentre de peuplement épiclassique à avoir continué d'être occupé pendant le Postclassique ancien (présence de type *Palacio pulido* et *Palacio inciso*). Toutefois cette occupation semble avoir été très réduite. Nous proposons une estimation très hasardeuse d'une réduction de moitié de la population, soit quelque 200 à 240 habitants. Une étude bien plus fine de cet établissement à la chronologie complexe serait nécessaire pour affiner cette approximation grossière.

Outre Mich. 317, nous identifions un petit noyau de peuplement présentant des caractéristiques de la phase Palacio dans la zone de Cuarún ; essentiellement matérialisé par les sites de Mich. 420 et 422. La céramique du groupe HORNOS y est majoritaire. Aussi est-il difficile de savoir s'ils ont été créés avant ou après l'éruption volcanique. Néanmoins, l'absence des groupes céramiques épiclassiques CIÉNEGA et LUPE suggère une fondation tardive. Il s'agit de petits villages qui n'abritent probablement pas plus de 60 à 70 habitants. L'estimation de la population totale de la fenêtre d'étude au Postclassique ancien est donc d'environ 250 à 300 personnes.

7.6.3. Le Postclassique moyen ou l'urbanisation des hautes terres (1250-1450 apr. J.-C.)



En phase Milpillas, la microrégion connaît une seconde colonisation avec l'arrivée d'une population allochtone et l'urbanisation du Malpaís (Michelet *et al.* 2005, *cf.* 2.2.3.2). Bien que la très grande majorité de la population soit alors urbaine, les hautes terres environnantes sont largement aménagées (Figure 223). Toutefois, les stratégies de conquête des espaces diffèrent selon le centre urbain considéré.

Le site de Mich. 31 est ouvert sur le nord et présente un véritable *hinterland*, constitué de sites mineurs qui lui sont vraisemblablement subordonnés (Mich. 31N, 417, 426, et 319). Ces établissements satellites ont tous une vocation agraire première. L'habitat y répète, de façon dispersée, l'organisation spatiale observée dans les zones modestes de Mich. 31 (*cf.* Forest 2014) : chaque maison possède son aire d'activité associée, parfois dotée d'une structure de stockage. Ces unités d'habitation s'insèrent dans des réseaux de terrasses agricoles d'un type nouveau (8.2.4.1). Mich. 31 est par ailleurs ouvert sur le paléolac. De ce côté, la nature de ses relations avec Mich. 68, son voisin, est toutefois encore difficile à cerner (7.1.8.3).

Le centre de Mich. 38 ne possède pas d'*hinterland* comparable outre l'expansion probable du site vers le nord-ouest, sur la coulée de Malpaísillo (réoccupation de Mich. 317). Cette dernière constitue la seule occupation de la phase Milpillas documentée archéologiquement à proximité de Mich. 38. Il est toutefois possible que les *joyas* localisées au nord du site et au pied de la coulée de Las Minas aient été exploitées au niveau agricole (voir 9.2.4.2). Vers le

nord-est, l'absence totale d'indice d'une occupation de la phase Milpillas sur le site voisin de Mich. 318, pourtant aménagé de nombreuses terrasses sur des sols de qualité, soulève la question de la territorialité entre Mich. 38 et 31 (9.1.2.2). Plus largement, aucun lien spatial net ne transparait entre ces établissements, pourtant situés à 2 km l'un de l'autre, soit à moins de 30 min de marche. Il est finalement envisageable qu'une partie des ressources vivrières aient été produites à l'intérieur même de Mich. 38 dans les parcelles d'épierrements/dégagements, mais l'hypothèse appelle des vérifications de terrain (voir 8.2.5).

De manière assez similaire, l'établissement urbain de Mich. 95-96 est aussi centré sur lui-même. De fait, du point de vue de la subsistance, la partie basse du site (Mich. 95) est exploitable et aménagée de terrasses agricoles. Aucun site secondaire aux alentours ne semble lui être subordonné. À cet égard, le doute demeure cependant en ce qui concerne l'établissement de Mich. 439, qui se place entre Mich. 38 et Mich. 95-96. Bien que notre première étude du LiDAR nous invite à rattacher ce site à l'Épiclassique, un travail de terrain serait nécessaire pour affirmer ou infirmer cette hypothèse et ainsi mieux comprendre la chronologie de l'occupation entre les deux centres urbains. De même, nous associons Mich. 440 à l'Épiclassique, mais peut-être a-t-il été réoccupé par les habitants de Mich. 95-96.

Outre ces trois pôles de peuplement, les autres occupations du Postclassique moyen dans notre fenêtre d'étude sont limitées. Sur les rives du lac, le site de Mich. 34-70, naguère proposé comme concurrent hypothétique des centres urbains (Darras n.d., comm. pers.), ne constitue en réalité qu'un établissement assez réduit.

Sans modifier drastiquement les dernières approximations en date proposées par Michelet (2008), nous estimons que les trois centres urbains regroupent entre 16500 et 20000 habitants. En d'autres termes, ils concentrent à peu près 90% de la population totale de notre fenêtre d'étude, que nous évaluons entre 18500 et 22000 personnes.

7.6.4. Le Postclassique récent ou l'abandon généralisé

En ce qui concerne la phase Tariácuri, l'état des connaissances a peu évolué. La zone est massivement abandonnée au début du XV^e siècle (Figure 224). Néanmoins, les fouilles que nous avons conduites sur Mich. 68 témoignent de la persistance de l'occupation sur ce site après 1450 apr. J.-C. Il demeure toutefois difficile d'estimer l'ampleur de ce peuplement préhispanique tardif. Si l'on suppose – de façon très abusive, nous le concédons – que les habitats localisés à proximité de l'Épicentre de Mich. 68 (7.1.8), au nord-est, continuent d'être

occupés en phase Tariácuri, l'estimation de la population s'élève peut-être à quelque 500 à 600 personnes. Encore une fois, il s'agit là d'une approximation sans fondement véritable que nous jugeons plutôt élevée. Nous ne la mentionnons que pour donner une idée de l'ampleur de l'abandon.

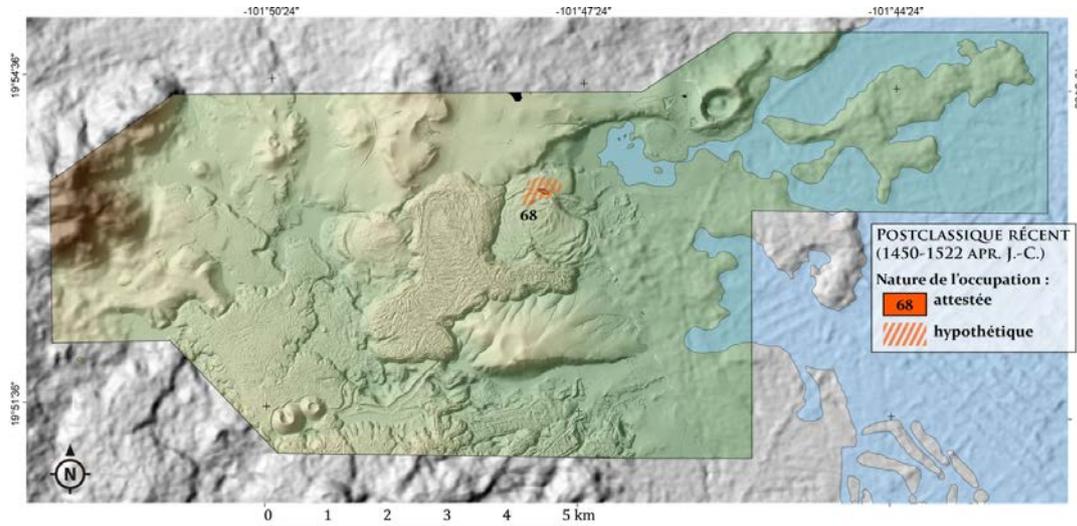


Figure 224 - Occupation de la fenêtre d'étude durant le Postclassique récent.

7.6.5. L'époque coloniale ou l'apparition rapide du modèle espagnol

Avec la découverte de Mich. 415 a probablement été mise au jour la plus ancienne preuve d'une réduction espagnole, dès les années 1550 (Lefebvre et Quezada 2016). En témoigne la céramique, ainsi que l'organisation spatiale orthonormée, structurée autour de rues, et polarisée par une probable église. La fréquentation du plateau au nord du Prieto est aussi attestée, ainsi que sur la rive du paléolac à l'ouest de Mich. 420 (7.4.3.2), mais les preuves d'occupation s'arrêtent là. Il s'agit donc d'un peuplement très limité (Figure 225), que nous estimons entre 150 et 190 personnes, tout au plus.

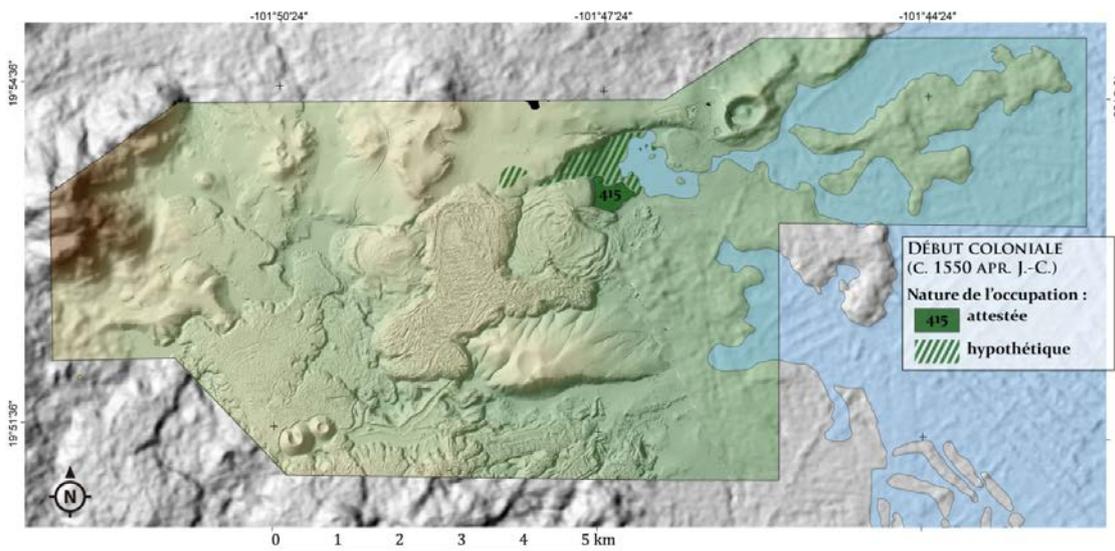


Figure 225 - Occupation de la fenêtre d'étude autour de 1550 apr. J.-C.

| Site | Total structures d'habitat | Structures d'habitat occupées en phase Lupe (600 - 850 apr. J.-C.) | | |
|---|----------------------------|---|--|--|
| | | Structures | Population correspondante [5 hbts/str.] | Population correspondante [6 hbts/str.] |
| 32 | 4 | 4 | 20 | 24 |
| 33-69 | 5 | 5 | 25 | 30 |
| 38 | 1532 | 100 | 500 | 600 |
| 68 | 219 | 117 | 585 | 702 |
| 71 | 0-5 | 5 | 25 | 30 |
| 72 | 2-5 | 5 | 25 | 30 |
| 95 | 874 | 43 | 215 | 258 |
| 317 | 288 | 96 | 480 | 576 |
| 318 | 250 | 250 | 1250 | 1500 |
| 319 | 20 | 16 | 80 | 96 |
| 416 | 5-10 | 10 | 50 | 60 |
| 427 | 20 | 20 | 100 | 120 |
| 428 | 4 | 4 | 20 | 24 |
| 430 | 12 | 12 | 60 | 72 |
| 439 | 160 | 160 | 800 | 960 |
| 440 | 73 | 73 | 365 | 438 |
| Aire occultée par le Prieto (~200 ha), à raison d'une densité de 1,5 str./ha : | | +304 | +1520 | +1824 |
| Totaux | | 1224 (920+304) | 6120 (4600+1520) | 7344 (5520+1824) |

Tableau 36 - Estimation de la population en phase Lupe.

| Site | Total structures d'habitat | Structures d'habitat occupées en phase La Joya (850-900 apr. J.-C.) | | |
|---|----------------------------|--|--|--|
| | | Structures | Population correspondante [5 hbts/str.] | Population correspondante [6 hbts/str.] |
| 32 | 4 | 4 | 20 | 24 |
| 33-69 | 5 | 5 | 25 | 30 |
| 38 | 1532 | 100 | 500 | 600 |
| 68 | 219 | 117 | 585 | 702 |
| 72 | 2-5 | 5 | 25 | 30 |
| 95 | 874 | 43 | 215 | 258 |
| 317 | 288 | 96 | 480 | 576 |
| 318 | 250 | 250 | 1250 | 1500 |
| 319 | 20 | 16 | 80 | 96 |
| 416 | 5-10 | 10 | 50 | 60 |
| (418) | (1) | (1) | (5) | (6) |
| (420) | (4) | (4) | (20) | (24) |
| (422) | (8) | (8) | (40) | (48) |
| 427 | 20 | 20 | 100 | 120 |
| 428 | 4 | 4 | 20 | 24 |
| 430 | 12 | 12 | 60 | 72 |
| 439 | 160 | 160 | 800 | 960 |
| 440 | 73 | 73 | 365 | 438 |
| Aire occultée par le Prieto (~200 ha), à raison d'une densité de 1,5 str./ha : | | +304 | +1520 | +1824 |
| Total | | 1232 (928+304) | 6160 (4640+1520) | 7392 (5568+1824) |

Tableau 37 - Estimation de la population en phase La Joya.

| Site | Total structures d'habitat | Structures d'habitat occupées en phase Palacio (900 - 1250 apr. J.-C.) | | |
|--------------|----------------------------|---|--|--|
| | | Structures | Population correspondante [5 hbts/str.] | Population correspondante [6 hbts/str.] |
| 317 | 288 | 40 | 200 | 240 |
| 418 | 1 | 1 | 5 | 6 |
| 420 | 4 | 4 | 20 | 24 |
| 422 | 8 | 8 | 40 | 48 |
| Total | | 53 | 265 | 318 |

Tableau 38 - Estimation de la population en phase Palacio.

| Site | Total structures d'habitat | Structures d'habitat occupées en phase Milpillas (1250 - 1450 apr. J.-C.) | | |
|--------------|----------------------------|--|--|--|
| | | Structures | Population correspondante [5 hbts/str.] | Population correspondante [6 hbts/str.] |
| 31 | 939 | 939 | 4695 | 5634 |
| 31N | 26 | 26 | 130 | 156 |
| 34-70 | 13 | 13 | 65 | 78 |
| 38 | 1532 | 1532 | 7660 | 9192 |
| 68 | 219 | 102 | 510 | 612 |
| 95-96 | 874 | 874 | 4370 | 5244 |
| 317 | 288 | 192 | 960 | 1152 |
| 319 | 20 | 25 | 125 | 150 |
| 410 | 7 | 7 | 35 | 42 |
| 417 | 24 | 24 | 120 | 144 |
| 425 | 1 | 1 | 5 | 6 |
| 426 | 2 | 2 | 10 | 12 |
| Total | | 3737 | 18685 | 22422 |

Tableau 39 - Estimation de la population en phase Milpillas.

| Site | Total structures d'habitat | Structures d'habitat occupées en phase Tariácuri (1450-1521 apr. J.-C.) | | |
|------|----------------------------|--|--|--|
| | | Structures | Population correspondante [5 hbts/str.] | Population correspondante [6 hbts/str.] |
| 68 | 219 | 102 | 510 | 612 |

Tableau 40 - Estimation de la population en phase Tariácuri.

| Site | Total structures d'habitat | Structures d'habitat occupées à l'époque du contact (c. 1550 apr. J.-C.) | | |
|--------------|----------------------------|---|--|--|
| | | Structures | Population correspondante [5 hbts/str.] | Population correspondante [6 hbts/str.] |
| 410 | 7 | 7 | 35 | 42 |
| 415 | 25 | 25 | 125 | 150 |
| Total | | 32 | 160 | 192 |

Tableau 41 - Estimation de la population à l'époque du contact.

PARTIE 3 -
INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS & DISCUSSION



8. SYSTÈMES AGRAIRES PRÉHISPANIQUES DU MALPAÍS DE ZACAPU

Nous avons montré dans le chapitre 6 que la fenêtre étudiée présente une grande variabilité pédologique. S'opposent les domaines lacustre et périlacustre humides, et les hautes terres. Le chapitre 7 a présenté la répartition des sites archéologiques au sein de cette fenêtre : l'opposition entre hautes terres et domaine lacustre s'exprime aussi au travers de l'occupation préhispanique entre le VII^e et le XV^e siècle apr. J.-C. Elle est importante dans les hautes terres et anecdotique sur les rives du paléolac.

Ainsi, les hautes terres étaient *a priori* plus intéressantes pour l'installation humaine que les rives²²¹. L'explication principale tient dans la nature des sols et leur valeur pour les agriculteurs préhispaniques (*cf.* 9.2.1). En témoignent les nombreux aménagements agraires identifiés dans les hautes terres et déjà évoqués dans le chapitre précédent.

Le présent chapitre établit la typologie de ces aménagements (8.2) pour présenter l'évolution des stratégies agraires dans le nord du Malpaís de Zacapu, depuis l'Épiclassique jusqu'à l'abandon des cultures à la fin du Postclassique moyen (8.3). Nous ouvrons le développement en faisant un point sur la fertilité des sols décrits au chapitre 6 : un essai de mise en regard entre l'archéologie et la géopédologie (8.1). Nous clôturons finalement le chapitre 8 par une discussion de l'impact humain sur la géomorphologie actuelle.

²²¹ Ce point est discuté et nuancé plus avant (8.1.2 et 8.1.2.3).

8.1. ARCHÉOLOGIE ET GÉOPÉDOLOGIE : MISE EN REGARD

Derrière les dénominations abstruses de la *Base de référence mondiale pour les ressources en sol*, les terres du nord-ouest du bassin de Zacapu présentent des niveaux de fertilité variés. Nous avons discuté rapidement de la notion de fertilité et de sa pertinence pour l'étude des milieux anciens dans le chapitre 1. Bien qu'elles aient indubitablement évolué, les caractéristiques physiques des sols ont globalement pu se maintenir au cours du temps et demeurent pertinentes dans le cadre d'une extrapolation prudente aux époques anciennes. Les caractéristiques chimiques sont quant à elles assurément différentes. Les mesures actuelles demeurent toutefois intéressantes pour formuler des hypothèses au regard de l'évolution pédologique théorique des sols volcaniques.

8.1.1. Fertilité des sols du nord-ouest du bassin de Zacapu

8.1.1.1. Andosols

Les Andosols sont considérés comme très propices à la mise en culture ; en particulier quand ils sont issus de cendres basiques et qu'ils ne sont pas soumis à un lessivage trop intense (accumulation d'argiles dans les horizons profonds) (IUSS 2015 : 155). Ces deux conditions sont réunies à Zacapu. La géologie y est en effet dominée par des roches intermédiaires à basiques (Reyes Gúzman *et al.* 2018 ; 3.1.3) et le lessivage des sols est globalement limité (6.4).

Les Andosols sont typiquement bien aérés et poreux. Par extension, ils sont relativement faciles à cultiver (Shoji *et al.* 1993 : 237), notamment à la main, et ne nécessitent pas ou peu d'aération artificielle (labours) ; avantage non négligeable dans un contexte préhispanique. L'importante porosité contribue à retenir l'humidité (Shoji *et al. ibid.* : 200-201). Aussi les Andosols présentent-ils une bonne réserve utile en eau pour les plantes²²². La libération rapide des cations basiques en fait des sols riches en nutriments, qui peuvent toutefois être lixiviés dans les pentes. Le plus notable inconvénient agronomique des Andosols est leur propension à fixer les phosphates (par les allophanes), les rendant globalement inaccessibles pour les plantes (IUSS 2015). Toutefois, les sols testés qui se rapprochent le plus des Andosols – P5 et

²²² Cette caractéristique fait écho à la mention faite par West (1948) concernant les sols dits "t'upuri", de la Meseta tarasca, qui souligne la conservation de l'humidité dans ceux-ci.

P8 – ont des taux de rétention modérés. Par ailleurs, toutes les plantes n'ont pas la même aptitude à puiser le phosphore fixé. Ainsi, de façon notable dans notre contexte d'étude, il a été montré que certaines variétés de maïs possèdent une grande capacité à extraire le phosphore fixé (Grimal 1994, cité par Dubus 1997 : 51).

Les Andosols de la région de Zacapu constituent des sols à haut potentiel de mise en culture, même au regard des nécessités/restrictions inhérentes aux technologies préhispaniques.

8.1.1.2. Cambisols

Les Cambisols sont de bons sols agricoles (IUSS 2015 : 162). À Zacapu, ils présentent en outre une saturation en bases élevée ; soit des nutriments en relative abondance pour les végétaux. De par son origine lithologique (cendre volcanique riche en bases), la saturation en bases constituait vraisemblablement déjà une qualité à l'époque préhispanique. Toutefois, dans les stations à drainage interne rapide, les Cambisols sous mull eutrophe peuvent être sujets à une lixiviation modérée de ces nutriments (Duchaufour 2001 : 167). Aussi est-il recommandé aujourd'hui de maintenir les Cambisols de pentes sous couvert forestier (IUSS *ibid.*). Par ailleurs, les Cambisols de Zacapu conservent des qualités physiques propres aux Andosols ; à savoir, une texture de loam argilo-limoneux, une bonne aération, et une bonne réserve utile en eau. Ils constituent donc de bons sols cultivables.

8.1.1.3. Phaeozems (et Luvisols)

Les Phaeozems sont d'excellents sols agricoles (IUSS 2015 : 178). Leur valent cette réputation : la structure grumeleuse de l'horizon de surface mullique, son taux relativement élevé de matière organique et sa saturation en bases. Dans le contexte zacapense, l'origine téphrique ou colluvique du matériau parental des Phaeozems a contribué au maintien d'une classe texturale de loam argilo-limoneux, qui en fait des sols faciles à travailler. Développés sur les coulées du Pléistocène moyen à ondulations légères (ex. Copalillo, La Raya...), ils sont actuellement les principaux sols cultivés dans les hautes terres.

Précisons toutefois que les Phaeozems de notre zone d'étude présentent des stades d'évolution variés. Aussi sont-ils susceptibles d'avoir des degrés de fertilité différents en fonction de cette évolution. Dans les hautes terres, notons à cet égard la transition vers des *solums* à classe texturale plus fine et plus lourde (vertisolisation [augmentation du taux d'argile]). Souvent, lorsque les propriétés vertiques sont circonscrites aux horizons profonds,

elles constituent un avantage en assurant la conservation de l'humidité. Les terres qui présentent ces caractéristiques sont désignées *tierras de humedad* par les agriculteurs locaux. Ils en tirent parfois deux récoltes à l'année en dépit de leur localisation dans des espaces autrement caractérisés par le *temporal*²²³ (cf. 3.5). En revanche, quand la vertisolisation est avancée – dans les zones confinées –, elle provoque une lourdeur des sols, alors difficiles à exploiter sans le recours à des techniques d'aération (labours profonds). Dans certains cas, la vertisolisation a conduit à l'établissement de Vertisols véritables (voir *infra* Vertisols). La néoformation d'argiles au sein des Phaeozems peut par ailleurs être aggravée par la saturation en eau pendant de longues périodes, comme c'est typiquement le cas sur les rives du paléolac de Zacapu (horizons gleyiques). Dans ces zones, il nous a été rapporté que la fluctuation de la nappe entraîne fréquemment l'asphyxie, voire la perte des cultures ; et ce, en dépit du drainage artificiel (voir *infra* Histosols).

En résumé, les Phaeozems de la zone étudiée constituent dans la majorité des cas de très bons sols agricoles. Toutefois, la variabilité au sein même du Groupes de sols de référence doit être prise en considération pour éviter une généralisation hâtive de la fertilité des espaces concernés.

8.1.1.4. Vertisols

Encore aujourd'hui avec les moyens techniques d'une agriculture mécanisée, les Vertisols nécessitent des traitements particuliers pour être mis en culture (IUSS 2015 : 192). S'ils sont d'ordinaire riches du point de vue chimique – comme c'est le cas à Zacapu –, les propriétés physiques des Vertisols constituent des facteurs limitants. L'engorgement en eau des argiles 2/1 à la saison humide (sols collants), et l'extrême dureté couplée à la fissuration lors de la saison sèche (dommageable pour la plupart des systèmes racinaires) sont de sérieux obstacles pour une mise en culture efficace. Les agriculteurs actuels les présentent comme des terres de second choix. Beaucoup des Vertisols encore cultivés il y a moins de 100 ans sur les îles du paléolac ou sur le piémont ont été abandonnés au cours des dernières décennies ; probablement au profit des terres drainées de la plaine lacustre. Les Vertisols servent aujourd'hui essentiellement de pâturages.

De manière générale, les zones de Vertisols ne sont pas pour autant délaissées des agriculteurs. Artificiellement drainés, ils constituent des sols intéressants. Par ailleurs, à

²²³ Propos recueillis auprès des intéressés. Certains champs sont ainsi semés de luzerne après la récolte de maïs.

l'heure actuelle, quelques parcelles sur les versants vertiques du vallon de la Centeña sont encore cultivées. Ici, la pierrosité et le drainage interne constituent des atouts. Ces caractéristiques limitent l'abaissement de la température dans les sols (Gras 1994) et sécurisent ainsi des récoltes, qui, quelques mètres en aval dans la plaine lacustre, souffrent du gel lors des années les plus froides.

Les Vertisols sont donc globalement difficiles à mettre en culture. Néanmoins, leur fertilité chimique peut être mise à profit moyennant un certain investissement pour aérer le sol, améliorer la structure de l'horizon de surface, et assurer l'évacuation de l'excès d'eau.

8.1.1.5. Stagnosols

Les Stagnosols sont par essence peu aptes à la mise en culture (IUSS 2015 : 188). L'absence d'oxygène en est la principale raison. Un drainage artificiel efficace peut les rendre exploitables. Leur représentation se limite toutefois à quelques contextes particulièrement confinés à Zacapu.

8.1.1.6. Histosols

Les Histosols sont peu propices à la mise en culture (IUSS 2015 : 171-172). Les conditions anaérobies sont là encore le facteur le plus limitant. Ils caractérisent la plaine lacustre de Zacapu où, en dépit du drainage, de nombreux sols présentent des horizons histiques et sont marqués par des conditions humides continues. La plupart de ces zones d'Histosols ne sont pas mises en culture ou seulement de manière exceptionnelle, les années où la nappe phréatique est suffisamment basse.

Dans les zones maintenues hors d'eau, le problème de l'engorgement est moindre, mais le risque d'asphyxie reste présent du fait de la superficialité de la nappe et de ses fluctuations saisonnières. En revanche, la partie émergée du *solum* originellement composée de dépôts limniques, a été aérée et mélangée par les labours. Par conséquent, la matière organique des tourbes anciennes, sinon complètement transformée, est en voie d'humification. À cette richesse organique, s'ajoute la teneur élevée en cations basiques d'origine volcanique. Ainsi, les terres qui jouxtent les zones d'Histosols du paléolac sont particulièrement fertiles (Phaeozems).

En résumé, les Histosols ne sont pas des sols naturellement intéressants pour l'agriculture, mais leur drainage artificiel peut les rendre fertiles. Toutefois, le risque d'asphyxie reste très important.

8.1.1.7. Regosols

À l'instar des Stagnosols, les Regosols sont limités dans la zone étudiée. Ceux que nous avons identifiés résultent du colluvionnement après l'abandon d'une dépression anthropique, qui faisait vraisemblablement office de réservoir à l'époque préhispanique. L'absence de structure des Regosols et leur engorgement rapide à la saison des pluies les rend peu intéressants au niveau agricole (IUSS 2015 : 183).

8.1.1.8. Leptosols

Les Leptosols sont naturellement peu propices à la mise en culture (IUSS 2015 : 174). L'érosion, en particulier, constitue un sérieux problème. Dans la zone étudiée les Leptosols sont généralement Lithic ou Nudilithic, ce qui équivaut à l'absence totale de couverture pédologique dans le second cas. Le terrassement ou l'apport de terre peut toutefois les rendre intéressants. Si ces pratiques n'ont plus cours aujourd'hui, elles étaient largement répandues à l'époque préhispanique (8.2).

8.1.1.9. Anthrosols et Technosols

La fertilité des Anthrosols dépend d'abord des modalités de leur édification et de la perspective de celle-ci. Dans la région de Zacapu, les Anthrosols persistent à l'état de vestiges de l'activité préhispanique. Il semble que ceux pouvant être classifiés comme tels à l'heure actuelle soient le plus souvent associés à des terrassements à vocation résidentielle. La fertilité de tels sols est, dans ce cas, probablement amoindrie – en comparaison avec celles des sols naturels donc ils sont issus –, notamment en raison de phénomènes de compactage par piétinement humain.

Cependant, bien qu'ils n'entrent pas dans le Groupes de sols de référence des Anthrosols, quantité des sols de la région ont connu des modifications humaines intenses pour la mise en culture ; à commencer par les zones de colluvionnement terrassées (voir *infra* 8.1.4.3). Le temps a estompé les modifications physiques ou chimiques opérées à époques anciennes pour améliorer la fertilité de ces sols. Ils ont par conséquent repris une pédogénèse « naturelle » et sont donc intégrés aujourd'hui à d'autres Groupes de sols de référence. La fertilité de ces

« ex-Anthrosols » – pour ceux cultivés à l’époque préhispanique – est difficilement appréciable. Là réside un des enjeux de notre travail. Nous estimons que leur fertilité se rapproche de celle des sols aujourd’hui identifiés là où, anciennement, se trouvait des champs. Comme nous l’avons exposé au chapitre premier, l’identification des amendements humains anciens pour améliorer la fertilité n’était pas une des perspectives du présent travail (1.2.5.4).

À l’instar du cas des Anthrosols, la fertilité des Technosols est liée à la nature du sol transporté ou modifié qui a permis leur mise en place. Dans le cas des Technosols identifiés dans la région de Zacapu, il s’agit essentiellement de sols d’habitat très peu développés, édifiés sur des Leptosols. Ils sont actuellement plus fertiles que des zones de Lithic Leptosols non aménagées. Néanmoins, par essence, ce sont des sols qui n’avaient pas vocation principale à être mis en culture à l’époque préhispanique²²⁴.

8.1.2. Espaces cultivables théoriques au nord-ouest du bassin de Zacapu

La fertilité actuelle des types de sols qu’on rencontre au nord-ouest du bassin de Zacapu, mise en perspective avec leur pédogénèse théorique, fournit un cadre pour juger de la potentialité d’usage de ces sols à l’époque préhispanique (Figure 226). Les Andosols, les Cambisols et les Phaeozems présentent un bon potentiel agronomique. Il est encore meilleur dans les zones qui conservent un taux d’humidité résiduelle (*joyas* notamment). Viennent ensuite les Luvisols et Endovertic Phaeozems, plus argileux et plus difficiles à travailler à la main, mais présentant un potentiel agronomique satisfaisant. Les Vertisols et les zones dominées par des Lithic Leptosols ont un potentiel moyen car leur exploitation est moins facile encore (nécessité d’aération ou d’épierrement...). Les Histosols, les sols à propriétés stagniques marquées et les sols très superficiels (Nuditlithic Leptosols ou pentes abruptes) ont un potentiel mauvais. Enfin, les zones sans couverture pédologique et les parties émergées du paléolac ont un potentiel nul.

Outre la fertilité à l’échelle des géoformes, certaines caractéristiques géopédologiques limitent la surface effective de terres arables (affleurements nombreux, escarpement...). Pour rendre compte de ces restrictions, nous avons estimé la surface cultivable totale de chaque géoforme sur la base de nos observations de terrain et des données LiDAR (Figure 227). La principale restriction est la présence d’affleurement rocheux. Les coulées de lave non aménagées de l’Holocène récent (moins de 2000 ans) sont considérées impropres à la mise en

²²⁴ Toutefois, nous n’excluons aucunement la possibilité que certains Technosols aient pu servir secondairement d’espaces cultivés.

culture (0 % cultivable), ainsi que les zones du paléolac en eau à l'époque préhispanique. A *contrario*, les couvertures pédologiques anciennes sont quasiment intégralement exploitables (95 %). La surface totale cultivable dans notre fenêtre est estimée à 4417,2 ha (44 km²) ; soit environ 54 % de la superficie totale de la fenêtre (81 km²).

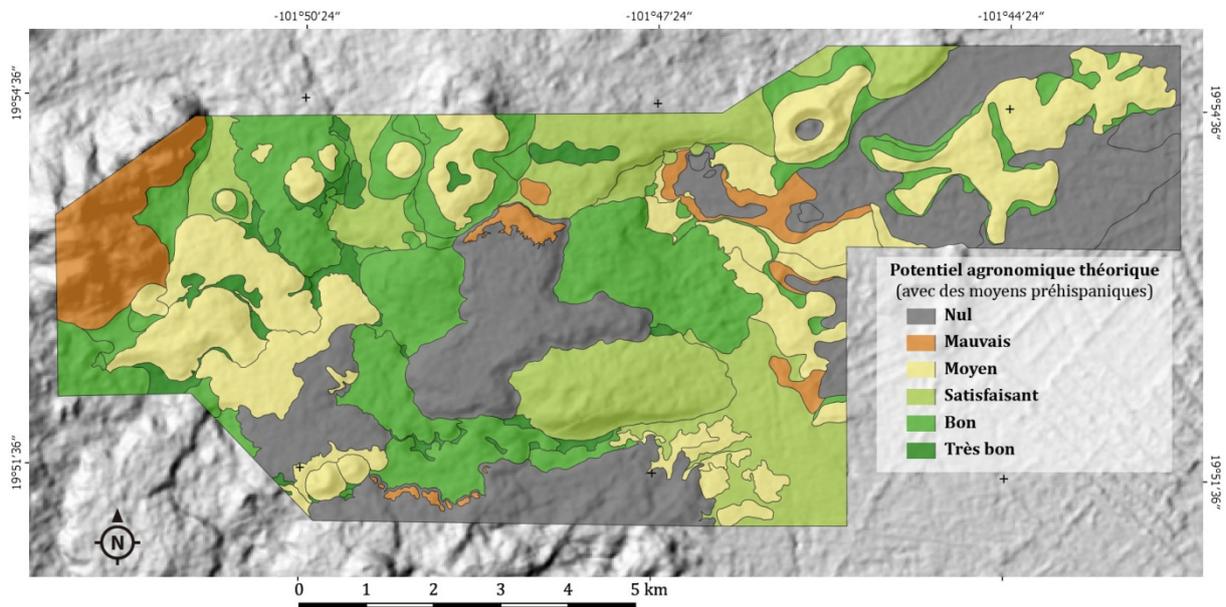


Figure 226 - Potentiel agronomique théorique des sols du nord-ouest du bassin de Zacapu (avec des moyens préhispaniques).

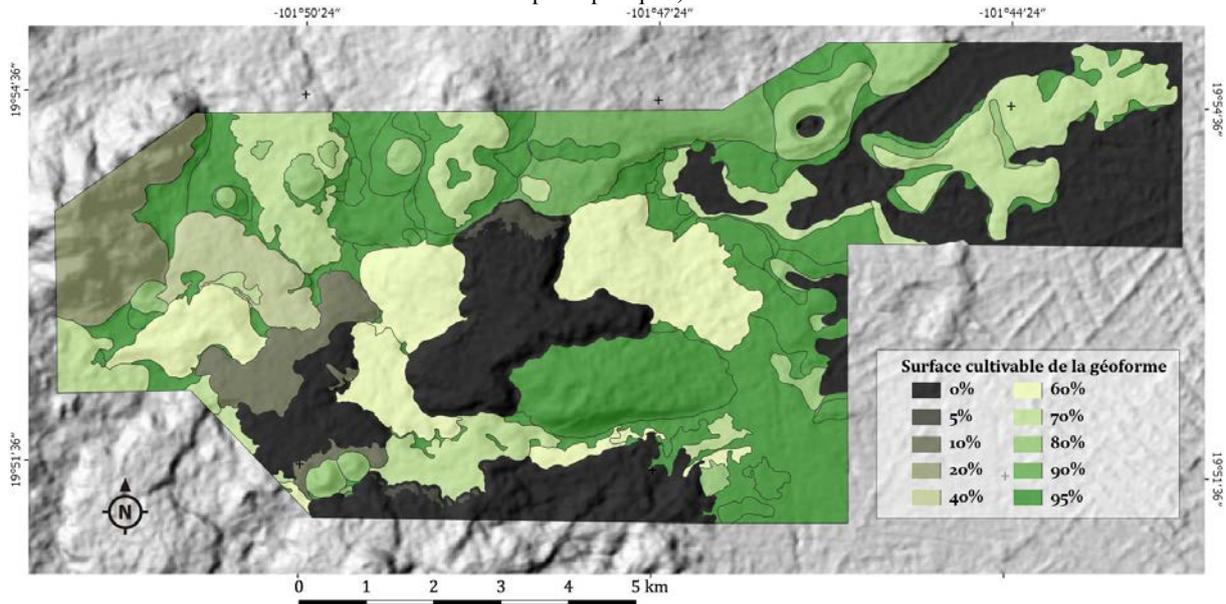


Figure 227 - Pourcentage de chaque géoforme susceptible d'être mis en culture.

Sur cette base, nous sommes désormais en mesure de discuter de la valeur agricole préhispaniques des différents écosystèmes exploitables.

8.1.3. Cultiver la plaine lacustre et le piémont à l'époque préhispanique

En comparaison avec les hautes terres, la quantité de vestiges préhispaniques dans la plaine lacustre et sur son pourtour est très basse (chapitre 7). Cette situation est en partie liée au contexte géomorphologique et à l'occupation actuelle. C'est en effet la plaine qui concentre aujourd'hui l'activité humaine, tant en ce qui concerne l'habitat au sens large (résidences, industries, commerces, voies de communication...), que l'agriculture. La fondation des villages coloniaux sur les rives et presqu'îles dès les premières décennies après la Conquête (Lefebvre et Quezada 2016) et l'occupation continue qui s'en est suivie ont très certainement occulté une importante partie des vestiges plus anciens. Les fréquentes découvertes de pièces préhispaniques lors d'opérations actuelles de construction, attestées par les locaux, témoignent d'une richesse du sol encore mal documentée. Par ailleurs, les colluvions, les alluvions et la sédimentation lacustre y sont aussi pour beaucoup dans l'enfouissement des vestiges. Toutefois, pour ce qui est du nord-ouest du bassin, nous pensons que le peu de vestiges préhispaniques est la conséquence d'un choix culturel ; un choix en grande partie motivé par des contraintes agricoles (*cf.* 9.2.1).

8.1.3.1. Cultiver les sols lacustres et palustres

Malgré l'attrait du lac – pour son eau, sa faune ou sa végétation –, les sols potentiellement exploitables sur ses rives présentent des restrictions agricoles qui n'ont vraisemblablement pas été outrepassées par les populations préhispaniques : la submersion saisonnière au gré des fluctuations du lac et de la permanence de l'eau à faible profondeur. De telles conditions nécessitent un drainage efficace et aucun indice préhispanique de tels ouvrages n'a pu être observé (*cf.* chapitre 7).

L'hypothèse séduisante de champs surélevés type *chinampas* est difficilement envisageable, bien que de tels aménagements existent aujourd'hui sur le rivage de la lagune de Zacapu (*cf.* 4.2.2). Celle-ci constitue un sous-bassin, plus élevé et plus profond que le reste du paléolac (Arnauld *et al.* 1993). Aussi est-elle moins sensible aux fluctuations saisonnières ; anciennement du point d'eau, aujourd'hui de la nappe. Or, il a été démontré que la pérennité des champs surélevés dépend justement d'une certaine stabilité du niveau d'eau, au risque, si cette condition n'est pas remplie, de voir les récoltes se gâter à cause de l'excès d'humidité dans les sols à la saison des pluies (Armillas 1971 ; Arnauld 1996). Ailleurs, les fluctuations saisonnières devaient fréquemment transformer les marécages en zones intégralement immergées – comme on l'observe encore aujourd'hui à Cuarún par exemple. Entreprendre

une agriculture sur champs surélevés dans le paléolac équivalait donc probablement à prendre un risque. Aucun indice archéologique ne semblent à ce jour indiquer qu'un tel risque a été pris.

La culture de petits lopins irrigués sur les rives de lac est toutefois documentée par l'ethnohistoire et l'ethnographie à Pátzcuaro (West 1948 : 32 ; cf. 4.2.1). Vu la fertilité chimique des sols de rives étudiés (voir 6.2, P23 et annexe 4), il n'est pas impossible que des pratiques similaires aient pu avoir eu cours à Zacapu à l'époque préhispanique. Notre investigation n'a toutefois pas permis d'en déceler de trace archéologique.

8.1.3.2. Cultiver les sols des îles

Sur les îles, les sols les plus intéressants d'un point de vue agronomique sont les Phaeozems qui se sont développés dans les zones de colluvions. Sur la coulée volcanique d'El Llano, ils correspondent aux quelques espaces encore cultivés à l'heure actuelle, au nord de la Punta et dans les différentes criques qui entourent l'ancienne île – dont celle d'El Bambilete. C'est par ailleurs là où l'on observe des Phaeozems que des aménagements agraires préhispaniques ont été clairement identifiés (7.5). À cet égard, Mich. 33 se place en amont d'une zone de sols colluviques aménagée de terrasses agricoles (Mich. 69). La position de Mich. 34-70 est similaire, surplombant les Phaeozems du versant nord du bras de coulée.

Nous l'avons vu, les Vertisols des anciennes îles et presqu'îles sont moins intéressants au niveau agronomique. Ils se sont développés dans les zones planes. Sur la coulée d'El Llano, hormis quelques parcelles récemment abandonnées au sud de Las Placitas, les seuls Vertisols encore en culture se trouvent au niveau de La Raya²²⁵. Ils nécessitent des labours profonds pour parvenir à une aération convenable. En outre, les zones de Vertisols sont mal drainées (propriétés stagniques) et associés à une importante pierrosité de surface (Leptosols associés). Ces restrictions semblent avoir induit un évitement assez systématique des Vertisols par les groupes préhispaniques au profit des Phaeozems. Il est possible que la mise en culture des Vertisols ne se soit développée qu'à l'époque coloniale, grâce aux animaux de trait.

Les îles et presqu'îles ne constituent pas des espaces particulièrement favorables à l'agriculture préhispanique. D'autres facteurs ont amenés les populations à y établir des sites. Les ressources lacustres, à commencer par l'eau, mais aussi les produits de la pêche, de la

²²⁵ À ne pas confondre avec la coulée volcanique éponyme dans les hautes terres.

collecte, ou encore la valeur symbolique du milieu (*etc.*), ont vraisemblablement constitués des aspects plus attractifs que les sols.

8.1.3.3. Cultiver les sols du piémont

Les Phaeozems et Vertisols du piémont ont l'avantage d'avoir un drainage interne assez rapide, qui limite l'hydromorphie. Dans la zone de Cuarún, la pierrosité et la pente constituent aujourd'hui un problème que les agriculteurs utilisant des tracteurs ont tendance à éviter, favorisant les zones d'accès plus facile. Certains continuent cependant d'exploiter les pentes à la charrue tirée par un cheval.

Les habitants des sites préhispaniques de Mich. 410 et 420 semblent avoir su tirer profit de ces sols. Néanmoins, les aménagements agraires sont peu nombreux. Ils se limitent à quelques modestes réseaux de terrasses. Sur Mich. 410, un système de redistribution des eaux de ruissellement le long de la pente à l'aide de talus obliques semble avoir été développé. Nous pensons cependant que sa mise en place et son usage sont plutôt associés à l'époque coloniale ou moderne.

**

En résumé, la plaine et le piémont ne semblent pas avoir constitué des espaces attractifs au niveau agricole pour les populations préhispaniques et ce quelle que soit l'époque considérée. Avant le drainage du paléolac, cultiver la plaine lacustre et ses rives aurait constitué à la fois un défi, mais aussi et surtout un risque, au regard de l'excès d'humidité dans les profils. Les sols du piémont et des îles – qui présentent fréquemment des classes texturales assez lourdes et parfois mal drainés – n'ont constitué que des espaces de mise en culture périphériques.

8.1.4. Cultiver les *malpaises* et leurs environs à l'époque préhispanique

La majorité des établissements se concentrent dans les hautes terres, notamment dans les *malpaises*. Au premier abord, la différence quantitative entre hautes terres et bassin lacustre en termes de vestiges pourrait être imputée à une différence de conservation. L'aspérité des coulées de lave a entraîné un évitement assez systématique de ces milieux après l'époque préhispanique. Notre étude – mais aussi celles en cours et sans aucun doute celles à venir – a cependant démontré que l'occupation s'étendait largement au-delà des limites imposées par

les fronts de lave. En outre, dans les *malpais* comme aux alentours, ce sont avant tout des aménagements agraires qui ont été mis au jour.

8.1.4.1. Cultiver les sols volcaniques d'altération ancienne

Les coulées et cônes des Pléistocène ancien et moyen présentent les sols les plus anciens (Cambic Phaeozems, Endovertic Phaeozems, Luvisols et Vertisols). Le modelé faiblement ondulé est à l'origine de taux d'argiles plus importants qu'ailleurs au sein des profils (lessivage modéré et néoformation). Ils présentent en conséquence des classes texturales parfois lourdes (Vertisols), et par extension, difficiles à mettre en culture avec des moyens préhispaniques. Aux épaulements de la coulée volcanique du Copalillo, de celle de La Raya et du Cerrito Pelón, les restrictions physiques liées aux propriétés vertiques ont été outrepassées par l'établissement de denses réseaux de terrasses, qui semblent en outre avoir tiré profit de la pierrosité de ces zones (8.2.4.1).

Ailleurs sur les géoformes des Pléistocène ancien et moyen, nous avons vu que les propriétés vertiques et le lessivage étaient en réalité assez modérés (Endovertic Phaeozems et Cambic Phaeozems) (6.3.1.1). Ces sols, souvent rajeunis par des colluvions ou des dépôts téphriques, sont aujourd'hui largement exploités. Il est difficile de juger de leur potentialité de mise en culture à l'époque préhispanique car :

- 1) celle-ci ne nécessitait pas de modifications ayant transformé de façon sensible le paysage ;
- 2) et, si des modifications ont jamais été opérées, elles ont vraisemblablement été détruites par l'agriculture postérieure pratiquant des labours profonds.

Les indices suggérant une hypothétique mise en culture préhispanique sur ces Phaeozems anciens se concentrent sur la coulée volcanique du Copalillo :

- 1) Au niveau pédologique, le seul argument que pouvons fournir réside dans la fertilité théorique des Phaeozems du plateau, notamment au regard de l'humidité résiduelle maintenue en profondeur à la faveur de propriétés vertiques ou protovertiques subsuperficielles.
- 2) Au niveau archéologique, la présence de terrasses agricoles sur tout le pourtour de la géoforme, celle de matériel en surface – en faible quantité, mais

de façon relativement généralisée – et la mise au jour par le LiDAR d'aménagements au sein même des champs actuels (7.1.2), sont autant d'indices d'une exploitation préhispanique des Phaeozems de la coulée du Copalillo.

À la lumière de ces maigres indices, affirmer que les parties planes présentant des sols anciens constituaient des zones agricoles préhispaniques serait une extrapolation hâtive, que nous nous refusons à faire. Tout au plus pouvons-nous affirmer que l'agriculture préhispanique y est, en théorie, possible. Ajoutons qu'une précédente étude a par ailleurs indiqué que la mise en culture de la coulée volcanique du Copalillo aurait constitué une plus-value de taille pour la subsistance des groupes humains peuplant la région au Postclassique moyen (Dorison 2013). Cette question sera développée plus avant (8.3.3).

En résumé, les sols volcaniques anciens sont, en théorie, tout à fait aptes à être cultivés avec des techniques préhispaniques. En pratique, les terrasses d'épaulement sur sols argileux le prouvent. En ce qui concerne les zones planes, l'archéologie peine à fournir des preuves irréfutables de leur mise en culture. À cet égard, nous proposons toutefois ce simple constat : il paraît raisonnable de penser que les zones planes et fertiles, bien qu'elles présentent des sols plus lourds qu'ailleurs, n'ont pas été invariablement boudées par des agriculteurs qui, par ailleurs, étaient prêts à fournir d'importants investissements pour cultiver des espaces jonchés d'affleurements – aux sols, certes, plus intéressants pour eux – (voir *infra* 8.1.4.2), ou pour rendre habitables des coulées de lave chaotiques sans aucune couverture pédologique.

8.1.4.2. Cultiver les sols volcaniques récents ou sols téphriques

Au regard de la répartition des sites et de la concentration des aménagements agraires, les sols volcaniques formés depuis le Pléistocène récent constituent sans équivoque les terres recherchées en priorité par les agriculteurs préhispaniques, en particulier durant l'Épiclassique (8.3.1). Il s'agit des fertiles Andosols, Cambisols, et Phaeozems issus de dépôts téphriques – sols téphriques (*volcanic ash soils*) – à classe texturale de loam argilo-limoneux et naturellement riches en nutriments (cations basiques). Par ailleurs, il semble que trois caractéristiques aient été préférentiellement recherchées :

- 1) un drainage suffisant ;
- 2) par extension, un lessivage et/ou une néoformation d'argiles encore limitée ;
- 3) un *solum* épais ou susceptible d'être artificiellement épaissi.

Ainsi les zones de pentes ont-elles été spécialement visées par la colonisation agricole. En témoignent notamment les sites de Mich. 68 et Mich. 318. Pour mettre en culture les sols téphriques, dont l'une des principales contraintes est la sensibilité à l'érosion, les agriculteurs ont développé un éventail de techniques de terrassement des pentes (8.2). Comme il a été relevé par d'autres (Donkin 1979 ; Rojas Rabiela 1988 ; entre autres), les principaux objectifs du terrassement étaient l'épaississement des *solums*, ainsi que la gestion du ruissellement et, plus largement, de l'humidité dans les sols. La distribution localisée de ces sols volcaniques jeunes, systématiquement associés à des affleurements rocheux, n'a en aucune façon constitué un réel obstacle à leur exploitation. Au contraire, la présence de roches volcaniques à proximité pour l'édification des terrasses a pu s'avérer avantageux.

Dans les zones planes, les sols téphriques semblent avoir globalement servi à l'édification de terrasses d'habitat, comme en témoigne le site de Mich. 317 ou le sommet de Mich. 318. C'est du moins ce que laissent entendre les morphologies connues de structures identifiables sur le LiDAR, en l'absence de vérifications de terrain. En effet, les zones de sols téphriques planes accueillent ce que nous interprétons comme des terre-pleins, des maisons, des places, des pyramides *etc.* Néanmoins, elles présentent aussi des structures mal définies, qui nous laissent penser que certaines de ces zones ont pu être exploitées à des fins agricoles. Il s'agit notamment de systèmes de parcelles localisés, potentiellement édifiés *via* des épierrements/dégagements, reconnus sur les sites de Mich. 68, Mich. 38, Mich. 317 ou Mich. 439 (8.2.5.1). Nous estimons qu'il y a une forte probabilité pour que ces aménagements soient liés à des techniques de mise à profit des sols téphriques dans une perspective agricole. Par ailleurs, les zones planes entre les rides de pression – ou *joyas* – semblent elles aussi avoir été exploitées, bien que les indices soient encore peu clairs (8.2.6.1).

Comme nous l'avons vu, un autre inconvénient majeur des sols téphriques est leur propension à la rétention des phosphates. Les agriculteurs préhispaniques ont probablement dû trouver des solutions à ce problème. En l'absence d'une étude spécifiquement dédiée à l'évaluation des amendements ou engrais apportés aux époques anciennes, il nous est difficile de nous prononcer sur ce point. Nous pouvons toutefois souligner que les sols téphriques cultivés les plus à même de présenter des capacités de rétention élevées se situent systématiquement à proximité directe des habitats. Cette localisation a pu favoriser l'apport régulier d'éléments riches en phosphore (ex. ossements de restes de repas).

8.1.4.3. Cultiver les sols colluviques

Nous entendons par cette appellation les sols pour lesquels les profils ont majoritairement été mis en place au travers de processus de colluvionnement et d'alluvionnement « naturels »²²⁶ – autrement dit formés par transport de matière par l'eau ou la gravité (qualificatif WRB de « colluvic ») –, mais qui peuvent avoir été modifiés *in situ* par les groupes humains (qualificatif de « relocatic »). Comme vu dans le chapitre 6, dans les hautes terres, ces sols sont typologiquement assez proches de ceux issus de dépôts téphriques récents (8.1.4.2), dont ils découlent. Ils sont donc intéressants d'un point de vue agronomique et ont été utilisés par les groupes préhispaniques. Nous avons cependant fait le choix de les distinguer des sols téphriques. En effet, si la finalité agricole est assez généralisée pour les seconds – comme sur Mich. 68 ou 318 –, le cas des sols issus de matériaux colluviques est sensiblement différent et la mise en culture est moins systématique.

Les exemples les plus probants sont le bas versant du Cerrito Pelón (Mich. 319) et celui du Cerro de Las Flores (Mich. 416). Les fouilles que nous avons conduites sur le premier ont en effet révélé deux contextes domestiques (UT 114 et 115) où la vocation agricole associée n'a pu être affirmée. Le troisième contexte étudié sur ce site (UT 113) – mais aussi et surtout les excavations réalisées par d'autres membres du projet Uacúsecha sur Mich. 416 – font clairement pencher la balance vers une réfutation pure et simple de cette possibilité. Il s'agit dans ce cas de contextes à caractère cérémoniel fortement marqué (Pereira *et al.* 2017, 2018).

De plus, la fertilité actuelle des sols colluviques – constatée par exemple dans le profil P5 – est probablement liée en partie à la recolonisation de la végétation après l'abandon des sites préhispaniques. En effet, les déplacements de terre originels, pratiqués pour niveler des espaces non-agricoles, ont sans doute détruit les horizons Ah des sols utilisés pour les mettre en place. Au cours de l'occupation, surtout en contextes civico-cérémoniels, on peut raisonnablement penser que peu d'espèces végétales devaient encombrer les places et terre-pleins. En conséquence, le *turnover* et l'humification ont été très fortement diminués. Ce n'est qu'après abandon que la recolonisation végétale a permis la reprise d'une pédogénèse normale et l'augmentation du taux de carbone organique dans les horizons de surface.

Le potentiel agricole des sols de colluvions-alluvions n'a pas été négligé pour autant. En témoignent notamment l'aménagement des colluvions au pied du versant nord de la coulée

²²⁶ La notion de sol naturel est ambiguë dans le contexte ici présenté, dans la mesure où les processus de colluvionnement et d'alluvionnement ont pu être provoqué de façon intentionnelle ou non par l'activité humaine.

volcanique de Las Minas (8.2.4.3), au bas des cônes du complexe des Tres Cerritos²²⁷, ou encore à l'est de la coulée volcanique du Coyotillo-Durazno. Dans ces espaces, les horizons subsuperficiels argileux – constatés ou supposés – ont pu en outre constituer des atouts pour le maintien de l'humidité. Soulignons à ce titre la culture actuelle de *Medicago sativa* (luzerne cultivée) sur les sols colluviques au pied du Cerrito Pelón ; une plante qui nécessite des apports en eau conséquents, mais qui supporte mal l'hydromorphie (Small 2011 : 158)²²⁸.

8.1.4.4. Cultiver la roche

Le titre volontairement provocateur de cette sous-partie souligne l'investissement qui a pu être déployé pour mettre en culture des espaces naturellement considérés comme stériles. Nous renvoyons ici aux cas où le *solum* a été majoritairement, sinon exclusivement, mis en place au travers de déplacements de terre par les êtres humains depuis une source exogène (qualificatif WRB de « transportic ») – généralement le bas de pente. Il s'agit des Nudilithic Leptosols, aménagés pour former des Technosols ou des Anthrosols sur les coulées volcaniques du Capaxtiro et du Malpaís Prieto²²⁹. Il s'agit aussi de certains sols classifiés comme des Skeletic Leptosols sur les coulées plus anciennes du Caracol, de Las Milpillas, ou de Las Joyitas de Las Milpillas.

Dans le cas où l'apport de matière a permis de former des Anthrosols ou des Technosols, le caractère agricole est peu probable. Les cas documentés sont les terrasses d'habitat des centres urbains préhispaniques de Mich. 31 et 96. L'horticulture est parfois envisageable. Néanmoins, les nombreuses campagnes de fouilles sur Mich. 31 (Pereira et Forest 2008, 2009, 2010 ; Pereira *et al.* 2011 à 2018) et le travail de cartographie de Forest sur les deux sites (Forest 2014) prouvent, comme il a déjà été évoqué, que la densité de l'habitat et la nature des sols vont généralement à l'encontre de telles pratiques. En revanche, les Leptosols aménagés en terrasses étroites documentées sur Mich. 68 et identifiées ailleurs sur le LiDAR, constituent quant à eux des espaces vraisemblablement façonnés pour la mise en culture (8.2.3).

**

²²⁷ Dans ce cas en particulier, la distinction entre sols issus de dépôts téphriques ou de matériaux colluviques est difficile.

²²⁸ Information par ailleurs rapportée par les agriculteurs locaux.

²²⁹ Rappelons ici que nous considérons que le cas de l'Infiernillo est légèrement différent dans la mesure où la terre ayant servi à l'édification des espaces nivelés provient probablement en partie de la couverture pédologique naturelle de la coulée.

En résumé, les sols des hautes terres ont pour la plupart été exploités à des fins agricoles, bien que cela soit parfois difficile à prouver. Les sols d'altération ancienne pouvaient être mis en culture de façon extensive, mais les taux d'argiles importants rendaient leur exploitation assez difficile avec des moyens préhispaniques. Les sols colluviques étaient peut-être cultivés mais ils semblent avoir été plus souvent choisis pour l'habitat. Les sols téphriques plus jeunes (de moins de 100000 ans) étaient vraisemblablement les plus intéressants. En témoigne l'ingéniosité qui a été déployée pour les mettre à profit, même au travers de transport de terre dans les zones chaotiques.

8.2. UNE TYPOLOGIE DES AMÉNAGEMENTS AGRAIRES PRÉHISPANIQUES DU NORD DU MALPAÍS DE ZACAPU

Nous émancipant quelque peu des nomenclatures d'aménagements agraires préhispaniques traditionnelles (Rojas Rabiela 1988 ; Whitmore et Turner 2001 entre autres), nous proposons ici une typologie prenant d'abord en compte le contexte géopédologique aménagé. Nous considérons en effet que les terrasses et autres structures agraires sont avant tout construites de façon pragmatique, pour tirer profit des propriétés des formes du terrain et des sols qui leur sont associés.

Cette typologie ne vise pas à l'exhaustivité et doit être prise comme une base de réflexion pour appréhender une réalité bien plus complexe. Au vu de la diversité des aménagements agraires observés, nous estimons qu'il en existe presque autant qu'il y a de contextes géopédologiques mis en culture. La variabilité obéit à un besoin d'adaptabilité. Les tableaux 42, 43 et 44 offrent une synthèse de notre typologie. L'annexe 6 présente la répartition des types au sein de notre fenêtre d'étude.

| | Type | Sous-type | Échantillon diagnostique | Méthode d'étude |
|--|---|--------------------------------|---|--|
| Aménagements de pentes (terrasses et assimilés) | 1. terrasse de nivellement | 1A. étroites | 104 | Observations de terrain ; LiDAR |
| | | 1B. larges | 91 | Observations de terrain ; LiDAR ; fouille (UT115, Mich. 319) |
| | 2. terrasse transversale de versant concave | 2A. de ravin large | 158 | Observations de terrain ; LiDAR ; fouille (UT107, Mich. 318) |
| | | 2B. de ravine | 199 | Observations de terrain ; LiDAR |
| | 3. terrasse d'affleurement | - | 187 | Observations de terrain ; LiDAR ; fouille (UT127, Mich. 68) |
| | 4. aménagement de zone de flux lent | 4A. épierrement d'épaulement | 386 | Observations de terrain ; LiDAR ; fouille (UT62, Mich. 31N ; UT76, Mich.417) |
| | | 4B. terrasse de <i>seepage</i> | 46 | Observations de terrain ; LiDAR |
| 4C. terrasse de pied de versant | | 60 | Observations de terrain ; LiDAR ; rapport de fouille (UT112, Mich. 318) | |
| Aménagements de zones planes | 5. aménagement de zone chaotique | 5A. épiernements/dégagements | 256 | LiDAR |
| | | 5B. parcellaires larges | 76 | Observations de terrain ; LiDAR |
| | | 5C. parcellaires étroits | 73 | Observations de terrain ; LiDAR |
| | 6. aménagement de <i>joyas</i> | - | - | Observations de terrain ; LiDAR ; sondage pédologique (P23, Mich. 68) |
| | 7. Dignes et canaux | - | 4 | Observations de terrain ; LiDAR |

Tableau 42 - Méthodes d'études des aménagements agraires.

| | type | sous-type | éch.* | longueur [m] | | | largeur de la surface exploitable [m] | | | surface [m ²] | pente [°] | attributs de versant | | sols préférentiellement associés | occurrences Mich. |
|--|---|------------------------------|-------|--------------|-------------|-------------|---------------------------------------|--------------|---------------|---------------------------|---------------|----------------------|---------------|---|---|
| | | | | min. | max. | moy. | min. | max. | moy. | | | moy. | plan | | |
| Aménagements de pentes (terrasses et assimilées) | 1. terrasse de nivellement (§ 8.2.1) | 1a. étroite | 104 | 8,3 | 130,0 | 41,2 | 2,52 | 10,32 | 5,11 | 210,46 | 5-20 | droit | convexe/droit | Andosols ; Cambisols ; Phaeozems | 68, 95, 317, 318, 427, 428, 429, 430, 440 |
| | | 1b. large | 91 | 7,2 | 155,4 | 53,0 | 5,5 | 13,34 | 8,66 | 459,04 | 8-16 | droit | convexe/droit | Andosols ; Cambisols ; Phaeozems | 318, 319, 416, 427, 440 |
| | 2. terrasse transversale de versant concave (§ 8.2.2) | 2a. de ravin large | 158 | 2,3 | 88,3 | 20,5 | 1,91 | 31,68 | 8,32 | 170,90 | 4-8 | concave | concave/droit | Andosols ; Cambisols ; Phaeozems | 68, 95, 318, 319, 416, 422, 427 |
| | | 2b. de ravine | 199 | 1,4 | 37,8 | 6,4 | 1,5 | 16,33 | 4,85 | 31,12 | 10-15 | concave | concave | Andosols ; Cambisols ; Phaeozems | 96, 319, 427, 428, 440 |
| | 3. terrasse d'affleurement (§ 8.2.3) | - | 187 | 8,0 | 285,4 | 40,3 | 2,1 | 7,12 | 4,12 | 166,00 | 7-20 | droit | droit/convexe | Anthrosols ; Technosols ; Leptosols | 68, 95, 318, 422, 427, 439 |
| | 4. aménagement de zone de flux lent (§ 8.2.4) | 4a. épierrement d'épaulement | 386 | 4,7 | 148,8 | 33,8 | 2,02 | 9,92 | 4,83 | 163,03 | 4-18 | convexe | convexe | Leptic Vertisols ; Leptic, Skeletic Phaeozems | 31N, 318, 319, 410, 417, 426 |
| | | 4b. terrasse de seepage | 46 | 12,6 | 123,9 | 39,8 | 4,23 | 24,89 | 11,10 | 442,07 | 0-4 | convexe/droit | convexe/droit | Cambisols ; (Phaeozems) | 68 |
| 4c. terrasse de pied de versant | | 60 | 16,5 | 92,7 | 46,2 | 5,7 | 46,66 | 19,78 | 913,39 | 0-4 | convexe/droit | concave/droit | Phaeozems | 31N, 68, 95, 317 | |

Tableau 43 - Typologie des aménagements agraires étudiés : synthèse (1/2)

* échantillon = nombre d'aménagements ayant permis de fournir un référentiel pour les estimations.

| | type | sous-type | éch.* | largeur de la surface exploitable [m] | | | surface [m ²] | pente [°] | attributs du terrain | sols préférentiellement associés | occurrences Mich. |
|------------------------------|---|-----------------------------|-------|---------------------------------------|--------|-------|----------------------------------|-----------|----------------------|---|---------------------------|
| | | | | min. | max. | moy. | moy. | | | | |
| | | | | | | | | | | | |
| Aménagements de zones planes | 5. aménagement de zone chaotique (§ 8.2.5) | 5a. épierrement/dégagement | 256 | - | - | - | 22,4 | 0-2 | chaotique | Leptosols ; Anthrosols | 38, 317 |
| | | 5b. parcellaire large | 76 | - | - | - | 86,22 | 0-2 | chaotique | Leptosols ; Anthrosols ; Cambisols | 68 |
| | | 5c. parcellaire étroit | 73 | - | - | - | 19,91 | 0-2 | chaotique | | 317, 439 |
| | 6. aménagement de zone plane (§ 8.2.6) | aménagement de <i>joyas</i> | 49 | 9,42 | 100,82 | 41,13 | 2,16 · 10 ⁴ (2,16 ha) | 0-2 | plan | Andosols ; Cambisols ; Phaeozems | 68 ; 95 ; 318 ; 422 ; 439 |
| | | Digues et canaux | 4 | - | - | - | - | 0-4 | plan | Endovertic Phaeozems ; Pellic Vertisols | 31N |

Tableau 44 - Typologie des aménagements agraires étudiés : synthèse (2/2)

*échantillon = nombre d'aménagements ayant permis de fournir un référentiel pour les estimations.

8.2.1. Terrasses de nivellement sur versant droit et convexe

Nous regroupons ici :

- 1) les terrasses qui, lorsqu'on considère la forme du terrain en plan et de profil, aménagent des versants droits ou convexes qui, par conséquent, ne concentrent pas naturellement – ou peu – les flux de matière (ce cas est traité à part [8.2.2])²³⁰ ;
- 2) les terrasses qui présentent un angle marqué entre le mur de contention et l'espace cultivable amont (morphologie en escalier). Notons que cette morphologie en escalier peut avoir été lissée par la sédimentation issue de l'érosion post-abandon.

Nous aurions pu séparer le cas des versants droits de celui des versants convexes, mais les différences morphologiques des terrasses semblent minimes. Ces types de terrasses peuvent être rapprochées des *sloping-field terraces* de la littérature anglo-saxonne, voire des *bench terraces* (Donkin 1979 ; Whitmore et Turner 2001). Ces dernières sont toutefois associées en général à l'irrigation, laquelle n'a nulle part été identifiée dans le contexte préhispanique zacapense.

8.2.1.1. Terrasses de nivellement étroites

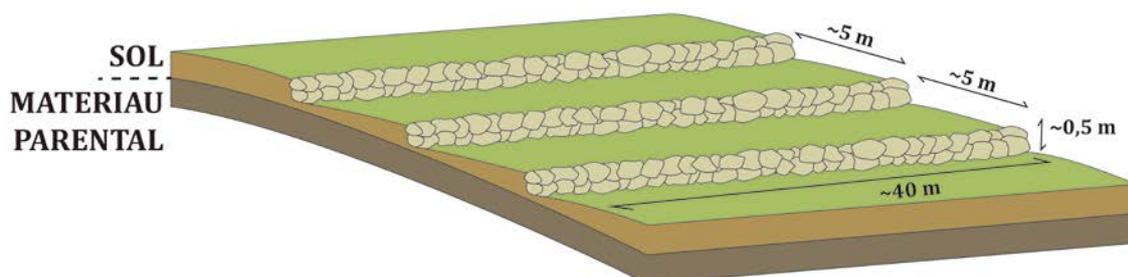


Figure 228 - Schéma des terrasses de nivellement étroites.

²³⁰ Il s'agit ici d'une différenciation basée sur une appréciation générale et schématisée de la forme du terrain. En réalité, un versant globalement droit n'est jamais aussi régulier qu'un plan incliné théorique parfaitement droit. Des ondulations légères entraînent inévitablement l'alternance entre zones de concentrations/déperditions de matière à la surface d'une forme du terrain que l'on considère comme globalement plane.

▪ *Contexte géopédologique*

Les terrasses de nivellement étroites sont construites sur les versants et épaulements de plan et profil droits ou convexes, sur un large éventail de pentes allant de 5 à 20°. Les géoformes aménagées sont les coulées volcaniques du Pléistocène récent ou les édifices rajeunis par des dépôts téphriques, particulièrement sensibles à l'érosion. La couverture pédologique a moins de 100000 ans. Les Groupes de sols de référence typiquement associés sont des Andosols, des Cambisols et, potentiellement, des Phaeozems. En l'absence de sondage sur ces terrasses, nous ne pouvons que supposer un profil-type Ah-(Bw)-C, que nous estimons relativement superficiel au regard des investigations menées dans des contextes géomorphologiques proches (UT 64, 66, 107 [Mich. 318] et UT126, 127 [Mich. 68] notamment). Le *solum* se caractérise donc vraisemblablement par :

- 1) une relative superficialité (inframétrique), qui varie en fonction de l'importance de la pente (*solum* plus profond sur les pentes faibles) et de la hauteur du mur de soutènement ;
- 2) une classe texturale de loam limoneux ou de loam limono-argileux ;
- 3) une pierrosité relativement importante composée de matériaux colluviques et téphriques de petite dimension (≤ 10 mm) ;
- 4) un drainage interne rapide.

▪ *Paramètres morphologiques*

Les terrasses de nivellement étroites s'organisent en réseaux denses. Sur un échantillon de 104 individus, nous calculons une longueur moyenne d'une quarantaine de mètres pour un espacement de 5 m ; soit une surface cultivable moyenne d'environ 200 m². La hauteur est difficilement appréciable au regard des phénomènes d'érosion-sédimentation. À la lumière du terrain et du LiDAR, nous estimons qu'elle pourrait être généralement comprise entre 50 cm et 1 m.

Les terrasses de nivellement étroites constituent le type le plus ubiquiste, adapté aux caractéristiques morphologiques des versants (Figure 229) :

- Dans le cas des versants de plan droit la courbure du mur de contention est minime, mais celui-ci peut présenter un angle droit qui revient vers l'amont sur quelques mètres à ses extrémités (ex. Mich. 68, 95, 318 [a.sur Figure 229] et 427).

- Dans le cas où la géoforme est marquée par un changement net d'exposition de ses versants (ex. nord puis est), une seule et même terrasse peut aménager les deux. Elle est alors caractérisée par un angle droit qui matérialise le passage d'un versant à l'autre. Ainsi, lorsqu'elles sont considérées en réseau, les terrasses de nivellement étroites sur versant droit présentent une certaine orthogonalité (ex. Mich. 95, 427 [b.sur Figure 229]).
- Sur les versants de plan convexe, elles épousent la courbure (ex. Mich. 427, 428, 429 [c.sur Figure 229], 440).
- Notons finalement le cas particulier du versant sud de la coulée volcanique de Las Minas (Mich. 428 [d.sur Figure 229]), où ont été notées des terrasses qui présentent tous les critères diagnostiques du type, mais qui sont parfois moins longues (moins de 10 m) et disposées de façon plus sporadique le long du versant (Pereira *et al.* 2018). Il semble que cette variante soit liée à la faible épaisseur de la couverture pédologique et la pente plus marquée. Ce même versant a été utilisé comme zone d'extraction de dacites (Quezada 2016 ; Quezada et Darras 2018).

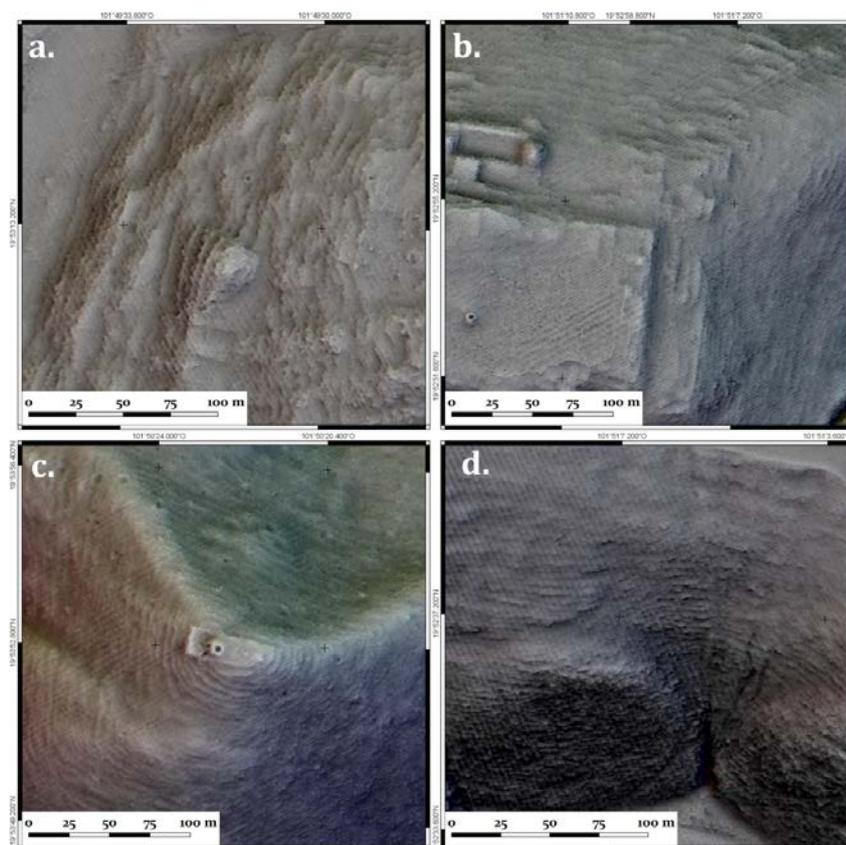


Figure 229 - Exemples LiDAR de terrasses de nivellement étroites.

Nous avons noté plusieurs cas de continuité entre une terrasse de nivellement étroite et une terrasse transversale de versant concave. Le cas de Mich. 440 est particulièrement notable : malgré l'alternance entre plans convexes et ravines, l'ensemble du versant nord de la Mesa El Pinal est terrassé en continue avec une très grande régularité. Les deux types de terrasses y sont complémentaires (voir 8.2.2.2).

▪ *Mode de construction*

La dernière assise du mur de contention est visible en surface. Elle est composée de grands blocs (40-60 cm de diamètre pour 20-30 cm d'épaisseur). En l'absence de fouille sur une terrasse de nivellement étroite, nous extrapolons leur mode de construction à partir des données issues de trois fouilles de terrasses de types différents, mais construites dans des contextes géopédologiques semblables (sols téphriques) :

1) *Mich. 68, UT 127*. Il s'agit d'une terrasse de pied versant (8.2.4.3) sondée en contrebas d'un affleurement sur Mich. 68 (UT 127, 7.1.8.2). Le mur présentait un parement unique composé de trois assises de pierres de grandes dimensions (\varnothing 40-50 cm pour 20-30 cm d'épaisseur) non équarries, et bloquées par une pierraille de plus petite taille. Il mesurait environ 70 cm de haut.

2) *Mich. 318, UT 107*. Une facture semblable a été observée sur un mur de terrasse transversale de ravin large (8.2.2.1) sur Mich. 318 (UT 107, 7.2.1.2). Néanmoins, le parement était double dans ce cas.

3) *Mich. 318, UT 112*. Le sondage d'une terrasse de pied de versant à l'est de Mich. 318 dirigé par Pereira (UT 112, 7.2.1.2, Pereira *et al.* 2016) fournit un troisième exemple de terrasse sur sol téphrique. Sa facture diffère légèrement des deux premiers cas. Le mur de contention d'environ 60 cm de haut était constitué de gros blocs (\varnothing 40-50 cm pour 20-30 cm d'épaisseur) surmontant une pierraille accumulée. Les blocs principaux présentaient une inclinaison sensible vers l'amont, indiquant probablement que le mur était plus large à la base. Une telle pratique renforçait vraisemblablement le soutènement.

Le mode de construction des terrasses de nivellement étroites devait être relativement analogue : un mur de contention à parement unique de 50 cm de haut ou plus, composé de pierres de grandes dimensions bloquées par une pierraille. Des variantes sont envisageables. Quel qu'ait été le mode de construction précis, ces terrasses ont nécessité le déplacement de sol pour constituer un espace cultivable en amont, au minimum lors de leur construction.

- *Fonction supposée*

La fonction de contention de sols téphriques sensibles à l'érosion semble primordiale. L'étroitesse des espacements permettait d'épaissir les *solums* tout en limitant les flux de matière liés à la pente (cf. Donkin 1979). L'inscription fréquente d'habitat au sein des réseaux témoigne probablement d'un entretien régulier. L'association régulièrement observée sur LiDAR des terrasses de nivellement étroites avec des terrasses transversales de ravin large témoigne d'un véritable plan d'aménagement agraire des géoformes du Pléistocène récent.

- *Datation*

La plupart des terrasses de nivellement étroites ont vraisemblablement été construites à l'Épiclassique, entre le VII^e et le IX^e s. apr. J.-C. La zone la mieux étudiée est le site de Mich. 318 où aucun indice d'une occupation postérieure au IX^e siècle apr. J.-C. n'a été observé en fouille ou dans les ramassages (7.2.1). Le LiDAR atteste par ailleurs la proximité de ces réseaux avec des structures épiclassiques (ex. patios hundidos, terrains de jeu de balle, habitats en patios). Le manque de vérifications et le cas de Mich. 68 – où se surimposent des vestiges de l'Épiclassique et du Postclassique moyen-récent – nous oblige néanmoins à nuancer cette apparente récurrence.

8.2.1.2. Terrasses de nivellement larges sur versant droit

Précisons d'emblée que la fonction agraire de ces terrasses n'est pas sûre. Les cas répertoriés et fouillés suggèrent un usage résidentiel. En dépit de ce constat, le potentiel agronomique des sols aménagés est bon et leur exploitation à des fins agricoles est donc envisageable.

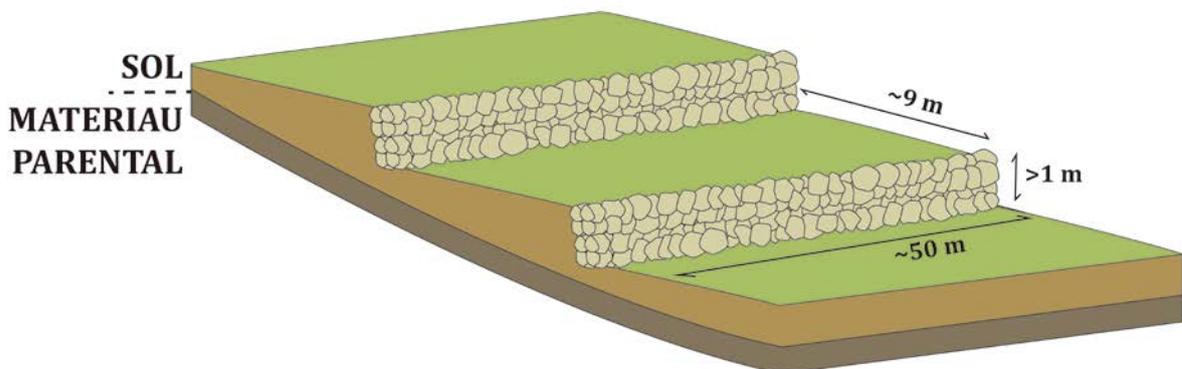


Figure 230 - Schéma des terrasses de nivellement larges.

▪ *Contexte géopédologique*

Les terrasses de nivellement larges aménagent des bas versants à plan droit, sur des pentes modérées à fortes, comprises entre 6 et 16°. Le profil de versant est droit à concave. Ces terrasses sont construites sur des géoformes d'âges divers mais toujours dans des zones de colluvionnement important. Les Groupes de sols de référence associés sont des Phaeozems, des Cambisols et des Andosols. L'UT 115, excavée sur le bas versant du Cerrito Pelón, fournit un profil-type : Ah-Bw-C. Le *solum* est caractérisé par :

- 1) une profondeur relativement importante (estimée supérieure à 1 m dans la plupart des cas) ;
- 2) une classe texturale de loam limoneux ou de loam argilo-limoneux ;
- 3) une pierrosité importante composée de matériaux colluviques et téphriques de petite dimension (≤ 10 mm) et d'éléments plus grands en fonction de la position dans la pente ;
- 4) un drainage interne rapide.

▪ *Paramètres morphologiques*

Les terrasses de nivellement larges s'organisent en réseaux réguliers (Figure 231). La courbure en plan du mur de contention est minime. À partir de 91 individus, nous mesurons en moyenne une longueur de 53 m et une largeur de 8,7 m pour une surface amont de plus de 450 m². La hauteur varie en fonction des contextes. La fouille de l'UT 115 sur Mich. 319 atteste une hauteur de plus de 1 m.



Figure 231 - Exemple LiDAR de terrasses de nivellement larges sur Mich. 319 (gauche) et photographie de l'UT115 en cours de fouille (droite).

- *Mode de construction*

La fouille sur Mich. 319 a mis au jour un mur de contention parfaitement vertical et un parement externe en dalles d'andésites sélectionnées (~ 40 cm de long pour 15-20 cm d'épaisseur) (UT115, 7.1.7.2). La qualité de l'ouvrage dans ce cas précis est probablement lié à la proximité d'un gisement de dalles, mais aussi à la fonction résidentielle de la terrasse. Ailleurs, les observations en surface – sur Mich. 318 notamment – indiquent que les pierres de construction pouvaient être plus grossières (ø 40-50 cm pour 20-30 cm d'épaisseur). De la terre a nécessairement été accumulée en amont du mur de contention par les constructeurs, au minimum lors de l'édification.

- *Fonction supposée*

Les terrasses de nivellement large aménagent un espace amont plan relativement spacieux. Dans le cas de Mich. 319 et, au regard du plan réalisé sur Mich. 416 (Pereira *et al.* 2018), ce type de terrasse avait vraisemblablement une fonction principalement résidentielle. La vocation agricole n'est pas à exclure, mais elle n'a pu être attestée malgré la fertilité potentielle des sols colluviques (8.1.4.3).

- *Datation*

Les terrasses de nivellement large sont d'abord localisées dans des contextes épiclassiques (Mich. 318, 319, 416). La réoccupation du bas versant du Cerrito Pelón (Mich. 319) au Postclassique moyen (7.1.7), laisse cependant planer le doute sur leur datation. Notre hypothèse est que ces terrasses ont été construites à l'Épiclassique et que certaines ont pu être réutilisées postérieurement.

8.2.2. Terrasses transversales de versant concave

Nous regroupons ici :

- 1) les terrasses qui, lorsque l'on considère la forme du terrain en plan comme de profil, aménagent des versants concaves concentrant naturellement les flux de matière ;
- 2) les terrasses qui présentent un angle sensible entre le mur de contention et l'espace cultivable amont (morphologie en escalier), en considérant le lissage de cette morphologie par les processus d'érosion et de sédimentation.

Ces terrasses sont construites sur le tracé des cours d'eau temporaires. Elles sont connues dans la littérature anglo-saxonne sous la dénomination de « *cross-channel terraces* » (Kirkby

1973 ; Donkin 1979), qui a été traduite dans la littérature francophone par « terrasses transversales de ravin » (Niederberger 1987). Nous faisons la distinction entre les terrasses transversales de ravin large et les terrasses transversales de ravin étroit. Les premières aménagent des surfaces cultivables amont plus importantes que les secondes.

8.2.2.1. Terrasses transversales de ravin large

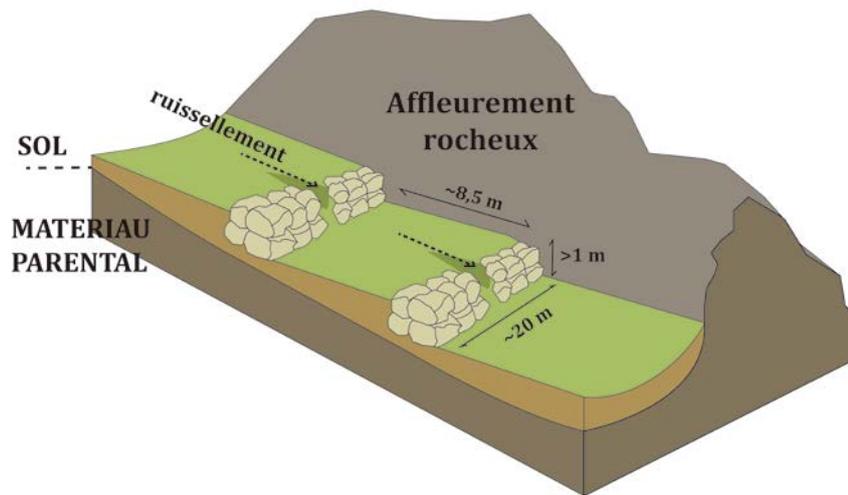


Figure 232 - Schéma des terrasses transversales de ravin large.

▪ Contexte géopédologique

Les terrasses transversales de ravin large sont établies en travers de versants de plan concave (à section en « U »), non affectés par des processus de ravinement, ou très peu. Outre le fait que les pentes soient modérées – comprises entre 4 et 8° – le ravinement a été freiné par les murs de contention anthropiques. Dans la majorité des cas ces terrasses sont édifiées sur les coulées volcaniques du Pléistocène récent, entre les affleurements rocheux formés par les rides de pression. La couverture pédologique est d'origine téphrique et colluviques et a moins de 100000 ans. Les Groupes de sols de référence associés sont des Andosols, des Cambisols et, potentiellement, des Phaeozems. Le sondage de l'UT107 permet de proposer un profil-type Ah-Bw-C.

Le *solum* se caractérise par :

- 1) une profondeur importante (estimée supérieure à 1 m) ;
- 2) une classe texturale de loam limoneux ou de loam argilo-limoneux ;
- 3) une pierrosité importante essentiellement composée de matériaux colluviques et téphriques de petite dimension (≤ 10 mm) ;

4) un drainage interne modéré à rapide.

▪ *Paramètres morphologiques*

Il n'est pas rare que les terrasses transversales de ravin large ne découpent pas ce dernier de bout en bout. Bien souvent, les murs de soutènement sont partitionnés de manière à réceptionner au mieux la distribution des flux de matière. Ils sont ajustés aux ramifications des talwegs des cours d'eau temporaires. Contrairement aux types présentés jusqu'ici, ces terrasses s'organisent en réseaux plus longs que larges (Figure 233). Sur 158 individus étudiés, la longueur moyenne du mur est de 20,5 m pour un espacement moyen de 8,3 m. Celui-ci peut néanmoins atteindre plus 30 m au sein d'un seul et même réseau. La surface amont moyenne est d'environ 170 m². Bien que des opérations de nivellement de cet espace soient envisageables, la pente naturelle a été globalement maintenue en l'état. La surface cultivable présente une pente légère (2 à 6°).

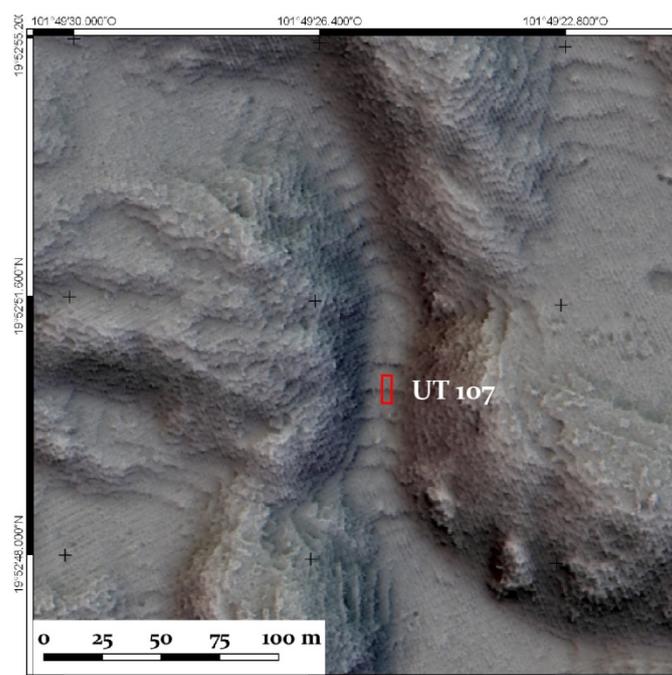


Figure 233 - Exemple LiDAR de terrasses transversales de ravin large (Mich. 318).

▪ *Mode de construction*

La fouille de l'UT 107 a révélé un mur de contention vertical (sans angle vers l'amont) à double parement, de plus de 50 cm d'épaisseur. Il était constitué de pierres de grandes dimensions (ø 40-50 cm pour 20-30 cm d'épaisseur), non équarries, bloquées par une pierraille. La hauteur excavée était d'environ 60 cm. Les pierres éboulées nous ont amené à proposer que le mur avait perdu quelques 40 à 50 cm de haut depuis l'abandon. En outre, nous

estimons *a posteriori* que l'assise de réglage du mur n'avait peut-être pas été atteinte au cours de l'excavation²³¹. Nous proposons une hauteur potentielle de plus de 1 m.

L'accumulation anthropique de sol en amont du mur de contention, au minimum lors de sa construction, a été nécessaire pour l'édification de terrasses de ravin large. Nous avons parfois constaté sur le terrain une ouverture d'environ 1 m de large au milieu du mur de soutènement. Elle était notablement positionnée au niveau du talweg du ravin. Elle pourrait être la conséquence d'un processus de ravinement. Toutefois, l'absence de pierres effondrées visibles en surface et le caractère non systématique de ces ravinements potentiels nous a amené à proposer une autre hypothèse : il s'agit peut-être d'ouvertures délibérément pratiquées dans les murs de certaines terrasses pour permettre la gestion des apports hydriques. Cette hypothèse nécessiterait d'être vérifiée par la fouille.

- *Fonction supposée*

Tirant profit de la concavité du versant, les terrasses transversales de ravin large permettent de constituer un *solum* épais et de gérer les apports en eau à la saison des pluies. La surface en amont a pu être réaménagée fréquemment, en redistribuant sur la parcelle des sédiments naturellement entraînés vers l'aval. Leur vocation première est agricole. La présence d'habitat à proximité, voire intégré dans certains cas aux réseaux, indique la probable nécessité d'un entretien régulier.

Les terrasses de ravin large sont fréquemment associées à des terrasses de nivellement étroites. Elles sont parfois édifiées dans la continuité de celles-ci. Elles s'inscrivent ainsi dans une stratégie d'aménagement agraire plus global des géoformes à couverture pédologique récente.

- *Datation*

Les terrasses transversales de ravin large ont pour la grande majorité été identifiées dans des contextes épiclassiques. Le site de Mich. 318, exclusivement associé à cette période, en témoigne. Il existe toutefois une incertitude chronologique dans les sites où une réoccupation plus tardive a été mise en exergue, comme Mich. 68 ou 95. Néanmoins, dans ces deux cas les terrasses transversales de ravin large semblent préférentiellement associées à des structures de

²³¹ L'UT 107 a été entreprise alors que nous ne connaissons pas encore très bien le taux de sédimentation important des sols issus de dépôts téphriques et de colluvionnement. Aussi pensons nous avoir sous-estimé ce taux lors de la fouille.

l'Épiclassique (ex. patios hundidos) et donc à des parties vraisemblablement anciennes de ces établissements.

Soulignons finalement l'identification de terrasses de ce type sur Mich. 422, daté du Postclassique ancien. Ce constat n'est pas anodin dans la mesure où les vestiges de cette époque et les indices d'une pérennité des pratiques agricoles pendant celle-ci sont très rares. La facture des terrasses identifiées est toutefois moins régulière. Elles sont plus morcelées et correspondent peut-être davantage à des systèmes d'aménagement des affleurements (8.2.3).

8.2.2.2. Terrasses transversales de ravin étroit ou de ravine

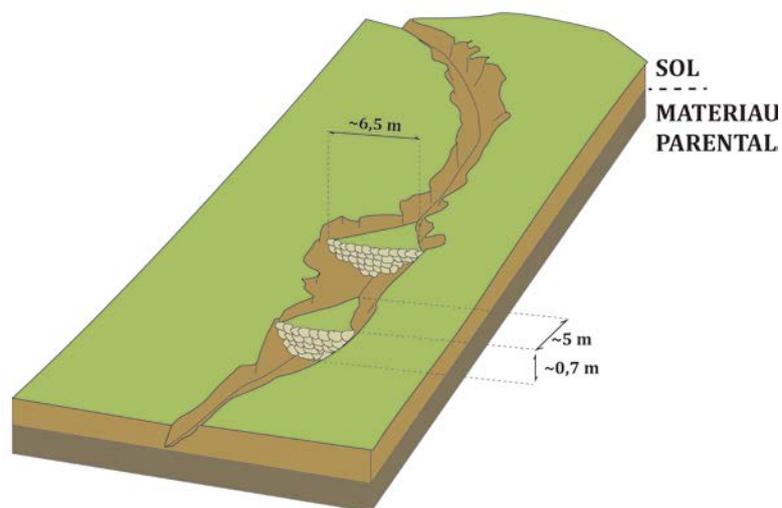


Figure 234 - Schéma des terrasses transversales de ravines.

▪ Contexte géopédologique

Ces terrasses sont construites en travers de ravines dans des pentes marquées, comprises entre 10 et 15°. Les ravines sont notamment identifiables à leur section en « V » et à leur talweg très nettement dessiné. Elles peuvent être 1) le résultat de l'érosion avancée de géoformes anciennes ou 2) des inter-rides de pression volcanique particulièrement étroits. Dans le second cas, le mode de construction du mur de soutènement se rapproche de celui de « l'aménagement d'affleurement » (8.2.3). Nous avons cependant préféré inclure ces terrasses au sein du type « transversal de ravine » au regard des processus géomorphologiques qui sont mis à profit.

Les géoformes qu'elles occupent sont soit les plus anciennes (ex. Mesa El Pinal), soit au contraire les plus récentes (ex. Capaxatiro). Les sols sont d'origine colluvique dans un cas comme dans l'autre. Les Groupes de sols de référence associés sont des Andosols, des Cambisols et, potentiellement, des Phaeozems. Aucune fouille ne permet de proposer un

profil type. Au regard des contextes géopédologiques, nous estimons cependant un profil Ah-(Bw)-C avec les caractéristiques suivantes :

- 1) une profondeur variable, intimement liée à l'é étroitesse de la ravine et la hauteur du mur de soutènement ;
- 2) une classe texturale de loam limoneux ou de loam argilo-limoneux ;
- 3) une pierrosité importante composée de matériaux colluviques de dimensions diverses ;
- 4) un drainage interne modéré à rapide.

▪ *Paramètres morphologiques*

Les terrasses transversales de ravine présentent un mur de soutènement sensiblement plus long que la largeur du talweg de la ravine aménagée – mais pas systématiquement (voir *infra* « fonction supposée »). Elles peuvent s'organiser en réseau (plus long que large) (Figure 235), mais peuvent aussi être disposées ponctuellement le long du talweg. Dans ce cas, la surface nivelée amont vue en plan est typiquement piriforme, s'amincissant à mesure que l'on s'éloigne du mur de soutènement (Figure 234).

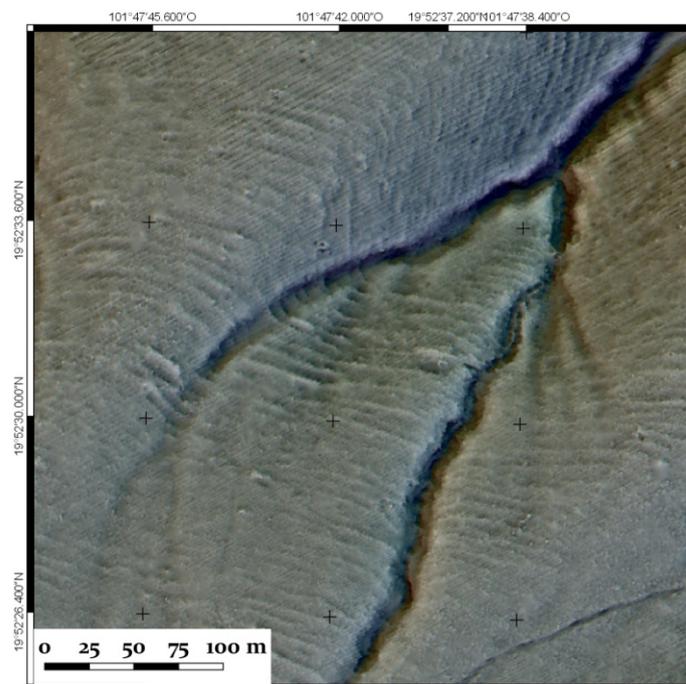


Figure 235 - Exemple LiDAR de terrasses transversales de ravines inscrites dans la continuité d'un réseau de terrasses de nivellement étroites (Mich. 440).

Sur la base d'un échantillon de 199 terrasses, nous mesurons une longueur moyenne du mur de 6,4 m et une largeur de l'espace terrassé de 4,9 m. La surface amont moyenne est de

31,1 m². Cette approximation – basée sur la multiplication de la longueur du mur par la largeur de l'espace amont – doit toutefois être revue à la baisse dans de nombreux cas, à cause de la morphologie piriforme de la surface. Une description sommaire de terrasses de ce type a été réalisée sur le site de Mich. 428 (Pereira *et al.* 2018). Elle rapporte l'existence de murs présentant jusqu'à 7 assises pour une hauteur moyenne de 70 cm et une largeur de la surface amont de 1,70 à 2 m.

- *Mode de construction*

Aucune fouille ne nous permet de nous prononcer avec certitude sur le mode de construction. Nous estimons qu'il doit être assez similaire à celui des terrasses transversales de ravin large (8.2.2.1) : un mur vertical de pierres non équarries de grandes dimensions (ø 40-50 cm pour 20-30 cm d'épaisseur), bloqué par une pierraille plus modeste. Les travaux réalisés sur Mich. 428 semblent conforter cette hypothèse (Pereira *et al.* 2018). L'accumulation anthropique de sol en amont de la terrasse, au minimum lors de son édification, est très probable.

- *Fonction supposée*

Les terrasses transversales de ravine permettent de retenir les flux de matières naturellement entraînés vers le talweg des ravines. Le sol et l'eau sont ainsi retenus. Deux fonctions sont possibles :

1) la mise en culture. La plupart des terrasses transversales de ravine aménagent une surface en amont relativement importante (plusieurs dizaines de mètre carrés). Dans ce cas, la elle constitue une parcelle qui a pu être cultivée au même titre que pour les terrasses transversales de ravin large. Le mur de contention coupant la ravine permet alors de former un *solum* épais et de retenir l'humidité. À cet égard, on observe parfois un espacement assez important entre les terrasses qui se succèdent le long du talweg. Cette distribution était vraisemblablement nécessaire dans les contextes géopédologiques où les sols étaient peu épais. Elle permettait d'assurer une accumulation satisfaisante de terre arable en amont de chaque terrasse et d'établir ainsi des parcelles cultivables suffisamment spacieuses.

2) la gestion de l'eau. Dans certains cas – notamment observés dans l'établissement de Mich. 440 sur l'image LiDAR – le mur de soutènement est peu large (à peine plus que la largeur du talweg) et ne permet visiblement pas la formation d'une grande surface exploitable en amont. En revanche, il est systématiquement inscrit dans la continuité d'un réseau de terrasses de nivellement (Figure 235). Dans ce cas, les terrasses transversales de ravine

permettaient vraisemblablement la redistribution de l'eau de ruissellement vers les réseaux de terrasses de nivellement associés.

- *Datation*

Les terrasses transversales de ravines sont associées à des contextes de l'Épiclassique et du Postclassique moyen. Les observations préliminaires semblent indiquer que les exemples épiclassiques sont plus nombreux.

8.2.3. Terrasses d'affleurement

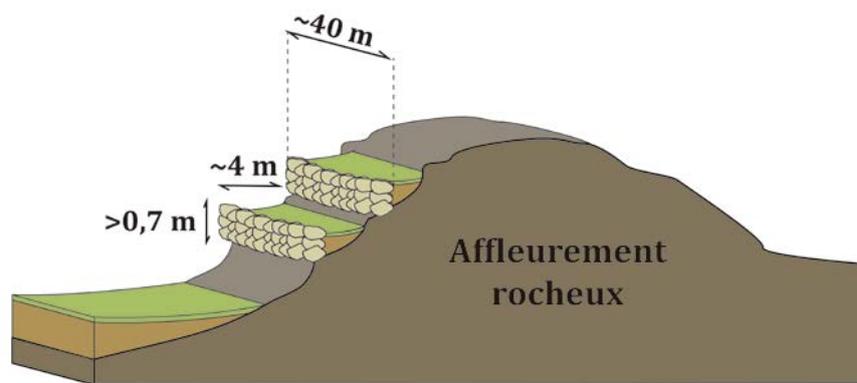


Figure 236 - Schéma des terrasses d'affleurement.

Nous considérons ici les terrasses qui permettent d'aménager les affleurements rocheux présentant une couverture pédologique particulièrement mince, voire inexistante. Elles se caractérisent par :

- 1) un angle proche de 90° entre le mur de contenance et la surface quasiment plane nivelée en amont ;
- 2) une surface aménagée qui, après édification par les groupes préhispaniques, n'a quasiment pas reçu d'apports postérieurs de matière, autre qu'anthropique.

Ce type de terrasses inclut en théorie les Anthrosols et Technosols mis en place pour recevoir les habitats sur affleurements, caractéristiques du Malpaís de Zacapu. Nous avons cependant choisi de les exclure de notre typologie des aménagements agraires, car la mise en culture de ces terrasses est extrêmement hypothétique. Si elle a eu lieu, il s'agissait probablement de cultures anecdotiques. Leur morphologie a été présentée ailleurs (Forest 2014).

Nous nous concentrons ici sur les terrasses construites sur les affleurements aménageant des surfaces plus étroites, dépourvues ou rarement surmontées de structures d’habitat, et qui ne servent pas en priorité à faciliter les déplacements dans les zones rocheuses chaotiques – bien qu’elles les favorisent par extension. Ces caractéristiques leur confèrent une vocation agricole probable.

- *Contexte géopédologique*

Ces terrasses aménagent les affleurements rocheux d’origine structurale (rides de pression) généralement au sein de géoformes de moins de 200000 ans – et plus fréquemment de moins de 100000 ans. Les versants des affleurements sont globalement de plan droit et de profil droit à convexe. La pente est comprise entre 7 et 20°. Les Groupes de sols de référence associés sont des Anthrosols, des Technosols et des Leptosols. Aucun sondage ne permet de fournir un profil-type certain. La fouille de l’UT 127, au pied d’un affleurement sur la coulée volcanique du Caracol (Mich. 68) permet toutefois de supposer un profil-type Ah-(Bw)-C. Le *solum* se caractérise hypothétiquement par :

- 1) sa superficialité (40 à 100 cm maximum estimés) ;
- 2) une classe texturale de loam limoneux ou de loam argilo-limoneux ;
- 3) une pierrosité importante composée de matériaux colluviques et de fragments grossiers du matériau parental andésitique, de dimensions diverses ;
- 4) un drainage interne rapide.

- *Paramètres morphologiques*

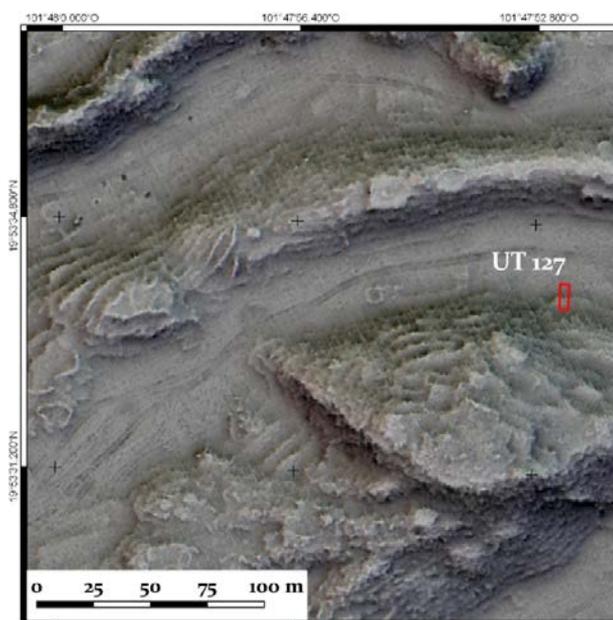


Figure 237 - Exemple LiDAR de terrasses d’affleurement sur rides de pression (Mich. 68).

Les terrasses d’affleurement s’étagent dans la pente par groupes de moins de dix talus successifs (Figure 237). Elles sont longues et rapprochées les unes des autres. Sur 187 individus, la longueur est en moyenne de 40,3 m et la largeur de l’espace nivelé amont de 4,1 m, soit une surface exploitable de plus de 160 m². La hauteur moyenne du talus est supérieure à 70 cm et dépasse souvent 1 m.

- *Mode de construction*

Le mode de construction est extrapolé à la lumière de la fouille de l’UT 127 de Mich. 68 (Figure 237, 7.1.8.2). Il devait être composé d’un mur de soutènement en pierres de grandes dimensions (ø 40-50 cm pour 20-30 cm d’épaisseur), non équarries, et bloquées par une pierraille. Les observations de terrain indiquent que les murs présentaient fréquemment plus de trois assises et que la mise à profit des pierres des affleurement telles quelles était fréquente. Le sol accumulé en amont correspond à un apport anthropique.

- *Fonction supposée*

Les terrasses d’affleurement permettent de créer de toute pièce des sols exploitables à partir du transport de sols naturels proches. L’épaississement du *solum* est l’objectif recherché. Le mur de soutènement favorisait le maintien de l’eau dans le sol. La proximité avec les habitats, qui se situaient généralement sur des terre-pleins directement en amont, laisse supposer un entretien fréquent. Peut-être ces terrasses recevaient-elles des apports anthropiques réguliers de matière.

- *Datation*

On en retrouve indifféremment sur des sites de l’Épiclassique, du Postclassique ancien, et du Postclassique moyen. Il semble que ces terrasses répondent de logiques d’aménagements ubiquistes au sein des *malpaises* et qu’elles jouissent d’une certaine pérennité dans le temps.

8.2.4. Aménagements des zones de flux lent

Par « zones de flux lent » nous entendons les parties des géoformes où les déplacements de matière à la faveur des eaux pluviales et de la gravité se font à des vitesses réduites. Ces flux lents sont dus à deux phénomènes principaux :

- 1) la pente faible et
- 2) la classe texturale des sols.

La vitesse d'infiltration de l'eau est en effet d'autant plus rapide que la texture du sol est grossière (Whiting *et al.* 2011). L'argile contribue à ralentir les mouvements hydriques à l'intérieur du profil. Les zones de flux lents sont donc :

- 1) les épaulements à sols argileux ;
- 2) les *seepage*²³² ;
- 3) et les pieds de versant²³³.

8.2.4.1. « Terrasses » d'épaulement

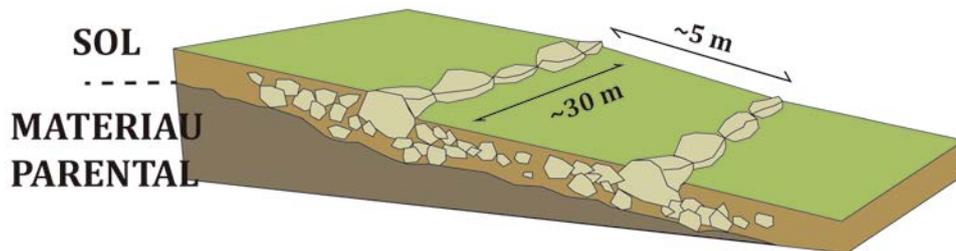


Figure 238 - Schéma des « terrasses » d'épaulement.



Figure 239 - Exemple Lidar de « terrasses » d'épaulement sur Mich. 417 (gauche) et photographie en cours de fouille sur Mich. 31N (gauche).

Les terrasses d'épaulement s'inscrivent dans la pente sans en modifier le pendage naturel. Elles se rapprochent des *sloping-field terraces* de la littérature anglo-saxonne (Donkin 1979 ; Whitmore et Turner 2001). Nous mettons ici entre parenthèses le terme de « terrasse », car nous pensons que la forme de ces aménagements résulte plutôt d'une pratique

²³² Voir note 191191 378.

²³³ Nous considérons ici les pieds de versant comme la zone en aval des versants où la pente est très réduite (< 4°) (grossièrement équivalent aux *toeslopes* des modèles de Ruhe [1975] ou Dalrymple *et al.* [1968]).

d'épierrement (voir *infra*) et ne satisfait donc pas la définition stricte d'une terrasse (avec mur de contention et surface amont ; cf. 1.2.2).

- *Contexte géopédologique*

Ces terrasses aménagent les épaulements de plan et profil convexes sur les géoformes du Pléistocène ancien-moyen. La pente est comprise entre 4 et 18°. La couverture pédologique est ancienne, relativement peu rajeunie par des apports de matière postérieurs, et peut présenter des argiles de néoformation de type 2/1. Les Groupes de sols de référence typiquement associés sont des Vertisols, de profil-type Ah-(Bss)-Css, ou des Phaeozems, de profil-type Ah-AC. Le *solum* se caractérise par :

- 1) sa superficialité (≤ 50 cm) ;
- 2) une classe texturale présentant plus de 30 % d'argiles ;
- 3) une pierrosité supérieure à 40 %, essentiellement composée de pierres de dimensions moyennes ($\varnothing 15-30$ cm) ;
- 4) un drainage interne modéré à élevé ;

et peut présenter :

- 5) un horizon protovertique ou vertique.

- *Paramètres morphologiques*

Dans notre fenêtre, ces terrasses s'organisent en réseaux denses. Les 386 individus étudiés présentent en moyenne une longueur d'une trentaine de mètres, pour un espacement d'environ 5 m ; soit une surface cultivable amont moyenne de 160 m².

Les fouilles de deux exemples (UT 62, 7.1.2, et 76, 7.1.3) indiquent qu'elles se composent d'un unique alignement de pierres de module moyen ($\varnothing 50$ cm), qui suit l'orientation des courbes de niveau, seul encore visible à la surface. Cet alignement principal est flanqué en amont comme en aval d'une pierraille de module plus réduit ($\varnothing 20-30$ cm). Entre deux terrasses successives, cette pierraille se confond quasiment avec la pierrosité incluse dans la matrice du sol. Ainsi, en l'absence d'un réel mur de contention, il ne se forme pas la séquence stratigraphique typique en amont de la terrasse, où les horizons sont plus épais contre le mur, et s'amenuisent à mesure que l'on remonte la pente (voir par ex. Borejsza *et al.* 2008).

▪ *Mode de construction*

Sans réelles assises des pierres, il est difficile de proposer une interprétation fiable du mode de construction. Au regard du contexte géopédologique, nous estimons que la pierrosité et la matrice des sols aménagés sont naturelles²³⁴. Nous pensons que le mode de construction des « terrasses » d'épaulement observées à Zacapu pourrait obéir à une logique d'épierrement puis de regroupement systématique des plus gros blocs (ø entre 20 et 50 cm) perpendiculairement à la pente.

Ce type de gestion de la pierrosité des sols, attesté historiquement dans les milieux ruraux en Europe (Blanchemanche 1990), semble également avoir existé en Amérique préhispanique. Dans le *Codex Florentino* (c. 1577), Sahagún rapporte la pratique de création de sols pierreux, *tetlalli* (de *tetl*, pierre, et *tlalli*, terre [Sahagún 1880[c.1577]]) via un travail du sol et des pierres (*piedras o cantas*) :

« À la terre pierreuse ou caillouteuse, qui est creuse, et bonne, ils [les nahuas] l'appellent *tetlalli*²³⁵, ce qui veut dire terre pierreuse, pas naturellement sinon pour [y] avoir travaillé, pierres [*piedras*] et fragments de galets [*cantas*]. »²³⁶ (Sahagún c.1577 : 379 [455])

La citation n'est pas très claire quant à la nature du travail réalisé. Si elle prouve bien l'existence de cas de gestion de la pierrosité en contexte préhispanique, il est probable qu'il s'agisse plutôt ici d'une pratique proche du *mulching*²³⁷. En effet, bien que nous ne soyons pas en mesure de traduire la partie nahuatl du texte de Sahagún, celui-ci emploie plusieurs termes renvoyant à l'action de pulvériser (*cuechihui*, être poreux, pulvérisé ; *cuechtia*, se pulvériser ; *pinolti*, semblable à du pinole ; *pipinolti*, devenir très fin comme de la farine [UNAM 2012]).

²³⁴ La concentration en argile dans l'UT 62 (Mich. 31N) – de près de 70% dont la plupart issue de néoformation – semble aller dans ce sens. Nous considérons la concentration en argile comme un indicateur de l'ancienneté du profil, mais pas la présence de fentes de retrait et de faces de glissement. Il a en effet été démontré à plusieurs reprises que ces propriétés physiques peuvent se mettre en place rapidement (quelques centaines d'années) (Ahmad et Mermut 1996 : 47). Ainsi, ce sol a très bien pu être travaillé à l'époque préhispanique, mais présenter aujourd'hui des fentes de retrait et des faces de glissement. Par contre, la classe argileuse n'a pas pu se former postérieurement à l'abandon des terrasses. Elle était déjà en place bien avant que des êtres humains ne foulent les sols de la région.

²³⁵ Orthographié *tetlalli* dans la partie nahuatl du texte et *tetilli* dans la partie espagnole. Nous avons gardé l'orthographe avec un « a » car *tetilli* renvoie, ailleurs dans le *Codex Florentino*, à un minéral tinctorial (Dupey García 2015).

²³⁶ “A la tierra pedregosa, o cascaxosa [esp. mod. *cascajosa*], que es hueca, y buena, llamanla *tetlalli*, que quiere decir tierra pedregosa, no naturalmente sino por averlo [esp. mod. *haber*, cf. latin *habere*] labrado [labouré, travaillé], *piedras o cantas*.,,

²³⁷ Action de recouvrir le sol d'éléments grossiers (ex. débris végétaux, graviers...) ou de les y intégrer de façon superficielle.

▪ *Fonction supposée*

Quel qu'ait été le mode de construction des terrasses d'épaulement, les caractéristiques principales des sols qu'elles aménagent sont l'importante pierrosité et la superficialité du *solum*. Si les sols pierreux sont souvent perçus comme peu intéressants d'un point de vue agricole (Gras 1994), le nombre d'occurrences de ce type de terrasses nous laisse penser que ces caractéristiques ne constituaient pas des restrictions. Il est certes toujours possible de proposer l'hypothèse que ces sols aient été aménagés en dernier recours, quand toutes les autres terres étaient déjà occupées. Mais cette hypothèse nous paraît peu probable. Nous estimons que ces contextes géopédologiques étaient au contraire recherchés par les agriculteurs préhispaniques. À cet égard, nous proposons les hypothèses suivantes :

- 1) la pierrosité permettait une relative stabilisation du terrain contre l'érosion ;
- 2) elle permettait aussi d'augmenter la température du sol au cours de la journée de par la diffusivité thermique plus élevée des roches volcaniques en comparaison avec la fraction fine²³⁸ (Gras 1994 : 71) ;
- 3) la présence d'argiles gonflantes dans certains profils limitait les déperditions d'humidité, sans pour autant provoquer des conditions anaérobies (ce qui était le cas dans les zones planes).

Enfin, outre ces hypothèses basées sur les caractéristiques techniques des sols, l'ethnographie conforte l'idée que ces espaces ont été recherchés. Certains *ecuaros* aujourd'hui mis en culture correspondent aux zones de « terrasses » d'épaulement du point de vue géopédologique (3.5.2.1). Comme évoqué, les *ecuaros* sont appréciés des agriculteurs en raison de la sécurité des récoltes qu'assurent leurs caractéristiques particulières.

▪ *Datation*

Les fouilles de « terrasses » d'épaulement n'ont révélé que peu de matériel, néanmoins diagnostique du Postclassique moyen. Du point de vue spatial, l'association avec des vestiges de cette époque est assez systématique (Mich. 31N, 417, 426[?] et 319). En contrepartie, d'après les données LIDAR, aucune terrasse de ce type ne semble se développer à proximité des établissements plus anciens. Il s'agit toutefois d'hypothèses qu'il s'agirait de confirmer par des vérifications systématiques de terrain.

²³⁸ La diffusivité thermique est la capacité d'un corps à faire transiter la chaleur d'un point à un autre. Plus la diffusivité est élevée, plus le corps considéré se réchauffe rapidement.

- *Remarques sur les espèces potentiellement cultivées*

Certaines variétés de maïs pouvaient potentiellement donner sur ces sols peu épais et caillouteux. Soulignons une fois de plus un passage de Sahagún, qui rapporte qu'une variété particulière, le *tecintli*, était cultivée sur les sols « pierreux ou rocailleux, durs et secs » de « rebords des collines »²³⁹. Par ailleurs, ces sols pouvaient aussi accueillir toute espèce végétale dont le système racinaire pouvait s'adapter à la superficialité du *solum* (ex. *Capsicum sp.* [piment] ou *Agave americana* [maguey]).

8.2.4.2. Terrasses de zone de seepage

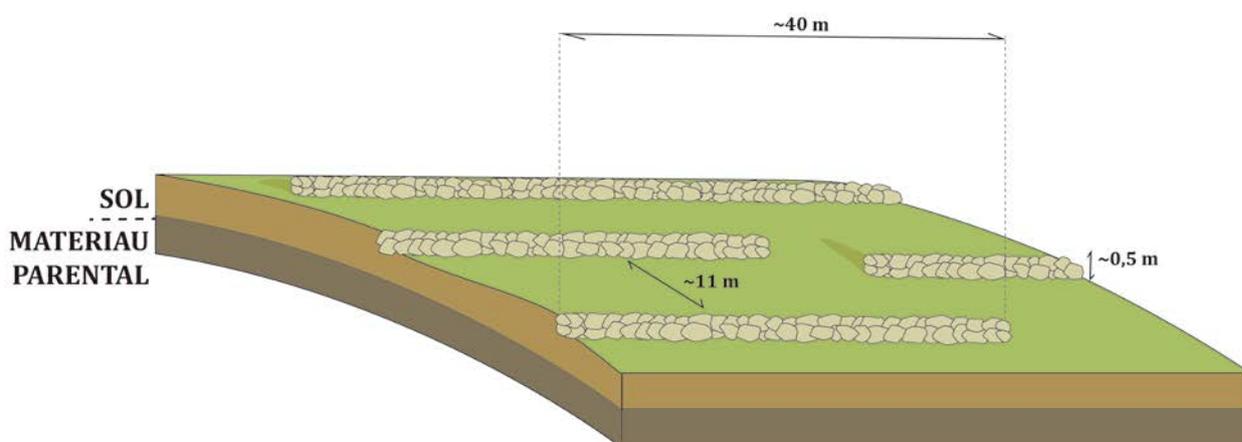


Figure 240 - Schéma des terrasses de *seepage*

- *Contexte géopédologique*

Ce type de terrasse n'a été identifié que dans un seul contexte : le versant nord-ouest du Caracol (Mich. 68). L'échantillon diagnostique est donc très limité (46 terrasses) et suffit péniblement à définir un type à part. Nous avons pourtant fait ce choix car les terrasses de *seepage* répondent d'une logique d'aménagement différente des autres types jusqu'ici présentés. Elles sont construites sur des versants de plan et de profil convexe, sur des pentes allant de 0 à 4°. La couverture pédologique a moins de 100000 ans. Les Groupes de sols de référence associés sont des Cambisols et potentiellement des Phaeozems. Aucune excavation ne permet de fournir un profil-type. Au regard du contexte et des observations des sols ailleurs sur la coulée, le *solum* est vraisemblablement caractérisé par :

- 1) sa superficialité (≤ 1 m) ;
- 2) une classe texturale de loam argilo-limoneux ;

²³⁹ "En los repechos de las cuestras ay unas tierras pedregosas, o cascaxosas, y asperas, y secas, y llamanlas tetlalli que quiere decir tierra pedregosa o cascaxosa, hace se bien el maíz : y llamanle tecintli., (Sahagún c.1577 : 455-456).

- 3) une pierrosité importante ;
- 4) un drainage interne modéré ;

et présente potentiellement :

- 5) des indices de lessivage des argiles.

- *Paramètres morphologiques*

Les terrasses de *seepage* sont organisées en réseaux lâches (Figure 241). En moyenne (46 individus), la longueur du mur est de 39,8 m pour un espace en amont large de 11,1 m. La surface exploitable moyenne est supérieure à 400 m². La hauteur est généralement inférieure à 50 cm, mais a probablement été lissée par l'érosion/sédimentation. L'angle entre le talus et la surface en amont est généralement identifiable, mais peu prononcé. La surface exploitable est légèrement pentue, mais semble avoir été nivelée dans certains cas.

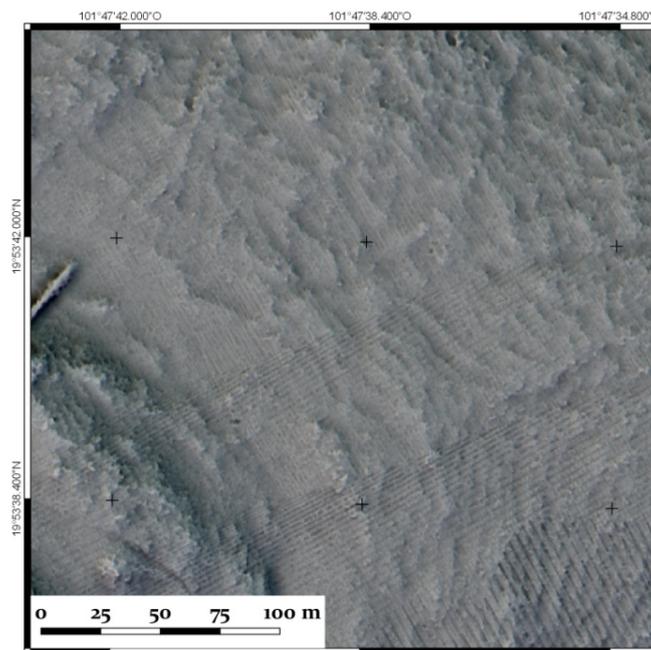


Figure 241 - Exemple LiDAR de terrasses de *seepage* sur le versant nord-est du Caracol, en contrebas du groupe A de Mich. 68.

- *Mode de construction*

À la lumière du LiDAR et des prospections de terrain, les terrasses de *seepage* sont constituées d'un alignement principal de pierres de grandes dimensions (ø 40-50 cm) qui affleure à peine. En l'absence de fouille, nous ne pouvons nous avancer plus en ce qui concerne le mode de construction.

- *Fonction supposée*

Plus qu'un frein à l'érosion – peu importante dans ces contextes géomorphologiques –, les terrasses de *seepage* ont vraisemblablement pour fonction principale de retenir l'humidité dans les sols. Quelques habitats mal identifiés sont associés à ces réseaux, autrement excentrés au regard des zones résidentielles du site de Mich. 68. Il semble que ces terrasses aient constitué des espaces agraires relativement marginaux.

- *Datation*

La proximité de ces terrasses avec le centre civico-cérémoniel de Mich. 68 pourrait indiquer que celles-ci sont associées au Postclassique moyen-récent. La datation demeure cependant peu fiable, d'autant plus que le site de Mich. 68 a été occupé à différentes périodes (Épiclassique, Postclassique moyen et récent).

8.2.4.3. Terrasses de pied de versant

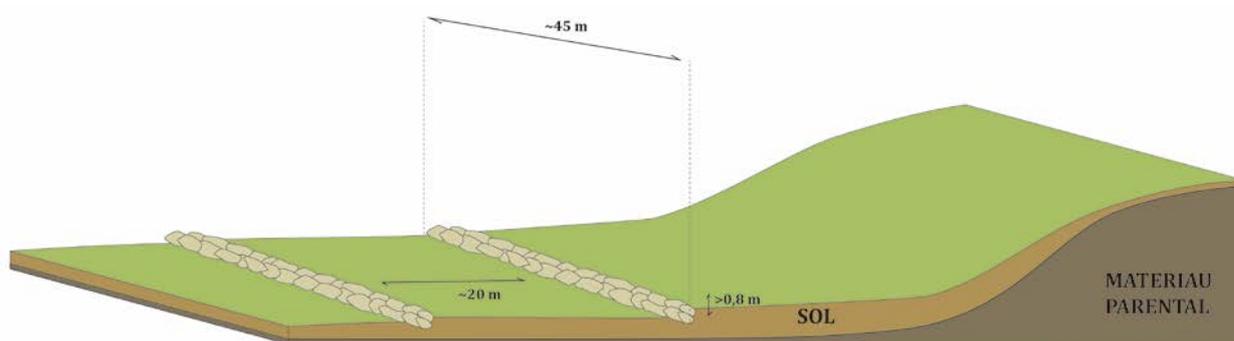


Figure 242 - Schéma des terrasses de pied de versant.

- *Contexte géopédologique*

Ces terrasses sont construites dans les zones de colluvionnement dont la pente est très légère, généralement inférieure à 4°. Les pieds de versant aménagés sont droits en plan comme de profil. L'âge de la couverture pédologique est difficilement estimable dans la mesure où il s'agit de zones constamment rajeunies par les colluvions. Aucun sondage sur une de ces terrasses ne fournit un profil-type. Nous estimons que celui-ci doit être assez proche des profils P2 et P5 (6.3.3.1), soit Ah-Bw-C. Le *solum* est vraisemblablement caractérisé par :

- 1) une profondeur importante (> 1 m) ;
- 2) une classe texturale de loam argilo-limoneux ;

- 3) une pierrosité assez importante, mais constituée principalement d'éléments de petites dimensions (< 10 mm) ;
- 4) un drainage interne modéré ;

et présente potentiellement :

- 5) un horizon verticale ou protoverticale profond ;
- 6) un ou plusieurs horizons enfouis (b).

▪ *Paramètres morphologiques*

Les terrasses de pied de versant peuvent s'étagérer dans la pente à bonne distance les une des autres dans des réseaux lâches, ou être partiellement isolées. Nous avons constitué un échantillon diagnostique de 60 individus. De façon caractéristique, leurs murs de soutènement sont remarquablement rectilignes (courbure quasiment nulle). En moyenne, la longueur du mur est de 46,2 m et la largeur de l'espace en amont de près de 20 m lorsque ces terrasses sont organisées en réseau. La surface exploitable est ainsi estimée à environ 1000 m². Les changements de niveau observés sur le terrain laissaient supposer une hauteur de talus d'environ 80 cm à 1 m (sans compter les processus de sédimentation).

Certaines de ces terrasses sont construites entre des rides de pression, dans des *joyas* quasiment planes, ou dans des zones inter-coulées (Figure 243). Elles se rapprochent alors des terrasses transversales de ravin large, dont elles diffèrent par la pente plus réduite, le plus grand espacement entre les talus et la faible courbure de ceux-ci.

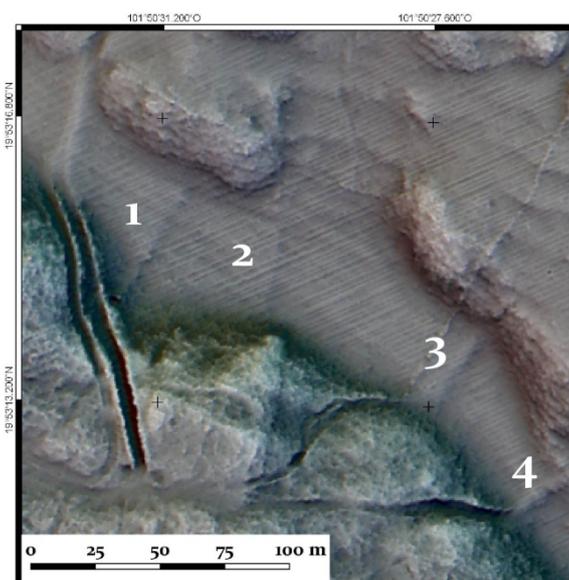


Figure 243 - Exemple LiDAR de terrasses de pied de versant (1, 2, 3 et 4) dans une *joya* entre la coulée de Malpaísillo au sud et du Coyotillo/Durazno au nord.

- *Mode de construction*

En l'absence de fouille, seules les observations de terrain des exemples identifiés au pied du versant nord de Malpaísillo (Mich. 317) fournissent des indications sur le mode de construction. Une fois encore, nous avons pu constater en surface la présence d'un alignement de pierres de grandes dimensions (ø 40-60 cm). Selon la hauteur du talus, nous estimons que les murs de contention doivent présenter plus de trois assises. Ceux-ci s'appuient fréquemment sur des affleurements naturels à leurs extrémités.

- *Fonction supposée*

Les terrasses de pied de versant observées sur le terrain ou sur le LiDAR ne sont jamais surmontées de structures d'habitat. Au contraire, elles ont dans la majorité des cas été identifiées dans des espaces en marge des zones résidentielles ou civiques, sans pour autant que cet éloignement relatif ne mette en doute leur origine préhispanique. À ce titre, on pourra souligner le réseau de terrasses de pied de versant localisé au sud de Mich. 317, qui s'inscrit dans la continuité du schéma d'établissement. Il présente de fait la même orientation que les terrasses de nivellement étroites associées à des habitats.

La vocation agraire des terrasses de pied de versant est très probable. Notons finalement que la pente quasiment nulle des espaces ainsi terrassés constitue un indice en faveur de la possibilité de cultiver les zones planes à l'époque préhispanique.

- *Datation*

Les terrasses de pied de versant ont été observées dans des contextes tant associés à des habitats de l'Épiclassique, que du Postclassique moyen. Il nous est donc difficile de nous prononcer en ce qui concerne la datation possible de ces aménagements.

8.2.5. Aménagements de zones chaotiques : épierrements et parcellaires

Outre les terrasses d'affleurement documentées sur le terrain, le LiDAR a permis de mettre au jour d'autres types d'aménagements des zones chaotiques. Sur certaines surfaces planes des coulées volcaniques où la roche affleure en blocs, des zones de probables épierrements/dégagements de zones planes (structures concaves sur le LiDAR) et des parcellaires (avec murs en élévation) ont été mis en place. Ils sont organisés en réseaux denses sur des étendues parfois considérables (de trois à plusieurs dizaines d'hectares). Ces aménagements ont été identifiés sur les sites de Mich. 38, 68, 317 et 439, mais aussi au pied des deux cônes orientaux du complexe des Tres Cerritos et, en dehors de notre fenêtre, sur

Mich. 322 (Capaxtiro). En l'absence de vérifications *in situ*, nous avons peu d'arguments pour proposer une hypothèse fiable concernant leur utilité. Aussi expliquons-nous ci-après les raisons qui nous ont amenées à les considérer comme des aménagements agraires et donc à les inclure dans la présente typologie.



Figure 244 - Exemple LiDAR d'un des principaux réseaux d'épierrements/dégagements sur Mich. 38 (gauche) et photographie de terrain d'un exemplaire de grande dimensions après un feu de forêt (droite, crédit photographique : G. Pereira).

Seuls quelques uns des milliers d'épierrements de Mich. 38 ont pu être observés sur le terrain par d'autres membres du projet Uacúsecha. Il s'agit de plusieurs petites dépressions internes au sein du groupe connu comme "*Los Baños del Rey*," (« Les Bains du Roi »), cartographié au cours du projet Zacapu III (Michelet 1995), et d'un système viaire entre des épierrements à l'ouest du site (Zimmer 2016). Sur la base de ces observations ponctuelles, puis surtout de l'approche plus globale que nous a permis le LiDAR, nous avons réfléchi aux différentes fonctions possibles de ces aménagements, puis procédé par élimination :

- 1) Structures d'habitats. L'hypothèse n'est pas impossible, mais peu probable. Les réseaux d'épierrements et de parcellaires sont en effet systématiquement associés à des structures d'habitat dont la morphologie est par ailleurs bien connue (bâtiments cellulaires quadrangulaires). Parfois construits sur des terre-pleins, ces habitats de morphologies connues sont intégrés aux parcellaires ou les jouxtent, comme dans le cas de Mich. 38. De plus, si certains épierrements présentent des dimensions acceptables pour constituer des maisons, beaucoup semblent bien trop imposants en termes de surface au sol.

- 2) Structures civico-cérémonielles. Là encore, l'hypothèse n'est pas impossible, mais peu vraisemblable. Des espaces dédiés au culte et aux activités civiques à la morphologie connue (ex. pyramides) sont aussi présents à proximité. De plus, ils sont généralement assez clairement séparés des parcellaires.
- 3) *Temascales*. Il a été proposé que les “*Baños del Rey*”, de Mich. 38, en raison de leur morphologie en creux, puissent avoir été des bains de vapeur ou *temascales* (Freddolino 1973). Cette hypothèse a cependant été rejetée par l'auteur même, puis par Michelet (1995 : 12-13), notamment de par l'absence de source pérenne d'eau sur le site²⁴⁰. Par ailleurs, au regard du grand nombre d'occurrences mis au jour par le LiDAR, nous ne pouvons nous résoudre à imaginer un groupe humain pour lequel la construction de *temascales* aurait viré à l'obsession. De plus, si l'hypothèse pourrait être viable pour certains exemplaires d'épierrements concaves sur Mich. 38, elle n'est pas défendable pour les parcellaires, parfois ouverts, observés ailleurs.
- 4) Enclos à dindons. Nous soulevons cette hypothèse – plus que nous ne la soutenons réellement toutefois – à la lumière des études faunistiques récentes. Il a en effet été prouvé au travers des restes retrouvés sur le site de Mich. 31, que la consommation et l'élevage de *Meleagris gallopavo* (dindon domestique) étaient particulièrement importants dans ce centre urbain au Postclassique moyen (Manin 2015 ; Manin *et al.* 2018). Si les épierrements et parcellaires ont constitué des enclos, la coulée chaotique où se trouve le site de Mich. 31 n'en présente pas. Poussant la supposition, on peut envisager que Mich. 38 et ses nombreux épierrements aient constitué un élevage dont les habitants de Mich. 31 auraient profité. Cependant, nous conviendrons que nous aurions alors affaire à une production quasiment industrielle assez peu crédible.
- 5) Voies de communication. Les délimitations des épierrements sur Mich. 38 ont pu être utilisées comme des chemins (Zimmer 2016). Néanmoins, dans la mesure où les groupes qui ont occupé le site ont été tout à fait capables de construire des terre-pleins parfaitement nivelés sur de grandes surfaces, on explique difficilement les raisons de l'établissement d'un système viaire tortueux et encore moins la présence de cuvettes laissées béantes entre les chemins. Par ailleurs, dans le cas de parcellaires composés de murs en élévation, l'hypothèse d'une fonction de circulation n'est pas aisée à soutenir.

²⁴⁰ À cet égard, nous considérons que l'absence d'eau intra-site n'aurait pas constitué un obstacle à la construction de *temascales*. L'eau aurait pu être apportée de façon régulière. Nous discutons cette question plus avant (8.3.3).

6) Structures de stockage. Comme nous l'avons vu, des structures de stockage ont été identifiées sous la forme de *cuexcomates* sur le site de Mich. 31 (Michelet et Forest 2012 ; 4.3) ou encore sous la forme de silos sur le Cerro Barajas (Bortot 2007) – qu'on sait aujourd'hui avoir entretenu des liens avec la région étudiée ici (Pereira *et al.* 2018). Aussi sommes-nous en droit de nous demander si les aménagements mis au jour par le LiDAR n'ont pas pu constituer des systèmes de stockages sous une forme différente. La taille des aménagements identifiés, généralement supérieure à 20 m², nous pousse toutefois à douter de cette hypothèse.

Par élimination, il nous reste donc à soutenir l'hypothèse d'une vocation agraire. Notre étude indirecte du contexte géopédologique (LiDAR, satellites, et extrapolation des observations de terrain alentours) semble indiquer que les épierrements/dégagements et parcellaires se développent sur des coulées présentant une couverture pédologique même limitée (Infiernillo, pied de versant du cône du Capaxtiro). À l'inverse, les zones chaotiques sans sol n'ont pas été aménagées de la sorte (Malpaís Prieto, El Capaxtiro). Michelet (1995 : 13) avaient déjà proposé à demi-mot que les petites dépressions internes au sein des "*Baños del Rey*., avaient pu constituer des « espèces de jardinières où il y avait un peu de terre et d'humidité »²⁴¹. En dépit de l'absence de vérification *in situ* de notre part, nous allons plus loin et proposons que les parcellaires et épierrements sont des espaces où de la terre a été volontairement concentrée. L'origine de cette terre reste à identifier (concentration du sol originel ? apports anthropiques ?). La morphologie concave dans le cas des épierrements assurait par ailleurs la concentration des eaux pluviales et donc de l'humidité – dans une certaine mesure toutefois, au regard de la porosité du substrat. Ainsi, le mode de construction supposé (voir *infra*) et le contexte géopédologique nous permettent de proposer que les aménagements de zones chaotiques planes revêtaient probablement une fonction agricole.

²⁴¹ "*Tal vez se trata de especies de macetas donde había un poco de tierra y de humedad.*

8.2.5.1. Épierrements/dégagements d'espaces plans

Il s'agit dans ce cas de structures de formes variées, correspondant vraisemblablement à des épierrements pour dégager des espaces plans.

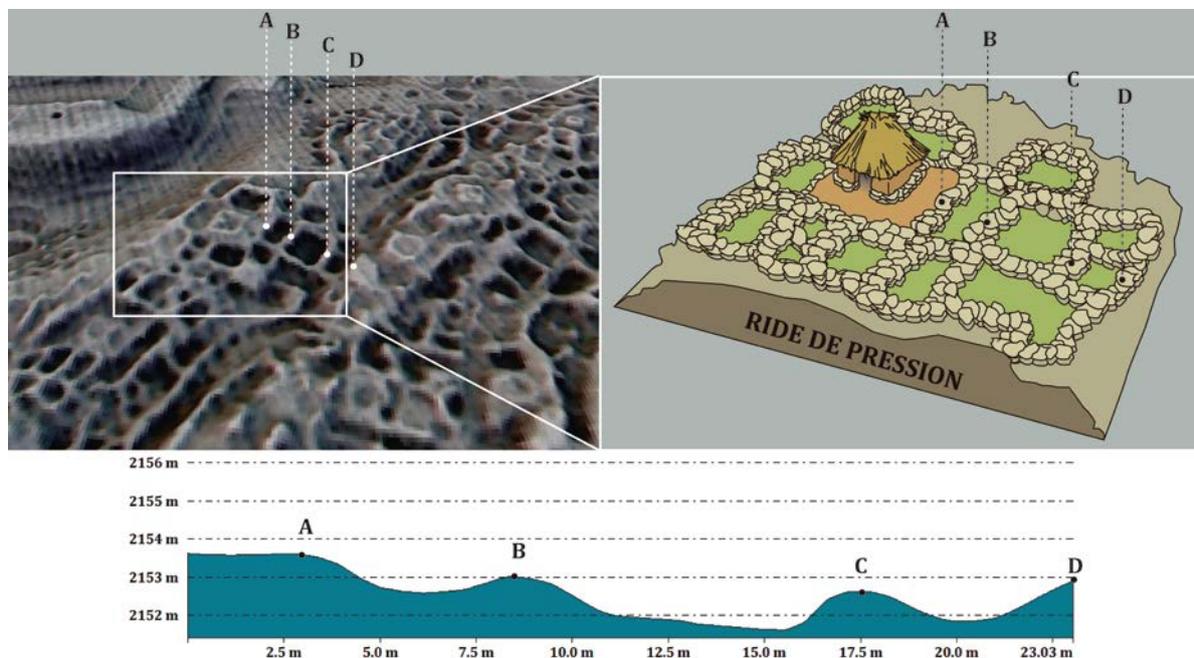


Figure 245 - Vue 3D d'un réseau d'épierrements sur Mich. 38, schéma hypothétique de leur morphologie et profil à partir des données LIDAR.

▪ Contexte géopédologique

Les épierrements/dégagements se développent exclusivement dans les contextes chaotiques (roche volcanique affleurant en blocs). Les sols qui en tapissent le fond ont vraisemblablement été concentrés manuellement pour créer des Anthrosols, des Technosols ou des Leptosols (selon l'épaisseur du sol). Comme évoqué, l'origine de cette terre reste à définir (accumulation des sols originels ? transport ?). Nous proposons très hypothétiquement que le *solum* se caractérise par :

- 1) sa probable superficialité (< 1 m) ;
- 2) une classe texturale de loam limoneux ou de loam argilo-limoneux, si comme nous le supposons les sols qui ont servi à tapisser le fond des épierrements/dégagements ont été collectés *in situ* ou rapportés depuis les géoformes environnantes les plus proches (sols téphriques) ;
- 3) une pierrosité vraisemblablement importante en profondeur ;

- 4) un drainage interne modéré à rapide, de par la présence d'une roche sous-jacente poreuse et en admettant l'absence de revêtement imperméable²⁴².

▪ *Paramètres morphologiques*

Une étude préliminaire non systématique indique qu'il existe autant de formes en plan que de contextes aménagés. De manière générale, les épierrements les plus modestes sont globalement ovales à sub-quadrangulaires. Un échantillon cartographié de 256 individus a permis d'estimer une surface moyenne de 22,4 m², mais la variabilité – ou plutôt l'adaptation aux différents contextes – semble être la règle. Les surfaces s'échelonnent en effet entre 2,5 et 166,4 m², avec un écart-type de 20 m². À la lumière des données LiDAR seules, la hauteur entre le fond du dégagement et ses bordures varie entre 30 cm et plus de 1 m selon les cas.

L'orientation préférentielle des réseaux suit fréquemment celle des inter-rides de pression originelles de la coulée. Ce constat corrobore selon nous l'idée d'une logique de concentration de la terre dans les concavités artificielles. Dans certains cas, l'inter-ride a été entièrement aménagé en un seul dégagement longiligne de plusieurs dizaines de mètres de long. Le cas échéant, le réseau prend l'aspect d'un système d'alternance billons-sillons, où les billons de pierres amoncelées de 2-3 m d'épaisseur sont espacés de 6 à 8 m les uns des autres (cas du sud de la coulée d'El Infiernillo, voir Figure 246).

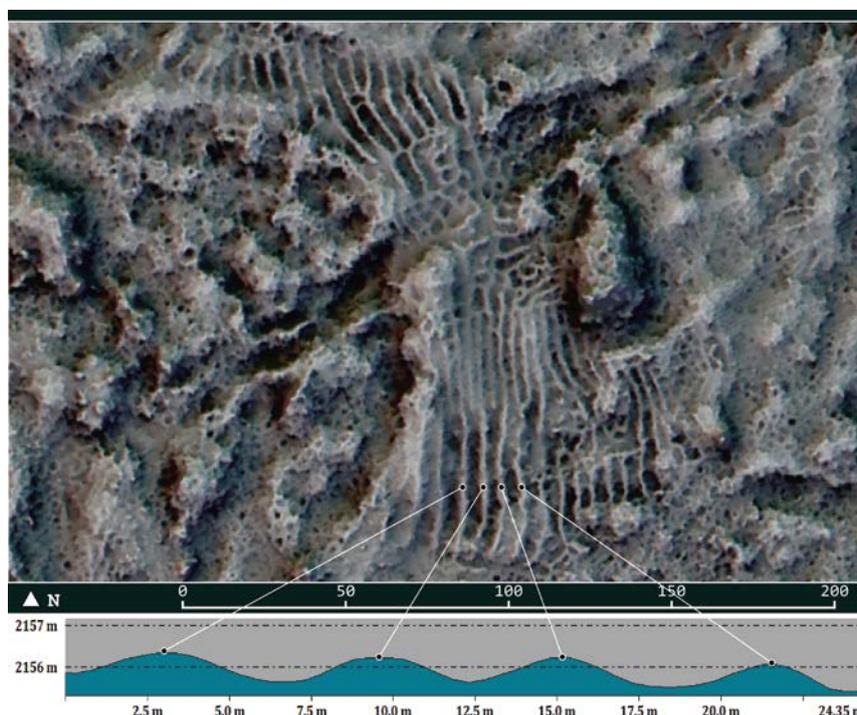


Figure 246 - Traitement LiDAR (SVF+LRM+MHS) des épierrements du sud de la coulée d'El Infiernillo et profil.

²⁴² Ce point pourra être vérifié par la fouille.

Soulignons finalement que certains de ces dégagements artificiels peuvent présenter des épierrements internes plus réduits, à l'instar de ce qui avait été constaté par Michelet *et al.* (1994).

- *Mode de construction*

Aucune étude du mode de construction n'a à ce jour été conduite. Selon notre hypothèse, la construction a dû se faire en plusieurs phases :

- 1) d'abord, l'épierrement de la surface de la coulée (peut-être précédé d'un concassage des blocs) ;
- 2) ensuite, la concentration des blocs en amoncellements linéaires pour dégager un espace plan ou concave ;
- 3) puis, la concentration de sol pour tapisser le fond de cet espace ;
- 4) éventuellement enfin, la mise en place d'un système d'accès.

- *Fonction supposée*

La concentration de sol et, dans une certaine mesure, d'humidité pour établir un espace cultivable semblent constituer les fonctions principales.

- *Datation*

Les épierrements d'espaces plans observés sur Mich. 38 constituent l'expression la plus claire de ce type d'aménagements. À maintes reprises, nous avons constaté une certaine logique organisationnelle entre les réseaux d'épierrements/dégagements et les terre-pleins d'habitat dont la morphologie évoque le Postclassique moyen. En outre, les fouilles réalisées sur le site ont principalement révélé du matériel diagnostique de cette époque, bien qu'une occupation épiclassique ait été mise au jour (Pereira *et al.* 2016 ; voir 7.3.1).

Dans les autres sites de la zone, la pratique d'épierrements/dégagements de ce type est moins évidente. Elle se confond généralement avec les systèmes de parcelles plus classiques sur les coulées volcaniques plus anciennes (voir *infra* 8.2.5.2).

Il n'est donc pas facile de proposer une datation univoque. Partout où des épierrements/dégagements ont été identifiés, il semble que l'on retrouve des vestiges de l'Épiclassique comme du Postclassique moyen. Ce dernier apparaît toutefois légèrement mieux représenté à la lumière des travaux conduits jusqu'ici.

8.2.5.2. Parcellaires

Ce que nous appelons « parcellaires » correspond à des réseaux de murs en élévation, qui délimitent des espaces contigus. Ils forment ainsi un maillage généralement ouvert. On en rencontre des exemples clairs sur Mich. 68, 317 et 439 (Figure 247).

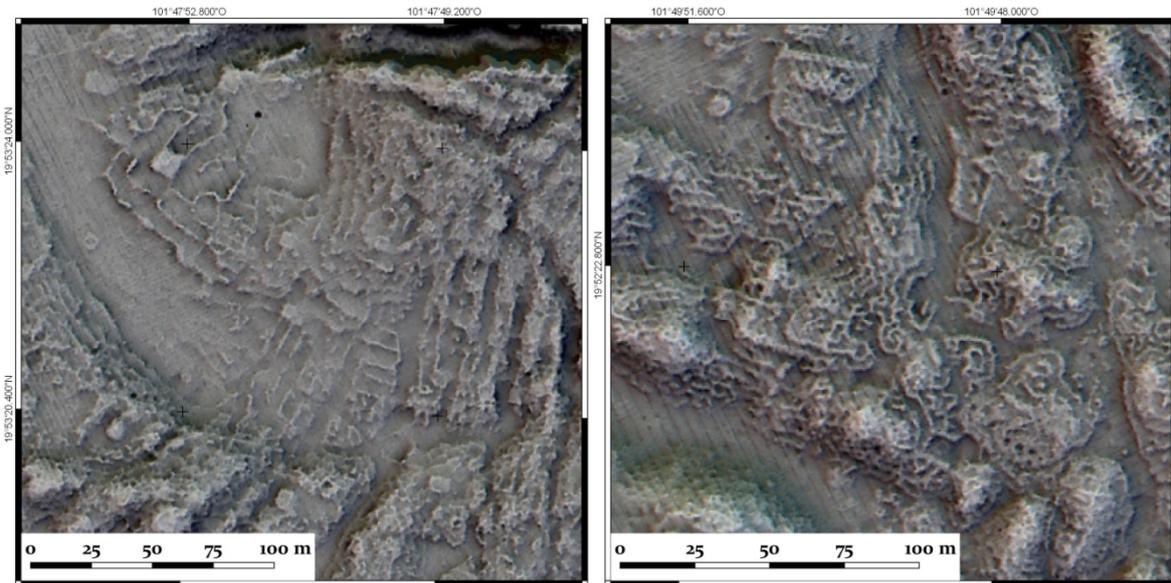


Figure 247 - Exemple LiDAR de parcellaire large au sommet du Caracol (Mich. 68) (gauche) et de parcellaire étroit sur Mich. 439 (droite).

▪ Contexte géopédologique

Les parcellaires sont édifiés dans les zones chaotiques planes au sein des coulées volcaniques du Pléistocène récent. La couverture pédologique originelle était probablement plus développée que dans le cas des épierrements/dégagements. Nous supposons toutefois que les sols ont – au moins en partie – été concentrés intentionnellement entre les murs des parcellaires. Les Groupes de sols de référence associés sont potentiellement des Anthrosols, des Leptosols et des Cambisols (par extrapolation d'après les profils P8 et P23). Le *solum* se caractérise hypothétiquement par :

- 1) sa superficialité (< 1 m) ;
- 2) une classe texturale de loam limoneux ou de loam argilo-limoneux ;
- 3) une pierrosité assez importante en profondeur ;
- 4) un drainage interne modéré à rapide ;

- *Paramètres morphologiques*

Du point de vue morphologique – notamment en ce qui concerne l'organisation spatiale –, deux sous-types de parcellaires peuvent être distingués²⁴³ :

- 1) les parcellaires larges – observés uniquement sur Mich. 68 –, aménagement des surfaces relativement spacieuses (gauche sur Figure 247). Une moyenne de 86,2 m² a été calculée sur un échantillon de 76 parcelles, mais la plus vaste dépasse les 1000 m². Le maillage se caractérise en outre par une recherche de parallélisme entre deux parcelles contigües, voire parfois une certaine orthogonalité.
- 2) les parcellaires étroits aménagent des surfaces plus réduites, mais surtout plus étriquées (droite sur Figure 247). Une moyenne surfacique de 19,9 m² a été calculée sur un échantillon de 74 parcelles cartographié à partir du LiDAR sur Mich. 439. Le maillage se caractérise par sa tortuosité, conduisant parfois à de véritables circonvolutions.

Dans les deux cas, l'élévation conservée du mur de délimitation entre les parcelles est faible. D'après le LiDAR et nos observations de terrain sur Mich. 68, elle est généralement comprise entre 20 et 50 cm. Le traitement LRM indique par ailleurs que les zones de parcellaires sont globalement légèrement surélevées à l'échelle micro-locale. Ce constat corrobore dans une certaine mesure l'idée d'une création de sol par concentration de terre de façon localisée.

- *Mode de construction*

Nous n'avons pas pu étudier le mode de construction sur le terrain. Lors de notre première visite du site de Mich. 317 en novembre 2014, nous avons toutefois été confronté à deux reprises à des aménagements que nous avons difficilement pu interpréter sur le terrain. Avec le recul que le LiDAR nous offre aujourd'hui, nous nous trouvions en réalité au sein de systèmes de parcellaires sans en percevoir l'organisation au milieu de la végétation et des affleurements. Nous pouvons *a posteriori* proposer une description provisoire du mode de construction.

Les murs des parcellaires observés étaient composés de pierres sèches de 40 à 60 cm de diamètre, pour une trentaine d'épaisseur. La base des murs était sensiblement plus large que

²⁴³ Ces estimations ont été réalisées à partir de tentatives de cartographie encore très partielles de ces parcellaires sur l'image LiDAR sans vérification de terrain. Elles sont indicatives.

dans le cas des habitations. Une tendance que nous avons alors interprétée comme un processus d'accumulation, plus qu'une véritable recherche de maçonnerie. Les mesures que nous avons pu réaliser sur le LiDAR tendent à conforter cette hypothèse initiale. En effet, il semble que les murs des parcelles soient globalement beaucoup plus larges (environ 1,5 à 3 m) que ceux des habitats. Ces constats indiquent selon nous que les murs de parcelles étaient vraisemblablement édifiés au travers d'un épierrement de la surface de la coulée aménagée, puis d'une concentration en ligne des blocs qui en étaient issus.

- *Fonction supposée*

Il nous semble que la fonction principale des parcelles était la constitution d'un *solum* cultivable à partir de sols téphriques naturellement plus minces.

- *Datation*

En l'absence de vérification de terrain, l'association à une époque est difficile. Notons simplement que les parcelles observés sur Mich. 317 et 439 sont spatialement associés à des contextes épiclassiques (présence de *patios hundidos* et d'habitat organisé en *patios*). Des chemins permettent toutefois de relier les parcelles de Mich. 317 avec le site principalement postclassique de Mich. 38, lequel présente lui aussi des aménagements de ce type. Enfin, le parcelle identifié sur Mich. 68 est proche de contextes postclassiques comme épiclassiques.

8.2.6. Aménagements de zones planes

Le dernier point que nous développons dans cette typologie des aménagements agraires est (de façon assez paradoxale) le cas des zones potentiellement mises en culture, mais qui ne présentent pas d'aménagements clairs.

8.2.6.1. Aménagements de joyas

- *Contexte géopédologique*

Déjà évoquée dans ce travail, une "joya,, est le nom que l'on donne localement à une zone plane ou légèrement dépressionnaire entre des affleurements dans un *malpaís*, entre deux *malpais*, ou au sommet des cônes scoriacés (Beals 1946 : 20 ; West 1948 : 32) (Figure 248). Les *joyas* caractérisent les coulées volcaniques du Pléistocène Récent. La couverture pédologique issue de dépôts téphriques et de colluvions est généralement inférieure à 100000 ans. Les Groupes de sols de référence typiquement associés sont des Andosols, des Cambisols et des Phaeozems. Le sondage P23 fournit un profil-type Ah-Bw-C.

Le *solum* se caractérise par :

- 1) une grande profondeur (> 1,5 m) ;
- 2) une classe texturale de loam limoneux ;
- 3) une pierrosité faible, essentiellement composée d'éléments de petites dimensions (< 10 mm), d'origine téphrique ou colluvique ;
- 4) un drainage interne modéré à rapide.

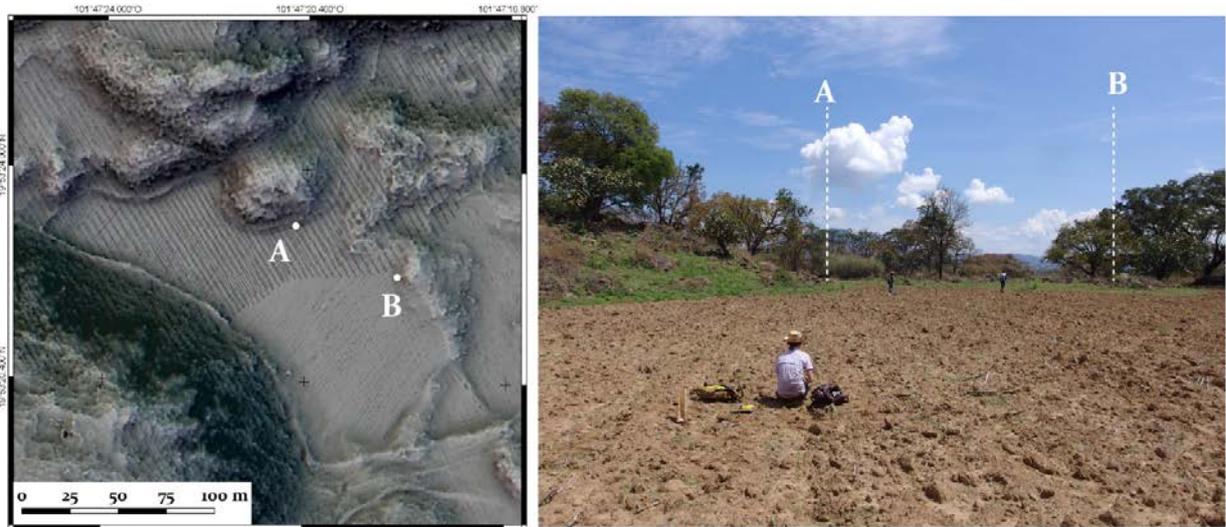


Figure 248 - Exemple de *joya* encore cultivée actuellement à la charrue à cheval sur la coulée du Caracol (Mich. 422). Vue LiDAR en plan (gauche) et photographie de terrain (droite).

▪ Paramètres morphologiques

Dans la mesure où elles ont la même orientation que les rides de pression, les *joyas* sont généralement de forme allongée. Une étude morphométrique des coulées du Pléistocène récent du Caracol, de Las Milpilllas et de la Mesa del Bolsón, nous a permis d'estimer qu'elles présentaient une largeur moyenne d'une quarantaine de mètres et représentaient entre 1/4 à 1/3 de la surface totale de ces géoformes.

▪ Indices d'aménagement

Les indices de mise en culture des *joyas* par les groupes préhispaniques sont les suivants :

1) *Fertilité théorique*. Notre étude pédologique a montré que les sols des *joyas* sont intéressants d'un point de vue agricole (8.1.1 et 8.1.4.2). Elles présentent des sols similaires à ceux exploités par les groupes préhispaniques sur les terrasses transversales de ravin large. En outre, elles constituent les seules zones à l'intérieur des *malpaises* que les agriculteurs actuels continuent d'exploiter lorsque l'accessibilité le leur permet (Beals 1946 ; West 1948 ; Gougeon 1991). À cet égard, soulignons l'étymologie qui témoigne très probablement de la

valeur agraire de ces espaces : “*joya*”, renvoie à une « chose précieuse » (Venegas 1543, cité par Nieto Jiménez et Alvar Esquerria 2007 : 5945)²⁴⁴.

2) *Inscription au sein du schéma organisationnel des sites*. Les sites qui comprennent des zones de *joyas* sont Mich. 68, 95, 318, 422 et 439. Dans tous les cas, celles-ci constituent des parties intégrantes des établissements. Les habitants semblent les avoir intentionnellement laissées en grande partie libres de construction au profit des affleurements, paradoxalement bien moins prompts à l’installation. Cette particularité avait été relevée dès le projet Michoacán I (Michelet *et al.* 1988). Par ailleurs, des terrasses bordent assez systématiquement le pied des affleurements sur le pourtour des *joyas*, marquant une certaine délimitation de ces espaces. Rappelons toutefois que le sondage de l’UT 127, depuis une de ces terrasses vers le centre d’une *joya*, s’est avéré peu probant au regard d’un usage agraire de la zone (7.1.8.2, UT 127).

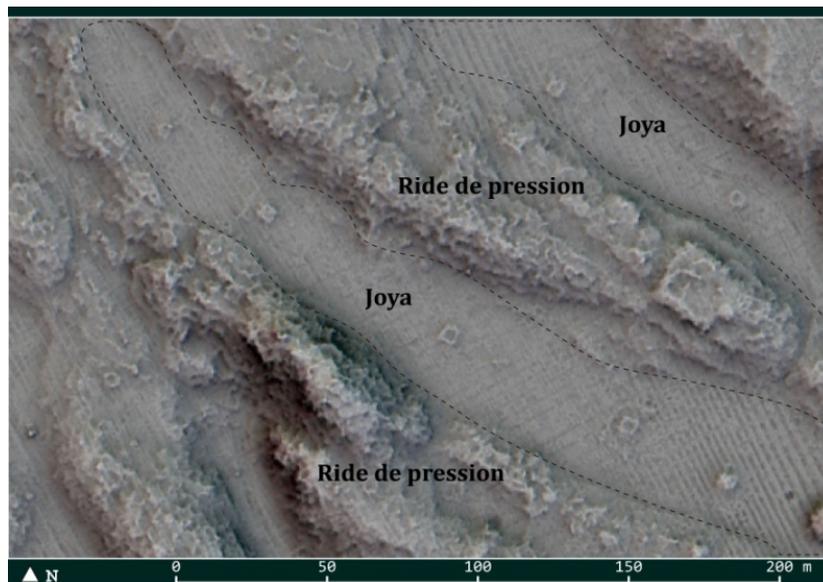


Figure 249 - Exemple de structures quadrangulaires régulièrement espacées au milieu de *joyas* sur le Caracol (Mich. 68).

3) *Structures associées*. Quand des structures sont construites dans les *joyas*, elles sont organisées selon un schéma particulier. Sur Mich. 68 et 318, on observe des structures carrées de 4x4 m (peut-être des habitats), régulièrement espacées les unes des autres au centre des *joyas* allongées (Figure 249). Un autre cas récurrent est celui de structures disposées en

²⁴⁴ Le mot, d’origine française et désignant littéralement un « joyau », semble être en usage dans la langue castillane dès la fin du XIV^e siècle. Il est en effet mentionné dans le dictionnaire du fray Pedro de Alcalá de 1505 (Nieto Jiménez et Alvar Esquerria 2007 : 5945). Nous n’avons rencontré aucune autre définition que celle de « joyau, pierre précieuse » et par extension « chose précieuse ». Seul Alejo Venegas (1543) sous entend dans sa définition qu’une *joya* peut se rapporter à un terrain. Il précise que le terme ne peut désigner la vigne (*viña*) : « Une *joya* est n’importe quel chose précieuse [appréciée, désirée], en dehors de la maison, la vigne et l’argent » (“*Joya es cualquier cosa preciada, fuera de casa, viña y dinero* „).

bordure de la zone plane. Il s'agit alors, soit de bâtiments similaires de 4x4 m, soit de structures globalement circulaires d'un diamètre de 5 à 8 m, cernées par un sillon d'environ 2 m de large. Enfin, dans certains cas, un muret ou un talus découpe la *joya* dans sa largeur (à gauche dans la *joya* du bas sur Figure 249). Toutes ces constructions sont difficiles à interpréter sans fouille, mais constituent peut-être autant d'aménagements associés à la sphère agricole.

- *Fonction supposée*

Nous ne pouvons être catégorique, mais les *joyas* nous paraissent avoir constitué des zones cultivées en agriculture pluviale ou *de humedad*. Les structures associées ont pu servir d'habitat ou d'annexes agricoles dont la fonction se doit d'être précisée par la fouille.

- *Datation*

Les sites où des *joyas* semblent avoir été exploitées sont datés de l'Épiclassique comme du Postclassique. Nous estimons que s'il y a bien eu agriculture dans ces zones, elle a pu être pratiquée à toutes les époques.

8.2.6.2. Dignes et canaux

Il s'agit d'aménagements linéaires, déjà évoqués au 7.1.2, identifiés uniquement sur le plateau au nord du Malpaís Prieto (cf. Figure 135 : 359, structures 293, 294 et 295). Ils ressortent à la lumière du traitement LRM. Leur vocation agraire n'est qu'une hypothèse, qui se base essentiellement sur leur localisation par rapport aux ruissellements. Nous pensons qu'ils ont pu constituer des systèmes de gestion des eaux de pluie. Au total, nous avons identifié trois digues et un possible canal.

- *Contexte géopédologique*

Les digues et canaux aménagent des sols volcaniques d'altération ancienne. La description de ces derniers et leur potentialité de mise en culture par des groupes préhispaniques ont déjà été discutées (8.1.4.1).

Les digues ont visiblement été édifiées soit en travers de zones de concentration des ruissellements – au pied de la ravine principale qui entaille le Cerrito Pelón –, soit dans leur continuité – entre le réservoir actuel du Copalillo, au nord de la coulée, et le pied du Malpaís Prieto. Un canal a peut-être été creusé depuis la dépression du pied du Prieto en direction de l'est pour bifurquer ensuite vers le nord et rejoindre la ravine d'El Salto.

- *Paramètres morphologiques*

Les digues mesurent plusieurs centaines de mètres de long pour une vingtaine de mètres de large. Le bombement est trop ténu pour qu'une quelconque variation de l'élévation ne soit perceptible sur le terrain. Aussi ne les avons nous pas identifiées avant le traitement LiDAR.

Le canal potentiel mesure environ 400 m pour une vingtaine de mètres de large. La largeur réelle est probablement distendue par les phénomènes d'érosion postérieurs.

- *Fonction supposée*

En l'absence d'étude plus approfondie il est difficile de proposer une fonction. Les hypothèses que nous proposons à ce jour sont :

1) Les digues ont pu constituer des délimitations de zones cultivables ou de propriétés foncières. Les *haciendas* coloniales sont en effet réputées pour leurs murs de délimitation absolument rectilignes et traversant de vastes étendues. Beaucoup découpent encore la région de Zacapu, et sont souvent encore en usage pour borner les *ejidos* (communes). Toutefois dans le cas des digues identifiées, aucun mur ne subsiste. Aussi avons-nous émis une seconde hypothèse.

2) La gestion du ruissellement. Lorsque l'on considère le plateau dans son ensemble, les digues semblent orientées de façon à dériver le cours naturel des ruissellements. Si tel est le cas, le flux paraît avoir été dirigé vers le pied du centre urbain de Mich. 31, où les indices pédologiques de conditions d'hydromorphie trahissent la présence d'un point d'eau ancien (6.3.1.1). Le canal aurait quant à lui permis de reconduire ensuite l'eau vers la ravine d'El Salto comme évoqué.

- *Datation*

Nous ne pouvons fournir une datation fiable de ces ouvrages. La question a déjà été discutée au chapitre 7 (7.1.2).

8.3. ÉVOLUTION CHRONOLOGIQUE DES STRATÉGIES AGRAIRES

Dans cette sous-partie nous proposons une interprétation de l'évolution des systèmes et stratégies agraires pendant les trois époques qui constituent notre cadre chronologique. L'Épiclassique – qui dans les hautes terres représente vraisemblablement une fourchette allant de 600-650 à 850-900 apr. J.-C. – se caractérise par une colonisation prompte des fertiles sols téphriques des *malpaises*, où l'agriculture s'intègre à l'habitat (8.3.1). Le Postclassique ancien – de 900 à 1250 apr. J.-C. – souffre pour sa part d'un dépeuplement généralisé de la zone et, par extension, d'une vaste déprise agricole, malgré une relative pérennité des pratiques culturelles (8.3.2). Le Postclassique moyen qui lui fait suite – 1250-1450 apr. J.-C. – est marqué par une nouvelle vague de colonisation, portée par des protagonistes qui envisagent l'agriculture sous un jour nouveau. L'habitat se fait alors urbain et les cultures s'étendent au-delà des limites des sites. Les agriculteurs privilégient des espaces jusqu'alors laissés de côté, parfois au détriment des sols téphriques anciennement cultivés (8.3.3). Nous terminons ce chapitre par une brève discussion concernant l'impact de la mise en culture préhispanique sur les paysages (8.3.4).

Nous avons tenté d'estimer l'emprise des cultures pour chaque période, attestée par des vestiges archéologiques. Cette estimation a été réalisée à partir des identifications de structures sur le terrain et sur le LiDAR. Pour rendre compte des incertitudes inhérentes à la méthodologie – fondée sur des extrapolations à partir des quelques contextes documentés par la fouille et les observations de terrain –, nous avons défini trois degrés de probabilité d'exploitation :

- 1) Les espaces à probabilité « forte » présentent des aménagements agraires qui ont été observés sur le terrain ou dont la morphologie sur le LiDAR a pu être indéniablement rapprochée d'aménagements vérifiés (ex. continuité d'un réseau de terrasses vu sur le terrain). Leur association à une période chronologique est déduite de leur localisation et de la céramique quand nous avons pu en collecter.

- 2) Les espaces à probabilité « moyenne » présentent des aménagements agraires clairement observables sur le LiDAR, mais non vérifiés sur le terrain, et pour lesquels il y a une plus grande incertitude concernant la datation.
- 3) Nous estimons finalement que les espaces « hypothétiques » ont pu être mis en culture, mais nous ne pouvons l'attester ; soit parce qu'il s'agit d'aménagements dont la fonction n'est pas sûre (épierréments concaves et parcellaires) ; soit parce qu'il s'agit de zones planes sans aménagements visibles, mais présentant des sols intéressants ; soit, enfin, parce qu'il s'agit de zones recouvertes par la coulée du Prieto.

Aux incertitudes liées à la méthodologie se surimpose la question de la taphonomie. De fait, nous identifions ici les espaces mis en culture au regard des données archéologiques avant tout. Dans un second temps, nous supposons que d'autres zones sans modifications anciennes apparentes (en surface) ont pu être cultivées au regard de la qualité des sols et de leur localisation par rapport aux habitats. En posant ces postulats, nous omettons délibérément quantité d'espaces non aménagés qui auraient pu être mis en culture, mais où les indices archéologiques sont absents (*i.e.* pas de structures à proximité) et où les indices géopédologiques sont *a priori* discriminants (*i.e.* sols dont les caractéristiques ne paraissent pas favorables à une mise en culture préhispanique). La surface cultivée que nous proposons pour chaque période correspond donc à une estimation théorique et minimum de l'aire totale exploitée. Nous la qualifions de *surface cultivée archéologique*. Comme nous l'avons vu au chapitre 1, nous admettons néanmoins que ces surfaces estimées au regard des indices archéologiques et pédologiques représentent une part non négligeable de l'écosystème cultivé de chaque période.

**

8.3.1. Stratégies agraires à l'Épiclassique

À l'Épiclassique, les hautes terres sont intensément mises en culture en l'espace de trois siècles, vraisemblablement à partir du VII^e siècle apr. J.-C. Des milliers de terrasses sont alors édifiées dans les pentes, matérialisant une intensification de l'agriculture sans précédent pour la microrégion. Elle fait notablement écho aux observations réalisées plus au nord, dans le versant méridional du Lerma (Faugère 1996 : 130-131). Il n'est cependant pas plus aisé de proposer une chronologie de l'édification des aménagements agraires, que des structures d'habitats. Aussi considérons-nous ici la période dans son intégralité.

8.3.1.1. Espaces cultivés et modes de mise en culture

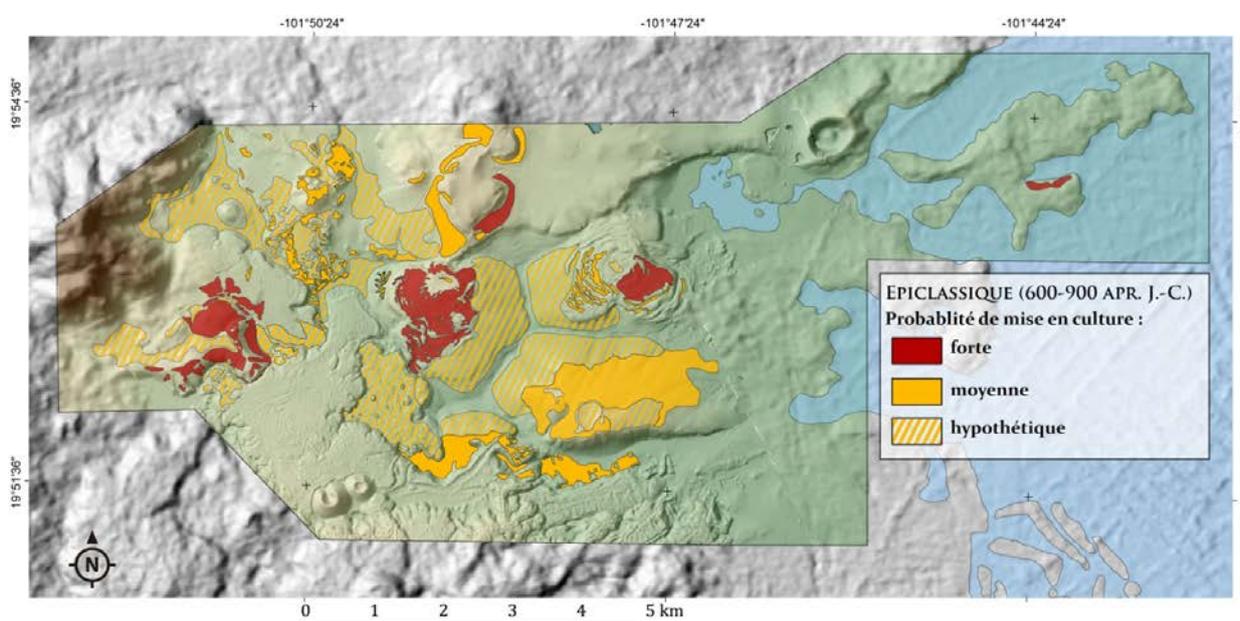


Figure 250 - Espaces cultivés à l'Épiclassique.

Durant l'Épiclassique, nous estimons qu'environ 1500 ha étaient mis en culture (Figure 250 et Tableau 45). La plaine lacustre et le piémont ne sont que peu exploités²⁴⁵. D'autres motivations que les sols amènent les humains au bord du lac. L'eau, les matières premières (ex. jonc), ou la faune, constituent autant d'attraits probables. Mais il existe peut-être aussi des motivations non économiques, comme le laisse supposer la haute valeur symbolique qui est alors accordée à la zone des *lomas* (Arnauld *et al.* 1993 ; Pereira 1999 ; Carot 2001). Les quelques indices de cultivation mis en évidence sur la coulée d'El Llano (Mich. 69) sont peu clairs. Aussi la question de l'agriculture en bordure du lac est-elle traitée plus avant, dans le

²⁴⁵ Rappelons toutefois que le milieu lacustre est plus complexe à explorer car il a subi plus de modifications (ex. sédimentation plus importante, agriculture coloniale et moderne...) que les hautes terres. L'estimation des surfaces cultivées est donc probablement plus réduite que la réalité archéologique.

paragraphe sur le Postclassique ancien, puisque cette époque se caractérise notamment par une occupation des rives (8.3.2).

| Probabilité de mise en culture | Surface estimée [ha] | Pourcentages |
|---|----------------------|--------------|
| Forte | 220,7 | 5 |
| Moyenne | 399,4 | 9 |
| Hypothétique | 895,7 | 20,3 |
| Surface totale cultivée | 1515,8 | 34,3 |
| Surface totale cultivable (fenêtre d'étude) | 4417,2 | 100 |

Tableau 45 - Estimation des surfaces cultivées à l'Épiclassique.

Les agriculteurs de l'Épiclassique privilégient les hautes terres volcaniques, et plus précisément les sols issus de dépôts téphriques récents – tels que ceux du Caracol ou de la Mesa del Bolsón (Andosols, Cambisols et Phaeozems). Ils correspondent grossièrement aux *echeri t'upuri* (sols pulvérulents) des nomenclatures purépechas (West 1948 ; Barrera-Bassols *et al.* 2006a). Outre leur fertilité chimique et leur bon drainage, c'est aussi leur légèreté qui est recherchée, car elle garantit un travail facilité du champ. Des couvertures pédologiques plus anciennes peuvent aussi être mises à profit, mais toujours dans les contextes où elles ont été rajeunies par des dépôts de cendre plus récents ou des colluvions.

Ce sont avant tout les pentes qui sont investies. Leur mise en valeur passe par la construction de nombreux types de terrasses, adaptées aux formes du terrain. Les zones planes ne sont pas délaissées pour autant. Plusieurs indices nous incitent à penser que *joyas* et zones chaotiques sont dès lors exploitées. Il est toutefois plus difficile de juger du degré d'investissement qui leur est apporté, car ne sont certaines ni la mise en culture, ni la chronologie. La fertilité de leurs sols, la proximité des habitats et le soin visiblement apporté à les délimiter – voire à les aménager –, sont toutefois autant d'indices de leur utilisation. De même, l'inscription de certains parcellaires dans des trames d'habitat visiblement épiclassiques (Mich. 317 et 439), témoigne vraisemblablement de la construction de certains de ceux-ci, dès le VII^e ou le VIII^e siècle.

8.3.1.2. Préparation de la surface cultivée et amendements

Dans les pentes terrassées, les agriculteurs tirent parti de la sensibilité à l'érosion des sols téphriques. Les terrasses permettent de gérer les mouvements de matière et les flux hydriques pour maintenir l'humidité dans les sols, éviter leur entraînement vers l'aval, et épaissir les *solums*. En outre, une bonne gestion des matières érodées permet peut-être de rajeunir

ponctuellement les horizons A et par extension, leur stock de nutriments. La pratique d'une ouverture médiane sur les talus de certaines terrasses transversales de ravin semble corroborer cette idée.

Plus généralement, les agriculteurs de l'Épiclassique modifient drastiquement les formes du terrain au moyen de transports de sol pour favoriser l'agriculture. Ceux-ci servent vraisemblablement à préparer la surface cultivée ; peut-être pas annuellement néanmoins. En effet, en dépit des terrassements, les pluies estivales induisent un mouvement vers l'aval des sols téphriques. Aussi proposons nous que les agriculteurs aient pu ponctuellement transporter du sol vers l'amont pour épaissir les *solums* érodés. Le remblai périodique des terrasses d'affleurement semble par exemple indispensable. Outre ces opérations, les sols sont vraisemblablement labourés chaque année avant le semis (Rojas Rabiela 1988), mais nous n'avons pu le prouver archéologiquement.

Souvent mis en avant comme l'une des techniques d'amendement par excellence de l'époque préhispanique, la pratique de l'abattis-brûlis est envisageable sur les sols lixivés, où un apport de nutriments est nécessaire. Aucun indice matériel ne le prouve néanmoins.

8.3.1.3. Fertilisation par apport d'engrais

La fertilisation par apport d'engrais est vraisemblablement pratiquée. De fait, il n'y a pas de séparation entre les zones résidentielles et agraires pendant l'Épiclassique. Bien souvent, les premières sont intégrées aux secondes. Les déchets alimentaires ont donc pu être épandus sur les champs voisins, au même titre que les excréments humains ou encore des feuilles de chêne – couvert forestier originel (Labat 1992) –, connues ethnographiquement comme de bons engrais naturels chez les Purépecha (Barrera-Bassols *et al.* 2006a : 149). Par ailleurs, les sols téphriques constituant des fixateurs du phosphore, l'épandage d'ossements d'animaux consommés aurait permis de pallier la carence naturelle en cet élément.

8.3.1.4. Hydratation des cultures

Aucun indice d'irrigation n'a été mis en lumière pour cette période. Toutefois, au vu des efforts mis en place pour construire et entretenir les réseaux de terrasses, il est envisageable que l'eau, comme les sols, ait pu être ponctuellement transportée pour hydrater les cultures. Soulignons à cet égard la présence de sources d'eau pérennes à proximité des établissements les plus intensément cultivés : un puits à l'ouest de Mich. 318 et le paléolac à l'est de

Mich. 68. Dans les deux cas, la source est localisée à moins d'une heure de marche aller-retour. En outre, rappelons que plusieurs centaines d'hectares cultivés à l'Épiclassique ont été occultés par la coulée du Prieto au X^e siècle (voir 6.3.1.3). Or, il existe un puits au pied du front nord de cette coulée et, plus généralement, les traits pédologiques indiquent que l'eau s'accumule périodiquement dans cette zone (P14, 6.3.1.1). Aussi, avant que la coulée du Prieto ne bloque en partie le ruissellement, l'eau s'écoulait depuis le plateau du Copalillo vers le sud, entre les coulées du Caracol et de la Mesa del Bolsón (Figure 251). La potentialité est donc forte pour qu'une source – peut-être un puits ou un étang temporaire – ait existé entre ces flux, avant la formation du Malpaís Prieto (A sur Figure 251 pour la localisation potentielle de cette source).

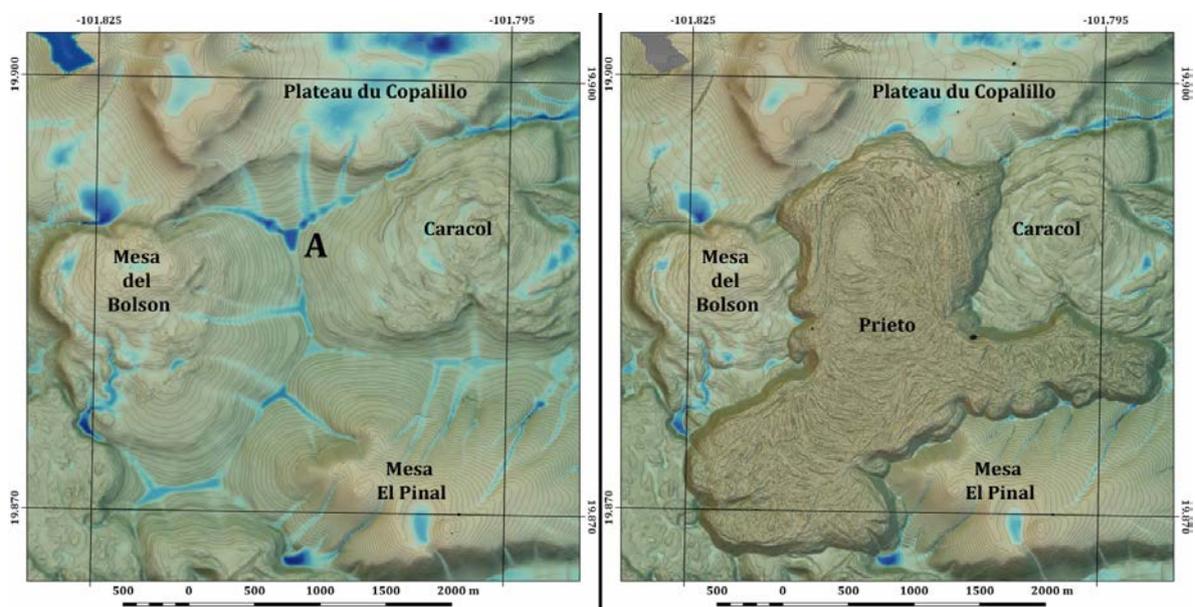


Figure 251 - Simulation du ruissellement (SAGAGIS) avant la mise en place du flux de Malpaís Prieto (gauche, hypothétique) et après (droite). La nature du matériau parental n'a pas été prise en considération pour la simulation. Elle ne se base que sur la topographie.

8.3.1.5. Entretien et protection des champs

L'étroite proximité entre les habitats et les champs indique qu'une certaine attention est apportée à leur entretien et à leur protection. Nous pouvons mettre en regard ce constat avec l'étude de Manin (2015 : 325-330). Elle a révélé que le *garden-hunting* constituait une source importante pour l'acquisition d'animaux consommés²⁴⁶. De fait, les récoltes ont vraisemblablement dû être protégées contre les animaux, favorisant l'obtention de gibier.

²⁴⁶ Rappelons toutefois qu'aucun des assemblages étudiés par Manin (2015) ne provient d'un des sites épiclassiques compris dans notre fenêtre d'étude. Ce constat est formulé par l'auteur pour le Postclassique moyen.

8.3.1.6. Calendrier des pratiques culturelles

Au vu des contextes géopédologiques dans lesquels elle s'inscrit et en l'absence de preuve d'irrigation, l'agriculture épiclassique apparaît essentiellement saisonnière. Comme il a déjà été proposé (Sanders *et al.* 1979 ; Dorison 2013 pour le contexte zacapense), la temporalité des activités agricoles doit être proche des calendriers documentés par l'ethnographie (voir notamment Beals 1946 ; Foster 1948 ; West 1948). Par ailleurs, les descriptions ethnographiques et la comparaison de la pédologie de Zacapu avec celle de Cherán²⁴⁷, suggèrent que certains sols cultivés à l'Épiclassique à Zacapu sont typologiquement proches de sols décrits par Beals (1946 : 20). Sur cette base, nous proposons la séquence hypothétique suivante pour l'Épiclassique :

- 1) *Préparation de la surface cultivée.* Les activités d'entretien des terrasses, de transports de terre et de labours devaient avoir lieu entre novembre et avril-mai.
- 2) *Semis.* Dans les zones où le drainage n'était pas trop important, la conservation de l'humidité dans les sols téphriques permettait peut-être un semis un peu avant l'arrivée des pluies, entre mars et juin. Les *joyas* devaient ainsi être semées dès mars (West 1948 : 33). Dans les pentes, les terrasses de nivellement et de ravin ralentissaient le drainage des sols téphriques, mais ne pouvaient le stopper complètement. Un certain degré d'humidité résiduelle était peut-être maintenu, mais rarement au point de permettre un semis avant l'arrivée des pluies. Celui-ci était sans doute pratiqué à l'aide d'un bâton à fouir. Il est par ailleurs très probable que plusieurs cultivars – maïs, haricots, courge, amarante (?) – aient été semés simultanément.
- 3) *Entretien du champ.* Buttage, sarclage et autres activités d'entretien du champ avaient cours entre le semis et la récolte, entre mars et novembre.
- 4) *Récoltes.* Les récoltes des différents cultivars étaient sans doute quasiment simultanées. L'ethnographie suggère que les haricots et courges étaient cueillis avant le maïs, récolté pour sa part entre novembre et décembre.

²⁴⁷ Comparaison faite sur la base des cartes pédologique (1982) et géologique (1978) de la région de Cherán par la DETENAL.

8.3.1.7. Intensité du système agraire de l'Épiclassique

Pendant l'Épiclassique une part importante des espaces est probablement cultivée de façon permanente. Cette hypothèse est partiellement corroborée par l'ethnographie lorsque l'on considère l'agriculture conduite dans les *joyas* par les Purépechas de la Meseta dans les années 1940. West affirme que ces derniers n'y pratiquent pas de jachère (West 1948 : 38). Beals est moins catégorique et souligne que hormis les *joyas* ayant une fertilité exceptionnelle, les sols téphriques ne sont généralement pas cultivés en continu par les agriculteurs de Cherán (Beals 1946 : 21). Toutefois, alors que les *joyas* constituent des parcelles éloignées des villages pour les habitants actuels de la Meseta, elles font au contraire partie intégrante des établissements épiclassiques à Zacapu. Les maisons s'articulent autour d'elles et plus généralement autour des sols téphriques sur les affleurements. La main d'œuvre peut donc être continue tout au long de l'année. En outre, si la fertilisation et la protection des récoltes demeurent hypothétiques pour les contextes épiclassiques, les terrassements témoignent d'un investissement fréquent et important pour entretenir les champs.

Nous retrouvons au sein du système agraire de l'Épiclassique les cinq caractéristiques d'une agriculture permanente proposées par Netting (1993 : 28-29) :

- 1) Déplacements et manipulations des sols (*moving and manipulating soil*) sont attestés par l'édification de nombreuses terrasses de nivellement étroites, larges, et transversales de ravin.
- 2) La culture en terrasses atteste aussi une gestion de l'eau (*regulating water*).
- 3) La fertilisation des sols et des cultures (*restoring or increasing soil fertility*) n'a pu être catégoriquement prouvée, mais est très probable (voir *supra* 8.3.1.2 et 8.3.1.3).
- 4) L'utilisation de plusieurs cultivars (*multi-cropping*) est suggérée par l'ethnographie et l'ethnohistoire et la sélection de contextes géopédologiques spécifiques (*microenvironments*) est attestée par notre travail.
- 5) La protection des champs (*protection of plants*) est finalement très probable au regard de l'implantation de ceux-ci au cœur des établissements.

L'agriculture épiclassique est donc majoritairement intensive – au sens où l'entendent les auteurs mentionnés au chapitre premier (Boserup 1965 ; Turner et Doolittle 1978 ; Killion 1992 entre autres) – bien que l'existence de champs cultivés de façon extensive ne soit pas exclue.

8.3.2. Indices des stratégies agraires au Postclassique ancien

Les modalités de l'agriculture pratiquée au Postclassique ancien sont mal cernées. Il est toutefois certain qu'il existe un lien de cause à effet entre l'éruption de Malpaís Prieto au X^e siècle, la disparition subséquente d'espaces cultivables et le dépeuplement massif de la zone (Maghoub *et al.* 2018 ; 7.6.2). En dépit du peu d'indices, l'agriculture du Postclassique ancien semble se placer dans la continuité de l'Épiclassique. Néanmoins, vu la concentration de la plupart des sites aux abords des rives du paléolac, il est envisageable que l'économie de subsistance connaisse alors une certaine réorientation.

8.3.2.1. Espaces cultivés et modes de mise en culture

Aucun indice matériel du Postclassique ancien n'a pu être identifié dans une zone tampon d'environ 1 km autour de la coulée volcanique du Malpaís Prieto. *A fortiori*, les vestiges agraires dans cette zone ne sont vraisemblablement pas associés à l'occupation de la phase Palacio. Comme évoqué au chapitre 7, deux zones continuent d'être habitées de façon discrète après l'éruption du Prieto :

- 1) Les abords du paléolac autour de la source de Cuarún (Mich. 420 et 415 [?]) et le versant oriental du Caracol (Mich. 422, Mich. 68) ; et
- 2) les hautes terres occidentales, où l'on constate la persistance d'une occupation ténue (Mich. 317).

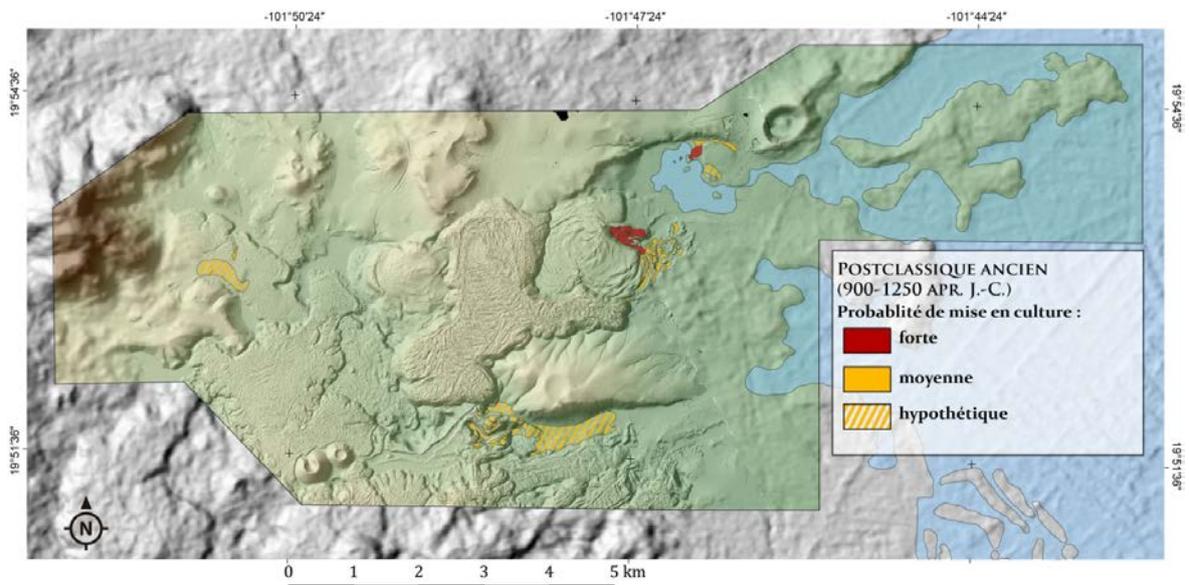


Figure 252 - Espaces cultivés au Postclassique ancien.

Dans l'état actuel des connaissances, nous ne pouvons assurer que ces vestiges sont antérieurs ou postérieurs à l'éruption. Cependant, alors que les indices d'occupation dans le

site de Mich. 317 sont dans la continuité de l'Épiclassique, les établissements du bord du lac n'ont pas d'antécédents. L'occupation des rives, vraisemblablement centrée sur l'acquisition de ressources lacustres, se met donc possiblement en place après l'éruption.

| Probabilité de mise en culture | Surface estimée [ha] | Pourcentages |
|---|----------------------|--------------|
| Forte | 13,5 | 0,3 |
| Moyenne | 9,2 | 0,2 |
| Hypothétique | 101 | 2,3 |
| Surface totale cultivée | 123,7 | 2,8 |
| Surface totale cultivable (fenêtre d'étude) | 4417,2 | 100 |

Tableau 46 - Estimation des surfaces cultivées au Postclassique ancien.

Nous estimons qu'environ 120 ha sont alors cultivés (Figure 252 et Tableau 46). Certains aménagements agraires construits à l'Épiclassique dans les hautes terres – sur sols téphriques (Andosols, Cambisols) – sont probablement encore en usage pendant au moins une partie du Postclassique ancien. Des sols similaires continuent – ou commencent – à être exploités sur le versant oriental du Caracol. Les terrasses transversales de ravin associées aux habitats de la phase Palacio sur Mich. 422 en attestent. Dans ces contextes, les hypothèses concernant les pratiques culturelles et le calendrier agricole formulés pour l'Épiclassique restent pertinentes (*cf.* 8.3.1). En revanche, quelques terrasses de nivellement ou transversales de ravin, autour de Mich. 420, indiquent que les sols des rives et du piémont (Phaeozems et Vertisols), plus anciens et plus argileux (6.1.2), sont peut-être cultivés. Ils impliquent par conséquent des pratiques culturelles différentes sur lesquelles nous revenons ci-après.

8.3.2.2. Préparation de la surface cultivée et amendements

Les sols argileux autour de Cuarún requièrent une préparation plus importante que dans les sols téphriques des coulées volcaniques. Ethnographiquement, West rapporte que les champs localisés en bordure du lac de Pátzcuaro – analogues à ceux de Cuarún (Phaeozems) – ne sont labourés qu'une seule fois, peu avant l'arrivée des pluies (West 1948 : 36). Une préparation similaire doit avoir cours pour cultiver les terrasses autour de Cuarún au Postclassique ancien.

Malgré la fertilité chimique des sols du bord du lac, il n'est pas exclu qu'ils aient eu besoin d'amendements. Ethnographiquement, nous avons observé les agriculteurs actuels mettre le feu aux adventices dans les parcelles situées en bordure et dans la ciénega au mois d'avril. Un labour permet ensuite l'intégration des cendres au sol avant le semis. De telles pratiques sont envisageables pour la période préhispanique, mais en aucun cas vérifiées par nos travaux.

8.3.2.3. Fertilisation par apports d'engrais

La fertilisation par apport d'engrais en bordure de lac diffère probablement de celle des parcelles du Malpaís. En effet, alors que l'habitat est pleinement intégré aux secondes – même pendant le Postclassique ancien (ex. Mich. 422) –, les parcelles de rives se situent en périphérie du site de Mich. 420. Cette organisation rend moins évidente la potentialité d'apport d'engrais, sans pour autant l'exclure. L'épandage de déchets organiques sur les champs « les plus proches »²⁴⁸ des villages est documenté par l'ethnographie (West 1948 : 39).

8.3.2.4. Hydratation des cultures

L'humidité résiduelle dans les sols téphriques des hautes terres permet une agriculture *de humedad* (voir 8.3.1.4). En revanche, l'agriculture dans les basses terres est rythmée par l'arrivée des pluies (*de temporal*). La proximité directe du lac assure toutefois une source pérenne d'eau pour la plupart des cultures vraisemblablement plantées au Postclassique ancien, et ce pendant l'intégralité du cycle végétatif.

8.3.2.5. Entretien et protection des champs

Aucun indice autre que la proximité entre champs et habitats n'a pu être mis en évidence.

8.3.2.6. Calendrier des pratiques culturelles

Le calendrier agricole hypothétique pour le Postclassique ancien est le suivant :

- 1) *Préparation de la surface cultivée*. Entre novembre et avril : entretien des terrasses. Un premier labour est envisageable à la suite de la récolte autour de novembre. Un second est vraisemblablement pratiqué peu avant ou au tout début de la saison des pluies (avril-mai).
- 2) *Semis*. Dans les hautes terres, le semis peut – comme à l'Épiclassique – être pratiqué autour de mars-avril. Hormis dans quelques champs sur les rives, les sols du piémont conservent peu d'humidité résiduelle en comparaison avec des sols téphriques. Aussi le semis doit-il être réalisé après le début des pluies, entre fin mai et juin.
- 3) *Entretien du champ*. Entre mars et novembre.
- 4) *Récoltes*. Entre novembre et décembre.

²⁴⁸ “manure [...] is spread over small parts of fields nearest the village.”

8.3.2.7. Intensité du système agraire du Postclassique ancien

L'agriculture du Postclassique ancien demeure globalement intensive et est peut-être permanente dans les meilleurs sols des hautes terres et au bord du lac. Néanmoins, si l'on s'en réfère à l'ethnographie, la plupart des sols des basses terres nécessitent vraisemblablement une rotation biennale (jachère une année sur deux) (West 1948 : 39). La rotation entre parcelles des hautes terres et des basses terres est envisageable, notamment au regard de la réduction des besoins en termes de surface pour une population alors drastiquement réduite (voir chapitre 9). En raison du peu de données claires sur la nature du système agraire, nous ne pouvons nous prononcer plus pour cette époque.

8.3.3. Stratégies agraires au Postclassique moyen

L'agriculture du Postclassique moyen marque un changement important avec les pratiques antérieures. Bien que certaines zones continuent d'être cultivées et que certains modes de culture persistent, de nouveaux espaces sont mis à profit à l'aide de nouvelles techniques. Les modifications des stratégies agraires au Postclassique moyen s'accordent bien avec l'hypothèse d'une arrivée de population dans la région à cette époque (Michelet *et al.* 2005 ; voir 2.3.2). En plus d'introduire des nouveautés en termes de céramique, d'outillage lithique, d'organisation de l'habitat ou de rites funéraires, il est envisageable que les migrants apportent également avec eux des techniques culturelles nouvelles. L'agriculture du nord du Malpaís s'organise alors essentiellement en fonction des besoins des trois grands centres urbains alors édifiés de Mich. 31 (El Malpaís Prieto), 38 (El Infiernillo) et 95 (Las Milpillas), dont une partie duquel, Mich. 96 (El Malpaís de Las Milpillas), se développe sur les fronts de lave holocène du Capaxtiro et de l'Infiernillo.

8.3.3.1. Espaces cultivés et modes de mise en culture

Au Postclassique moyen, nous estimons qu'un peu plus de 1000 ha de notre fenêtre sont mis en culture (Figure 253 et Tableau 47). Les hautes terres prévalent largement sur le bassin lacustre. Seuls les meilleurs sols des abords du paléolac sont cultivés (Phaeozems). Ils ne constituent cependant que des espaces agraires réduits et marginaux (Mich. 34-70), vraisemblablement exploités selon les mêmes modalités qu'au Postclassique ancien (8.3.2).

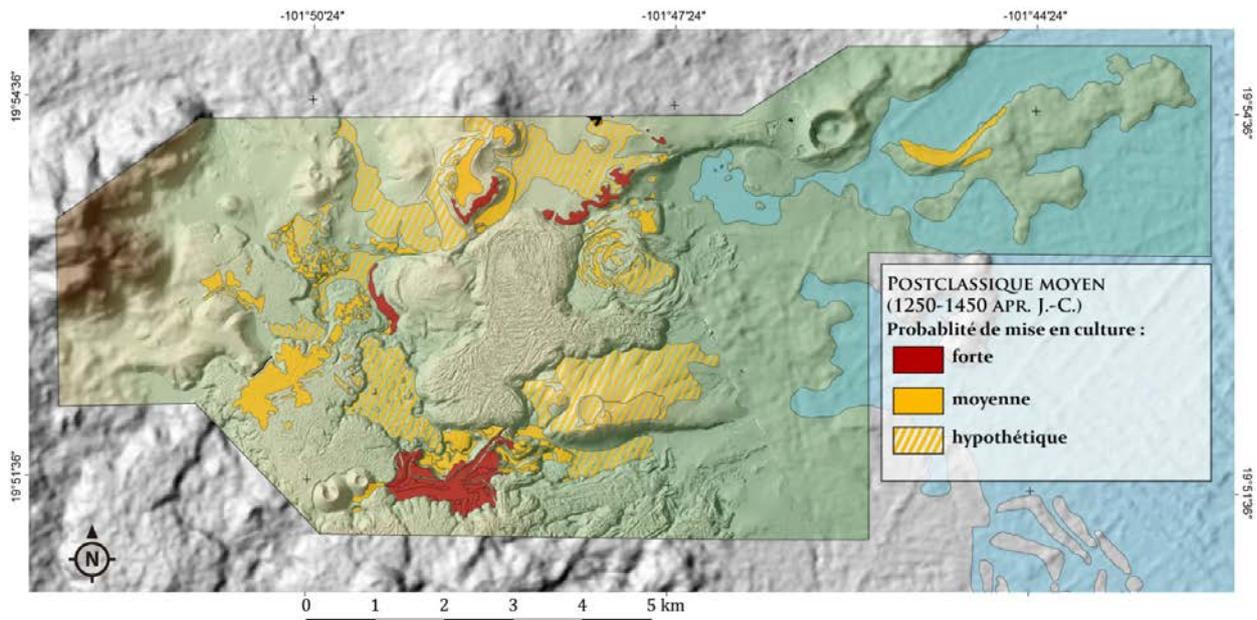


Figure 253 - Espaces cultivés au Postclassique moyen.

| Probabilité de mise en culture | Surface estimée [ha] | Pourcentages |
|---|----------------------|--------------|
| Forte | 44,6 | 1 |
| Moyenne | 238,4 | 5,4 |
| Hypothétique | 757,8 | 17,2 |
| Surface totale cultivée | 1040,8 | 23,6 |
| Surface totale cultivable (fenêtre étudiée) | 4417,2 | 100 |

Tableau 47 - Estimation des surfaces cultivées au Postclassique moyen.

En revanche, le Malpaís de Zacapu et les hautes terres qui l'environnent sont de nouveau les principaux espaces cultivés. Cependant, les sols téphriques des coulées du Pléistocène récent n'ont plus le même attrait pour les agriculteurs du Postclassique moyen que pour leurs homologues de l'Épiclassique ; ou plutôt, leur exploitation prend des formes nouvelles. Les sols de la coulée de la Mesa del Bolsón, pourtant déjà aménagés de toutes les terrasses nécessaires pour une agriculture efficace (8.3.1), sont délaissés. Nonobstant ce cas, dans le centre urbain de Las Milpillás (Mich. 95) ou la partie nord du Caracol (Mich. 68), l'agriculture sur sols téphriques se perpétue. De même, les sols analogues de Malpaísillo continuent vraisemblablement d'être exploités par les nouveaux occupants de Mich. 317, liés aux groupes qui habitent le centre de Mich. 38. L'exploitation des zones chaotiques prend alors une ampleur sans précédent, notamment au sein de ce même centre urbain. En effet, si les épierrements identifiés sur Mich. 38 ont bien une vocation agraire, leur mise en culture a

probablement une place de choix dans le système agraire de l'époque ; bien que les prémices de telles pratiques remontent peut-être à l'Épiclassique (8.2.5).

Parallèlement à l'usage des sols téphriques, certaines terrasses construites sur sols colluviques sont utilisées à des fins agricoles. Le doute persiste en ce qui concerne les terrasses de nivellement au pied du versant du Cerrito Pelón (8.1.4.3). Mais les terrasses transversales de ravines sur cette même géoforme ou entre les rides de pression du Capaxtiro sont cultivées.

L'un des changements les plus notables est le développement d'une agriculture qui met à profit les sols plus anciens et comparativement plus argileux des coulées du Pléistocène moyen (Endovertic Phaeozems et Vertisols). Tout aussi notable est le fait qu'il s'agisse de cultures qui, pour la première fois, sont clairement localisées en dehors des sites. Elles sont parfois assez éloignées des zones habitées, mais restent toujours dans la fenêtre restreinte de l'échelle locale (moins de 3 km, voir 5.1.2) et visibles des agriculteurs²⁴⁹ (*cf.* chapitre 9). Une fois encore, les pentes sont recherchées. En atteste l'aménagement de réseaux de terrasses – peut-être *via* des épierrements (8.2.4.1) – sur les épaulements des coulées du Copalillo et de la Raya, respectivement au nord de Mich. 31 et 38, ou sur le cône du Cerrito Pelón. Comme évoqué (8.1.4.1), la localisation de ces « terrasses » au sein d'établissements secondaires (ex. Mich. 31N, 417) qui encerclent de vastes espaces plans de terres fertiles, suggère qu'elles ont aussi pu être exploitées au Postclassique moyen. La poussée démographique rapide qui caractérise cette époque constitue un argument supplémentaire en faveur de cette hypothèse. En ce qui concerne Mich. 31, nous avons prouvé que pour nourrir la population urbaine, il était nécessaire de cultiver une surface bien plus grande que celle représentée par les seuls réseaux de terrasses (Dorison 2013)²⁵⁰. Il est vraisemblable que la majorité des Phaeozems aujourd'hui exploités sur la coulée du Copalillo, de La Raya, et de Los Cuarterones soient exploités au Postclassique moyen.

8.3.3.2. Préparation de la surface cultivée et amendements

Aucun changement concernant la préparation des surfaces cultivées n'est à relever pour ce qui est des sols téphriques (voir 8.3.1.2). Notons cependant que dans le cas des épierrements

²⁴⁹ Voir notamment à ce sujet le cas de Mich. 31 (Dorison 2013 : 73-74).

²⁵⁰ Cette hypothèse écarte cependant la possibilité d'une acquisition des ressources vivrières par le troc ou le tribut ; question qui est discutée au chapitre suivant.

hypothétiquement exploités sur Mich. 38, une gestion de la terre arable est possible (transport ponctuel de sol exogène pour rajeunir les profils ?).

En ce qui concerne les sols volcaniques d'altération ancienne, l'aération des horizons de surface est nécessaire. S'ils sont effectivement cultivés, il est probable qu'un ou plusieurs labours y soient réalisés. Pour ce faire, la main-d'œuvre ne manque pas, car la majorité de la population urbaine prend vraisemblablement part à l'ouvrage. Sur ces mêmes sols, les « terrasses » d'épaulement indiquent qu'un soin particulier est apporté à l'aménagement de ces formes du terrain. Comme évoqué (8.2.4.1), il est probable qu'une véritable gestion de la pierrosité soit par endroit pratiquée pour améliorer les propriétés physiques du sol et favoriser la mise en culture.

La question des amendements est plus difficile à trancher. Sur les sols d'altération ancienne, la pratique du brûlis, encore largement répandue aujourd'hui, est envisageable. Néanmoins, aucun indice pédologique n'a pu être mis en lumière par nos travaux.

8.3.3.3. Fertilisation par apports d'engrais

Aucun indice de fertilisation par engrais n'a été mis au jour par l'archéologie ou la pédologie. Toutefois, l'importance de la main d'œuvre dans les centres urbains du Postclassique moyen et l'abondance des déchets nécessairement produits par les citadins suggèrent fortement que des engrais sont disponibles et susceptibles d'avoir été épandus, au minimum sur les champs les plus proches²⁵¹. Par ailleurs, dans le cas des réseaux d'épierrements sur Mich. 38, l'imbrication des habitats au sein même de ceux-ci rend vraisemblable la possibilité de les fertiliser. Un constat similaire peut être fait pour les sols téphriques du cœur de Mich. 95.

8.3.3.4. Hydratation des cultures

L'agriculture du Postclassique moyen est essentiellement pluviale. Néanmoins, l'irrigation manuelle est possible. Dans le cas de Mich. 31, la proximité du lac (environ 2 km) et la présence de structures contemporaines au site, tant au long du talweg que sur les reliefs qui dominant le vallon sec qui conduit à celui-ci (Mich. 410, 417 et 68), sont autant d'indices de

²⁵¹ À raison d'une estimation de 200 g de fèces par jour et par personne, c'est environ 1 tonne d'engrais qui est quotidiennement produite par les quelques 5000 habitants de Mich. 31 uniquement et qui est donc exploitable pour les besoins agricoles. On peut ajouter à ce calcul les excréments produits par les dindons domestiques, qu'on sait relativement nombreux au minimum sur ce même site (Manin 2015). Les ressources disponibles pour la fertilisation organique sont donc assez conséquentes au Postclassique moyen pour qu'au moins une partie ait pu être destinée à un épandage sur les champs.

son importance pour les habitants des hautes terres (Dorison 2013, 2016). De fait, au-delà de sustenter très probablement la population urbaine, l'eau du lac peut aussi servir à arroser ponctuellement et manuellement les champs. De même, le point d'eau temporaire mis en lumière par notre étude au pied de Mich. 31 peut avoir un usage similaire à la saison humide²⁵². Par ailleurs, il a déjà été suggéré que les digues et le canal identifiés sur la coulée du Copalillo puissent servir à gérer le ruissellement ; si tant est qu'ils soient préhispaniques (7.1.2 et 8.2.6.2). Enfin, nos entretiens avec les agriculteurs actuels et la pédologie de certains sols cultivables au nord du Prieto (texture limoneuse et horizons vertiques profonds) indiquent que des zones localisées bénéficient d'une certaine humidité résiduelle assurant une mise en culture avant le début des pluies (agriculture *de humedad*).

Pour ce qui est du centre de Mich. 38, l'eau est potentiellement disponible dans la dépression au nord du site (puits au pied de la Mesa del Bolsón). De plus, les sols de celle-ci, issus de colluvions, présentent eux aussi une propension à retenir l'humidité qui permet une agriculture *de humedad*. En témoigne la luzerne [*Medicago sativa*] que l'on cultive actuellement. Par ailleurs, si l'on considère la coulée d'El Infiernillo sans son couvert végétal actuel – tel qu'à l'époque préhispanique –, les épierrements à sa surface partiellement protégés du vent et hypothétiquement occupés par des plantes cultivées, se comportent vraisemblablement comme autant de pièges potentiels pour l'humidité et la chaleur – au regard des processus de convection (transferts de matière [H₂O] à la surface du sol) et de conduction (transferts de chaleur) (Parcevaux et Huber 2007 : 83-85 et 138-139)²⁵³.

Dans le cas de Mich. 95-96, les rives du lac sont plus éloignées (environ 4 km, soit 1h30 aller-retour), mais reste une source d'irrigation manuelle potentielle. Ici encore, les sols téphriques présentent naturellement une bonne capacité au champ (humidité résiduelle).

8.3.3.5. Entretien et protection des champs

En ce qui concerne l'entretien et de la protection des espaces cultivés, les stratégies diffèrent selon le centre urbain considéré.

Au sein du site de Mich. 95, dans la partie basse cultivée, on retrouve la logique épiclassique. Les champs se développent dans les *joyas* ceintes par des affleurements, sur

²⁵² L'usage du point d'eau temporaire pour l'agriculture est toutefois douteux dans la mesure, à la saison humide, l'eau de pluie est par essence disponible. Un usage pour les activités domestiques est plus probable.

²⁵³ Cette hypothèse demande cependant à être vérifiée par des mesures de terrain, au même titre que la question même de la mise en culture de ces épierrements.

lesquels sont perchées les habitations. Accès aux cultures, entretien et surveillance en sont facilités. De plus, la situation du centre urbain entre la coulée du Prieto au nord, et celles, en partie aménagées de terrasses résidentielles, du Capaxtiro au sud et de l'Infiernillo à l'ouest, lui confèrent une position enclavée, où la visibilité des habitants est inévitablement tournée vers l'intérieur du site. En outre, le corridor de La Cañada – accès naturel au site depuis les rives du paléolac – n'est vraisemblablement que peu occupé par des aménagements du Postclassique moyen²⁵⁴. Il est même possible que les groupes de cette époque aient au contraire restreint l'accès à leur site (voir 9.1.2.2).

De façon similaire pour Mich. 38 les cultures intra-site facilement entretenues et protégées, semblent privilégiées. Si les épierrements sont bien des parcelles, elles sont intégrées à la trame urbaine. Leurs bordures constituent autant de chemins d'un réseau viaire permettant de circuler entre les champs (Zimmer 2016). C'est aussi le cas dans les espaces réutilisés par les populations du Postclassique moyen sur la coulée de Malpaísillo. Les champs sont à proximité directe des habitats.

Cependant, à l'inverse du cas de Mich. 95, les agriculteurs de Mich. 38 cultivent également en dehors des limites de la trame urbaine, autour et probablement au sein de la dépression qui se trouve au nord du site. De même, les habitants de Mich. 31 cultivent indéniablement en dehors du centre urbain, sur le plateau du Copalillo qui s'étend face au site. L'entretien et la protection de ces zones impliquent allées et venues des agriculteurs à leurs champs. La surveillance est moins facile que pour les cultures intra-site pratiquées ailleurs. Pourtant, bien qu'aucun indice matériel de délimitation de parcelles n'ait été identifié, soulignons la visibilité des champs depuis Mich. 31 et 38 et l'existence de sites subordonnés au premier (Mich. 31N, 417).

8.3.3.6. Calendrier des pratiques culturelles

Le calendrier agricole hypothétique pour le Postclassique moyen est le suivant :

- 1) *Préparation de la surface cultivée.* Entre novembre et mars-avril : entretien des terrasses et des surfaces cultivées au sein des épierrements sur Mich. 38. Un premier labour est envisageable sur les sols anciens à la suite de la récolte autour de décembre. Un second est vraisemblablement pratiqué sur l'ensemble

²⁵⁴ L'organisation des groupes de structures à l'est de l'établissement suggère une datation à l'Épiclassique (voir 7.3.3).

des surfaces exploitées peu avant la saison des pluies dans le cas des zones *de humedad* ou au tout début de celle-ci (avril-mai) pour les sols les plus argileux. Si un brulis est pratiqué, il a vraisemblablement lieu à la fin de la saison sèche, en avril.

- 2) *Semis*. Sur les sols téphriques ou colluviques à humidité résiduelle, le semis peut être pratiqué autour de mars-avril. En bordure de lac et sur les sols d'altération ancienne retenant peu l'humidité – notamment sur les Vertisols, probablement trop durs en saison sèche pour les outils préhispaniques –, le semis est réalisé après le début de la saison de pluies, entre mai et juin.
- 3) *Entretien du champ*. Entre mars et novembre.
- 4) *Récoltes*. Entre novembre et décembre.

8.3.3.7. Intensité du système agraire du Postclassique moyen

Suivant les critères de l'agriculture permanente proposés par Netting (1993), on note pour le Postclassique moyen que :

- 1) déplacements et manipulations des sols (*moving and manipulating soil*) à des fins agricoles sont attestés par des terrasses et des épierrements. Néanmoins, contrairement à ce qu'on observe à l'Épiclassique, la généralisation de ces pratiques n'est pas certaine. Les sols d'altération ancienne potentiellement cultivés sur les étendues planes des coulées du Pléistocène récent ne nécessitent pas de manipulation autre qu'un labour.
- 2) La gestion de l'eau (*regulating water*) demeure cruciale. Les « terrasses » d'épaulement le prouvent, de même que le choix des zones cultivées (humidité résiduelle des sols téphriques).
- 3) Comme pour l'Épiclassique, la fertilisation des sols et des cultures (*restoring or increasing soil fertility*) n'a pu être catégoriquement prouvée mais est très probable (voir *supra* 8.3.3.3).
- 4) L'ethnographie et l'ethnohistoire suggèrent que la polyculture est pratiquée (*multi-cropping*) et la diversité des contextes géopédologiques exploités (*microenvironments*) est plus grande encore que pendant l'Épiclassique.
- 5) Si, à proprement parler, aucun système de protection individuel des champs (*protection of plants*) – de type clôture – n'a pu être identifié, l'organisation spatiale des établissements urbains par rapport aux cultures qu'ils exploitent

témoigne d'une volonté de contrôle de celles-ci. Cette question sera plus amplement détaillée dans le chapitre suivant.

Ainsi, beaucoup d'espaces agraires du Postclassique moyen satisfont les critères d'une agriculture permanente. Toutefois, la permanence de la mise en culture d'année en année dépend des contextes exploités, dont la variété est plus grande qu'aux époques précédentes. La plupart des sols téphriques (*joyas* et épierrements sur Mich. 38 notamment) sont potentiellement cultivés en continu, sous réserve d'un entretien régulier et d'apport d'engrais. Sur les sols d'altération ancienne, la mise en jachère est nécessaire ; à moins que la main-d'œuvre potentielle n'assure un apport d'engrais tel qu'il permette de pallier l'épuisement des sols. Mais cette hypothèse est difficilement concevable (voir 9.2.4.4).

Par ailleurs, comme aux époques précédentes, l'agriculture peut être en grande partie intensive. En témoigne l'exploitation des *joyas* sur Mich. 95 ou 68, les épierrements sur Mich. 38 (de façon hypothétique) ou encore les réseaux de « terrasses » d'épaulement. Nous estimons par ailleurs que la main-d'œuvre agricole est telle que même des champs relativement éloignés des zones d'habitat peuvent bénéficier d'un entretien régulier et relativement intensif. Cependant, les indices indirects suggèrent que cette époque est aussi caractérisée par la nécessité d'une agriculture plus extensive, sur les coulées du Pléistocène ancien des hautes terres (9.2.4.4).

8.3.4. Impacts de l'agriculture préhispanique sur la morphogénèse des paysages zacapenses

Les trois paragraphes précédents indiquent que, quelle que soit l'époque, les agriculteurs ont intensément modifié le nord du Malpaís de Zacapu et ses environs pour façonner leurs paysages agraires. *A fortiori*, les défrichements originels, la culture qui s'en est suivi – quasiment continue pendant huit siècles –, la déprise agricole de la fin de l'Épiclassique, puis l'abandon définitif des cultures à la fin du Postclassique moyen, ont eu des répercussions fortes sur la morphogénèse des géoformes exploitées à l'époque préhispanique. Toutefois, notre travail ne s'est pas concentré directement sur cette question, mais sur la compréhension des paysages agraires de manière synchronique, en considérant chaque époque indépendamment. La diachronie n'a été incorporée que par la comparaison de ces époques. En outre, notre méthodologie n'a pas été mise en place dans la perspective de comprendre la transition entre chacun de ces états ou l'évolution des géoformes au cours de leur utilisation comme supports de l'agriculture. Cependant, certains de nos profils pédologiques montrent

des indices d'érosion des sols et permettent donc d'aborder la question de l'impact de l'agriculture préhispanique sur les paysages ; par ailleurs largement discutée dans les hautes terres volcaniques du Michoacán (Street-Perrott *et al.* 1989 ; O'Hara *et al.* 1993 ; Pollard *et al.* 1994 ; Fisher *et al.* 2003).

En tout et pour tout, quatre contextes nous renseignent sur l'érosion des versants :

- 1) le versant sud-est du Cerrito Pelón, (UT 115, profil P2 et observations complémentaires à la tarière) ;
- 2) le versant est de la coulée du Copalillo (UT 123) ;
- 3) le sommet de la Mesa del Bolsón (P8) ;
- 4) les ravines sur la Mesa El Pinal, Las Minas et le Cerrito Pelón.

Tous témoignent d'évènements particulièrement morphogènes : la déprise agricole de la fin de l'Épiclassique et l'abandon des cultures au Postclassique moyen. Néanmoins, certains reflètent aussi des cas de stabilisation anthropique des versants. Tous sont localisés dans les hautes terres et sont caractérisés par des sols téphriques. Aussi, avant discuter des témoins d'érosion révélés par nos sondages, exposons rapidement ce que l'on sait de l'évolution des versants dans des contextes comparables.

8.3.4.1. Taux d'érosion des sols volcaniques

Tout au long de la période étudiée, les sols téphriques ont été préférentiellement choisis pour l'agriculture (8.1.4.2). Ces sols sont facilement redistribués le long des versants lorsqu'ils sont dénudés et secs (Shoji *et al.* 1993 : 55-58 ; voir 6.3.3.1 et 8.1.4.3). Par ailleurs, la mise en culture préhispanique implique nécessairement 1) un défrichement originel pour planter les parcelles et 2) une exposition partielle ou totale²⁵⁵ de la surface du sol à la suite de la récolte. Pour toutes ces raisons, les sols téphriques constituent de bons indicateurs des mouvements de matière, lorsque les contextes culturels dans lesquels ils s'inscrivent sont connus.

Un rapide survol de la littérature s'intéressant aux taux d'érosion des sols (Bocco 1991 ; Thomas 1994 ; Goudie 1995) et plus précisément des sols téphriques (Tableau 48), permet de constater que la déperdition « normale » (sols non-labourés avec couverture d'herbacées ou *mulch*) s'échelonne entre 0,3 et 0,9 t·ha⁻¹·an⁻¹²⁵⁶. Le taux d'érosion des sols

²⁵⁵ Partielle en cas de pratique de *mulching* par exemple.

²⁵⁶ tonne par hectare par an.

téphriques cultivés est plus élevé. Les valeurs vont de 1,2 à 4,4 t·ha⁻¹·an⁻¹, selon la nature des pratiques culturales.

| | Anujo (bassin de Patzcuaro) Tapia <i>et al.</i> 2002 | Cointzio (Sud-est Morelia, Michoacan) Bravo-Espinosa <i>et al.</i> 2009 |
|---|---|--|
| Sols concernés (WRB) | Andosols | Acrisols (plus argileux) |
| Durée du monitoring | 1996-1998 | 2002-2004 |
| Pente [°] | 5 2,7 | 4,5 4,2 - 4,4 |
| Érosion [t·ha ⁻¹ ·an ⁻¹] | (jachère) 0,3 (<i>mulching</i>) | (polyculture et rotation) 0,9 (jachère 2002 et 2004) |

Tableau 48 - Référentiel utilisé pour les taux d'érosion des sols téphriques

Nous avons confronté les taux d'érosion théoriques de nos contextes d'étude avec ce référentiel. Pour ce faire, nous avons d'abord calculé – pour chacun des sondages où un évènement érosif a été identifié – la masse surfacique (σ) du volume de terre accumulé depuis l'abandon supposé du sol d'occupation préhispanique. Nous l'avons ensuite divisé par le nombre d'années écoulées jusqu'à la date de la fouille pour obtenir une moyenne annuelle. Le calcul est détaillé ci-après.

1) Calcul de la masse surfacique σ en g·cm⁻² :

$$\sigma = \rho \times e$$

où ρ correspond à la masse volumique (*i.e.* densité apparente) en g·cm⁻³ ;
et e à l'épaisseur en cm.

2) La masse surfacique σ a ensuite été divisée par le nombre d'années écoulées depuis l'abandon t :

$$\frac{\sigma}{t} = \tau_m$$

où τ_m correspond au taux d'érosion moyen annuel, exprimé ici en g·cm⁻²·an⁻¹.

Le résultat a finalement été multiplié par 10 pour être exprimé en t·ha⁻¹·an⁻¹ ; unité plus courante dans les études sur l'érosion (Thomas 1994). Ces taux offrent des ordres de grandeur indicatifs pour pouvoir formuler des hypothèses. Ils ne constituent en aucun cas une véritable étude de l'érosion des versants après l'abandon des cultures préhispaniques.

8.3.4.2. Ravinement et mise en culture préhispanique

Les premiers contextes discutés sont les espaces marqués par le ravinement. Les ravines se forment dans les zones de convergence des cours d'eau temporaires (ruissellement). Elles résultent de la rupture de l'équilibre entre la cohérence du sol et la force du ruissellement (Patton et Schumm 1975, cité par Bocco 1991 : 393). De par leur perméabilité, les sols téphriques présentent une bonne résistance à ce phénomène (Shoji *et al.* 1993 : 201). Dans la zone étudiée, les ravines sont ainsi préférentiellement associées aux contextes géopédologiques les plus anciens, plus argileux (sols vertiques).

Le phénomène de ravinement est par ailleurs fondamentalement considéré comme une résultante de l'activité humaine (Bocco *ibid.*). Dans le contexte zacapense, on aurait donc tendance à corréliser les zones de ravines avec les aménagements agraires préhispaniques. De fait, les versants intensément terrassés de Las Minas, de la Mesa El Pinal ou du Cerrito Pelón sont tous marqués par ce type d'érosion. Cependant, lorsque l'on observe plus précisément ces versants on s'aperçoit en réalité que la plupart des ravines ont été aménagées de terrasses (*cf.* 8.2.2.2). Ainsi, celles-ci s'étaient déjà formées lorsque les versants ont été mis en culture.

Ce constat n'exclut pas pour autant la possibilité que ces formes d'érosion résultent de l'activité humaine. Les enregistrements lacustres indiquent en effet que le défrichement régional débute dès 2000 av. J.C. (Arnauld *et al.* 1994). Ainsi, le ravinement des géoformes comprises à l'intérieur de la zone de chalandise du lac (Mesa El Pinal) a peut-être été initié à la suite de ces premiers défrichements, et donc, dans les premiers temps de l'agriculture. Toujours est-il que la construction postérieure – possiblement épiclassique – des terrasses agricoles sur la Mesa El Pinal a permis une relative stabilisation des sols pendant le temps de leur exploitation, freinant *de facto* le ravinement. Le même constat peut être formulé pour les versants du Cerrito Pelón et de Las Minas. Dans ce dernier cas, la visite de Mich. 428 par Quezada a néanmoins prouvé que la reprise de l'érosion après l'abandon du site (fin de l'Épiclassique) a provoqué l'effondrement de certaines des terrasses implantées en travers des talwegs (Quezada, comm. pers.).

Plus largement, en dehors des cas de stabilisation des versants à moyen terme, d'autres ravines semblent résulter de l'agriculture préhispanique. C'est notamment le cas des deux grandes ravines procédant d'un même phénomène érosif au nord du Malpaís Prieto. La première scinde en deux le versant Est du Cerrito Pelón. Dans sa continuité, en aval, une seconde découpe la coulée du Copalillo. Les terrasses de Mich. 319 (Cerrito Pelón) ont été

fortement modifiées par la formation de la première ravine. Cela indique que le phénomène a dû commencer – ou s’aggraver – après l’abandon de cette partie du site. L’incertitude des datations place donc cet évènement soit au cours du Postclassique ancien, soit au début de l’époque coloniale. Par ailleurs, les champs actuels semblent avoir été organisés dès l’origine autour de la seconde ravine, corroborant ainsi l’hypothèse de la formation relativement ancienne de celle-ci. Par extrapolation, un scénario similaire peut être proposé pour les ravines qui entaillent le versant ouest du Cerrito Pelón et la coulée de La Raya, bien qu’aucune preuve matérielle de destruction des vestiges préhispaniques n’ait été constatée dans ces cas. Il en va de même pour les *carcavas* au nord du Pelón.

En revanche en ce qui concerne les *carcavas* formées au pied des cônes de La Raya et de Los Cuarterones (6.3.2.1), on peut se demander si elles résultent uniquement de l’abandon des cultures préhispaniques. En effet, dans les deux cas, l’érosion est très nettement concentrée au pied du versant sud, dont les sols sont dépourvus de couvert forestier. Or, les bosquets de chênes qui occupent les versants nord des cônes présentent des morphologies similaires aux forêts qui se sont développées ailleurs par dessus les sites préhispaniques. La formation des *carcavas* est donc vraisemblablement postérieure à la recolonisation végétale et, par extension, au départ des groupes préhispaniques de la zone. Nonobstant ce constat, il est clair que le défrichement préhispanique est la cause initiale de l’exposition des sols²⁵⁷.

En résumé, en accord avec ce que propose Fisher *et al.* (2003) pour le bassin de Pátzcuaro, nous estimons que le ravinement a été provoqué ou aggravé par les défrichements agricoles, mais pas par la culture elle-même. Au contraire, lorsque les terrasses ont été exploitées, elles ont permis une relative stabilisation des versants. C’est leur abandon qui a induit les évènements morphogènes enregistrés dans les profils pédologiques dont nous discutons ci-après.

8.3.4.3. La déprise agraire de la fin de l’Épiclassique

L’Épiclassique est une époque d’intense remodelage des formes du terrain. L’érosion provoquée par la déprise agricole forcée par l’éruption du Prieto au tournant du X^e siècle doit être identifiable dans les enregistrements sédimentaires (ex. zones de dépression). Toutefois,

²⁵⁷ Nous supposons que l’érosion différentielle à la faveur de la recolonisation forestière est probablement le fruit de conditions micro-climatiques, liées à la différence d’exposition entre les versants nord et sud.

notre objectif n'ayant pas été la recherche de tels contextes²⁵⁸, nos informations sont minces concernant cet évènement.

De nos sondages, seul P8, ouvert dans la dépression sommitale de la Mesa del Bolsón, fournit peut-être un tel enregistrement. Il est toutefois peu probant. Comme évoqué (P8, 6.3.1.2), un nodule de terre compactée et un alignement de pierres à environ 80 cm de profondeur suggèrent que le sol d'occupation épiclassique a pu se situer à ce niveau. En admettant la validité de l'hypothèse, nous calculons un taux d'érosion moyen entre l'abandon supposé (vers 850-900 apr. J.-C.) et l'actuel (2014, année du sondage) d'environ $0,7 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{an}^{-1}$, pour une pente de $4,5^\circ$ en amont. En d'autres termes, il s'agit d'un taux plutôt bas, relativement cohérent avec une érosion modérée des versants. S'il corrobore l'hypothèse d'un sol d'occupation enterré, il présente peu d'intérêt pour discuter d'un éventuel phénomène morphogène lié à l'abandon des terrasses en amont. De fait, la moyenne lisse les variations du taux d'érosion au cours de ce long laps de temps (plus de 1000 ans), et masque les évènements brusques potentiels. De plus, rien n'indique que la sédimentation qui recouvre le sol supposé ne soit pas le fruit d'un nivellement anthropique, contemporain de l'occupation du site.

Le cas du Cerro de Las Flores fournit un autre indice. Les fouilles d'autres membres du projet dans le cœur cérémoniel de Mich. 416 ont révélé des taux de sédimentation impressionnants (Pereira *et al.* 2018 ; voir 6.3.3.1). Outre le fait que ces taux soient liés à la position de stock du site archéologique dans un renforcement du relief, ils sont peut-être révélateurs de l'érosion consécutive de l'abandon des terrasses identifiées en amont du centre cérémoniel.

En résumé, la déprise agricole de la fin de l'Épiclassique a sans doute provoqué une érosion accrue des versants cultivés. En témoigne partiellement l'effondrement des terrasses de ravines sur Mich. 428. Néanmoins à ce jour, aucun enregistrement n'atteste de façon fiable un évènement morphogène conséquent.

8.3.4.4. L'abandon définitif des cultures préhispaniques

À la fin du Postclassique moyen, la microrégion est très largement abandonnée, et avec elle, la *quasi* totalité des espaces jusqu'alors cultivés. Cet abandon définitif des cultures a

²⁵⁸ À titre indicatif, les dépressions localisées au pied de la coulée du Prieto sur les flux plus anciens de La Mesa del Bolsón ou du Caracol notamment, constituent des zones où l'enregistrement sédimentaire est potentiellement intéressant.

provoqué un évènement morphogène important et, semble-t-il, relativement rapide. En témoigne avant tout la mise en place ou l'exacerbation de phénomènes de ravinement.

Par ailleurs, certains sondages pédologiques réalisés sur la coulée du Copalillo et le versant du Cerrito Pelón permettent de calculer des taux d'érosion annuels moyens relativement significatifs. Ils suggèrent un phénomène de sédimentation anormalement important. La fouille de l'UT115 – conduite sur une terrasse dans une pente de 5° sur le bas versant du Cerrito Pelón – a en effet mis au jour un sol d'occupation préhispanique recouvert par 70 cm de sédimentation. Le taux de déperdition annuel s'élève à 1,13 t·ha⁻¹·an⁻¹. Il est plus important que la « normale » théorique (0,3 - 0,9 t·ha⁻¹·an⁻¹). Une valeur similaire de 1,12 t·ha⁻¹·an⁻¹ a été calculée pour l'UT123 (7.1.3), excavée sur une terrasse présentant un sol ancien dans une pente de 5°. Dans ces deux contextes, l'effondrement de la terrasse impacte la moyenne. Néanmoins, le sondage à la tarière B1278 localisé au pied du versant du Cerrito Pelón, en aval d'une pente de 8°, a révélé un taux identique de 1,12 t·ha⁻¹·an⁻¹, malgré l'incertitude inhérente à la technique de prélèvement²⁵⁹. Ainsi, bien qu'il s'agisse de moyennes, ces estimations suggèrent que l'érosion des versants concernés a été plus importante qu'elle n'aurait théoriquement dû l'être entre l'abandon des cultures préhispaniques et l'époque actuelle.

Cette hypothèse est corroborée par la stratigraphie du sondage P2, creusé en contrebas du Cerrito Pelón dans une zone quasiment plane (pente < 2°). Le profil a révélé un horizon Ab enfoui sous deux horizons à classe texturale plus grossière, qui présentaient des indices de colluvionnement (éléments grossiers) et des tessons de céramique plus anciens que dans les horizons sous-jacents (*cf.* 7.1.2.2). Des observations à la tarière autour du sondage ont permis de constater que le phénomène pouvait être généralisé à une bande colluviale de 200 à 300 m de large, s'étalant au pied du Cerrito Pelón. Il témoigne d'un évènement érosif particulièrement important et rapide. En effet, de par la perméabilité, la porosité et la texture des sols téphriques ici concernés, seuls des volumes de terre assez réduits auraient théoriquement dû être mis en mouvement dans une situation d'érosion normale. En théorie toujours, les fines pellicules de terre déplacées auraient dû être rapidement intégrées aux horizons de surface des *solums* recouverts, grâce au *turnover*²⁶⁰. Par conséquent, pour qu'un horizon soit enfoui dans un tel contexte, il faut nécessairement qu'il ait été recouvert par un

²⁵⁹ Dans le cas d'un sondage à la tarière, le sol peut être tassé lors du prélèvement, impliquant une fiabilité moindre de la mesure. Par ailleurs, l'identification du sol ancien, fondée sur la présence d'un niveau vraisemblablement compacté, est autrement moins sûre que dans un contexte fouillé.

²⁶⁰ Cette dernière hypothèse est notamment corroborée par les études menées sur les Andosols de la Sierra du Chichinautzin, où il a été démontré que les dépôts successifs de tephres, lorsqu'ils sont modérés, ne stoppent pas la pédogénèse mais contribuent au contraire au rajeunissement des profils (Peña-Ramirez *et al.* 2015).

flux de matière assez rapide et assez volumineux pour que l'activité biologique n'ait pas pu mélanger celle-ci avec l'horizon occulté. Nous estimons que c'est ce qui s'est produit dans le profil P2 et, par extension, dans l'ensemble de la frange colluviale du pied du Cerrito Pelón. La céramique rencontrée dans la stratigraphie tend à corroborer cette hypothèse.

En résumé, l'abandon définitif de la majorité des cultures préhispaniques au début du xv^e siècle apr. J.-C. a entraîné un phénomène d'érosion important dont les répercussions sont visibles dans le paysage. Il s'agit 1) d'un colluvionnement accru au pied des versants présentant des sols téphriques et 2) de l'exacerbation du ravinement en aval sur les sols argileux (vertiques).

8.4. SYNTHÈSE DU CHAPITRE 8

Enjeux agronomiques et réponses des agriculteurs préhispaniques.

La plupart des sols de la région de Zacapu sont fertiles. Dans les hautes terres, les sols volcaniques peuvent être grossièrement regroupés en deux catégories : les sols téphriques issus de dépôts de cendre récents (Andosols, Cambisols, Phaeozems) et les sols d'altération ancienne (Vertisols et assimilés). Les couvertures pédologiques anciennes présentent des restrictions liées à la teneur importante en argiles gonflantes (dessiccation/engorgement des Vertisols). L'aération des horizons cultivés et le drainage des espaces confinés sont des pratiques nécessaires pour la mise en culture des zones les plus marquées par la vertisolisation. Les « terrasses » d'épaulement matérialisent peut-être des techniques préhispaniques d'aération de ces contextes. Les sols téphriques et colluviques plus récents sont quant à eux sensibles à l'érosion et présentent un drainage interne rapide. Le principal enjeu agronomique consiste dans ce cas à limiter l'érosion hydrique tout en conservant l'humidité dans les sols. Les nombreux types de terrasses documentés constituent des réponses pratiques à ces problèmes. La rétention des phosphates dans les sols à propriétés andiques est aussi problématique. Il est cependant plus difficile de juger de la prise de

conscience préhispanique de ce souci ou des stratégies déployées pour y pallier sans protocole d'analyses chimiques systématiques. Enfin, les zones chaotiques et affleurements (Leptosols) constituent aussi une contrainte agricole majeure des hautes terres. De nombreux aménagements agraires permettent cependant de tirer profit de ces contextes. Des épierrements/dégagements d'espaces plans et des transports de terres, attestés pour l'habitat, ont très probablement été également entrepris pour l'agriculture.

Dans les basses terres lacustres, les sols des îles sont anciens. Les Vertisols sont majoritaires. Sur ceux-ci, les problématiques agronomiques sont les mêmes que dans les hautes terres. Des aménagements témoignent de l'exploitation des contextes géopédologiques les plus favorables (ex. Phaeozems sur colluvions), mais les exemples sont beaucoup plus rares. Au bord du lac, la principale restriction est la superficialité de la nappe phréatique et sa fluctuation. Aucune stratégie agraire préhispanique pour outrepasser ces problèmes n'a pu être identifiée au cours de notre étude. En outre, les restrictions liées à l'hydromorphie sont encore d'actualité dans certaines zones où les drains artificiels n'ont qu'une efficacité limitée. Ainsi, malgré la fertilité des sols limniques, les risques pour les récoltes demeurent importants encore aujourd'hui.

Une opposition entre hautes et basses terres se dégage de notre étude, tant au niveau agronomique qu'en termes de nombre de vestiges. Rappelons toutefois que la taphonomie a joué un rôle important. Dans le bassin lacustre, l'occupation préhispanique est occultée par les recouvrements sédimentaires et tronquée par la destruction des horizons de surface par les machines agricoles. Dans les hautes terres, la difficulté à entreprendre une agriculture tractée et mécanisée dans les *malpaises* a au contraire contribué à une meilleure conservation de l'information archéologique. En dépit de ces constats, il existe une réelle différence quantitative et qualitative en termes de vestiges entre hautes et basses terres (voir chapitre suivant).

Une brève histoire de l'agriculture préhispanique zacapense.

Il n'est pas impossible que l'agriculture ait été pratiquée dans les hautes terres volcaniques de Zacapu avant le VII^e siècle apr. J.-C. (Arnauld *et al.* 1994). C'est toutefois au cours de ce siècle que se sont concrétisées les ambitions culturelles des groupes humains de l'Épiclassique, qui façonnèrent alors des paysages agraires remarquablement structurés par de très nombreuses terrasses. Quelques deux siècles seulement après ce vaste chantier (et bien qu'elle n'en soit pas forcément l'unique raison), l'éruption du volcan de Malpaís Prieto précipite le

départ des populations et laisse la microrégion pour ainsi dire vide d'habitants. Une poignée d'agriculteurs perpétue néanmoins l'agriculture sur les sols téphriques pendant une partie du Postclassique ancien, mais nous ne sommes pas encore en mesure de juger de la continuité tout au long de la période.

Avec l'arrivée des groupes allochtones au Postclassique moyen et le phénomène d'urbanisation, la zone connaît une restructuration profonde. Les hautes terres continuent d'être privilégiées pour l'occupation et l'exploitation agricole mais des espaces nouveaux sont mis en culture et d'autres délaissés. Les groupes urbains exploitent les couvertures pédologiques plus anciennes et déploient vraisemblablement une agriculture plus extensive (voir chapitre suivant). Ils développent par ailleurs des formes d'aménagements des zones chaotiques comme jamais auparavant. L'édification du site de Mich. 31 sur la coulée à peine refroidie de Malpaís Prieto en est l'expression la plus probante. En outre, bien que nos arguments pour le démontrer soient encore très minces, il est envisageable qu'une forme d'exploitation agraire d'envergure soit entreprise sur la coulée de l'Infiernillo, peut-être héritée de pratiques épiclassiques.

À peine deux siècles plus tard, les centres urbains sont abandonnés. Le départ des paysans entraîne une déprise agricole généralisée. Cet événement a vraisemblablement eu des conséquences importantes sur la morphogénèse des paysages actuels. Cependant, les indices que nous avons collectés en parallèle de notre étude des aménagements agraires ne nous permettent pas d'être univoque sur ce point. Peu de temps après, la Colonisation espagnole commence autour de la source de Cuarún. Les modalités de l'agriculture à cette époque encore mal cernée demeurent difficiles à appréhender dans l'état actuel des connaissances.

9. DES PAYS PAS SI MAUVAIS

“ [...] *decid a Tariácuri que esté en el lugar que está, que aunque sea pedregales que todo es buena tierra, que allí primero se hace y granan los maizales, que en otra parte, y los melones, y las semillas de bledos. „*

Jerónimo de Alcalá, *Relation de Michoacán* (2001 [c. 1540] : 435).

Nous avons ouvert ce travail en nous demandant pourquoi le nord du Malpaís de Zacapu et ses environs étaient quasiment déserts avant son urbanisation au XIII^e siècle (2.3.3). Nous cherchions à comprendre si ce *hiatus* dans l'occupation correspondait à une réalité historique ou à un manque dans nos connaissances. L'étude spatiale que nous avons conduite (chapitre 7) – grandement augmentée des travaux des autres membres du projet –, a prouvé qu'il y avait du vrai dans les deux propositions. La recherche avait jusqu'ici omis un important foyer de peuplement épiclassique. Mais nous avons aussi mis en lumière l'abandon presque total de la zone au Postclassique ancien ; vraisemblablement forcé par l'éruption du Malpaís Prieto (Mahgoub *et al.* 2018).

Par ailleurs, à l'heure où les données indiquaient encore l'absence d'engouement pour peupler la zone, nous nous étions interrogé sur les raisons de cette apparente dépréciation. Notre approche géopédologique (chapitre 6) et notre étude de l'appropriation des espaces agraires dans la diachronie (chapitre 8), ont démontré que le nord du Malpaís était loin d'être déprécié, et qu'il était même plus attractif que les rives du paléolac.

Cet ultime chapitre a pour objectif d'ouvrir une discussion sur les implications de nos résultats dans le partage des espaces et plus généralement pour les sociétés préhispaniques qui peuplaient le Malpaís. Dans un premier temps, nous discutons des deux hypothèses originellement proposées pour expliquer la colonisation tardive du Malpaís (2.3.3) : l'inhospitalité du lieu du point de vue agronomique et son caractère intrinsèquement

défensif. Nous mettons ensuite en regard nos estimations de population et les rendements hypothétiques pour juger des modes de découpage territoriaux dans la diachronie.

Dans notre développement, nous serons amené à mettre en regard essentiellement l'Épiclassique et le Postclassique moyen, en un va-et-vient constant. Le Postclassique ancien, mal documenté, ne sera évoqué qu'à titre indicatif. Ainsi, pour établir des comparaisons pertinentes entre les deux époques, nous avons définis un site-type représentatif de chacune : Mich. 318 pour l'Épiclassique et Mich. 31 pour le Postclassique moyen. Ce choix a été motivé par le caractère monophasé de ces établissements, qui limite les incertitudes chronologiques, et par le bon niveau de connaissance que nous avons pour chacun d'eux.

9.1. DES MAUVAIS PAYS POUR SE PROTÉGER :

DE L'INSÉCURITÉ À LA TERRITORIALITÉ AU SEIN DU MALPAÍS DE ZACAPU

Avant notre étude, la première interprétation donnée pour expliquer les raisons du peuplement tardif du Malpaís était fondée sur l'idée d'une nécessité de protection croissante à Zacapu au Postclassique : le Malpaís constituait un refuge.

Pour rappel, cette hypothèse défensive s'insère dans la logique de la fluctuation de la frontière nord de Mésoamérique. Dans cette perspective, les populations migrantes qui s'installent – ou se réinstallent – dans le bassin de Zacapu au Postclassique, apportent avec elles des us septentrionaux et, notamment, une vision guerrière de la société (Michelet *et al.* 2005). En construisant sur les *malpaises* de grands centres urbains, elles reproduisent en un sens le schéma d'établissement Chalchihuites, nucléé, centralisé, fortifié, mais aussi et surtout révélateur d'un climat d'insécurité. L'hypothèse est renforcée par la nature belliqueuse des relations entre les populations qui transparait dans la *Relation de Michoacán*, dès les premiers temps de l'installation des Uacúsechas à proximité de Zacapu (Alcalá 2000).

Comme nous allons le détailler (9.1.1), de nombreux aspects de l'archéologie zacapense appuient cette interprétation. Les résultats de nos travaux nous invitent néanmoins à discuter certains aspects (9.1.2). De fait, la découverte d'un foyer de peuplement épiclassique recule de plusieurs siècles la colonisation initiale de la zone et soulève la question du besoin de protection pour cette période. Par ailleurs, le dépeuplement massif de la phase Palacio indique que les nouveaux arrivants du XIII^e siècle colonisent un espace globalement vide ; ce qui remet en question l'idée de potentielles tensions entre groupes autochtones et allochtones. Ces nouvelles données, plus précises quant à la répartition spatiale des vestiges aux différentes époques, ouvrent par extension sur la question de la territorialité aux échelles locale et microrégionale.

9.1.1. Stratégies de dissuasion et de défense dans le Malpaís de Zacapu

Au-delà de la vision un peu trop réductrice d'un simple transfert des valeurs guerrières vers le Centre-Nord, on ne peut nier le caractère défensif des centres urbains du Malpaís. Leurs caractéristiques (spatiales, architecturales...) satisfont un certain nombre des critères reconnus comme témoins d'une situation d'insécurité entre ou au sein des communautés humaines considérées.

Les questions de l'insécurité, des conflits, et de la guerre étant récurrentes en archéologie, de nombreux chercheurs se sont attelés à en identifier les indices matériels. Notre objectif n'est pas ici de faire la synthèse de cette information conséquente (Brown et Stanton 2003). Nous nous contentons de reprendre la liste de ces indices, non-exhaustive mais pertinente, constituée par Jonathan Haas (2001) :

- 1) la position géographique et l'organisation spatiale des sites ;
- 2) les structures à vocation défensive et/ou dissuasive ;
- 3) les sépultures de masse et les tombes guerrières ;
- 4) les lésions ostéologiques sur les défunts ;
- 5) les marqueurs de site (*site markers*) (ex. champs de bataille, destructions intentionnelles...) ;
- 6) les accessoires guerriers (ex. armes...) ;
- 7) et les représentations iconographiques.

Nous développons ces indices pour le cas zacapense dans les paragraphes qui suivent. Une synthèse est proposée en fin de sous-partie dans le Tableau 49.

9.1.1.1. Position géographique et visibilité

Nous regroupons les deux premiers critères de Haas (2001) sous l'appellation « indices spatiaux de l'insécurité ». La synthèse de ceux-ci proposée par Michelle Elliott (2005) pour la vallée de Malpaso – importante région Chalchihuites où les sites s'articulent autour du centre de La Quemada – nous semble pertinente. Reprenant l'idée selon laquelle le concept de guerre

« ne se limite pas à des structures politiques ou sociétés spécifiques, mais peut au contraire s'exprimer à n'importe quelle échelle »²⁶¹ (Webster 2000 : 72), Elliott définit deux niveaux :

- 1) les « stratégies de dissuasion et de défense à bas coût » (*low-cost strategies for deterrence and defense*), qui s'expriment par la tendance des sociétés à se réunir dans des sites à habitat nucléé, en position topographique dominante ;
- 2) et les « stratégies de dissuasion et de défense à coût supérieur » (*higher-cost strategies for deterrence and defense*), qui sont matérialisées par des systèmes de fortification/barrage et/ou de signalisation intersites positionnés sur des hauteurs.

Deux points sont donc soulignés. D'une part, la tendance au regroupement des populations – notamment autour de places fortes ou de citadelles refuges – ; d'autre part, la visibilité – tant pour voir arriver l'ennemi, que pour lui montrer ostensiblement la puissance et le potentiel protecteur d'un site. Au regard de ces observations, les habitants des centres urbains du Malpaís ont développé au moins des stratégies de défense à bas coût, voire à coût supérieur, lorsqu'on considère l'effort nécessaire à l'aménagement des coulées de laves récentes.

Pour ce qui est du Postclassique moyen, tous les centres urbains – ou au moins une partie – sont construits sur des zones en élévation par rapport à leurs environs, au sommet des coulées de lave. Mich. 31 et 23 constituent les exemples les plus probants. Leurs terrasses d'habitat de plusieurs mètres de haut surplombent un vaste espace plan – respectivement le plateau du Copalillo et la ciénega. Dans un cas comme dans l'autre, la zone plane en contrebas constitue le seul côté par lequel le site est accessible. Sur tous leurs autres côtés, Mich. 31 et 23 sont protégés par un chaos de rochers. Leurs positions offrent en outre des vues imprenables, et le couronnement des deux établissements par des pyramides leur confère un caractère ostentatoire indéniable. Notons toutefois l'expansion de Mich. 31 hors de ses « murs », dans la mesure où plusieurs sites qui lui sont vraisemblablement subordonnés se développent sur le plateau du Copalillo, en position basse (Mich. 31N, 417, 426 et 319).

La position dominante est plus discutable pour les cas de Mich. 38 et Mich. 95-96. Nous avons vu qu'une partie de Mich. 95-96 se trouve en effet en hauteur, sur les coulées du Capaxtiro et de l'Infiernillo (7.3.3). Toutefois, la majorité du site est encaissée, encerclée par

²⁶¹ “War so defined is not limited to any particular kind of polity or society and may occur on any scale.”

les fronts de lave des coulées adjacentes. L'aspect défensif n'en est pas moindre, car l'accès à cette « vallée protégée » se fait depuis un défilé à l'est (La Cañada), facile à contrôler. Dans le cas de Mich. 38, la position dominante est assurée par le front de lave de la coulée sur laquelle le site repose. Le front oriental est relativement imposant, avec des dénivelés de plus de 30 m par endroits. Bien que marqué aussi, le front occidental est davantage perméable, car il est ponctué de systèmes d'accès nombreux, peut-être aménagés dès l'Épiclassique. L'accès préférentiel au site se trouve au nord, où le dénivelé est moindre. Néanmoins, pris dans l'ensemble, Mich. 38 comme Mich. 95-96 ne sont pas à proprement parlé dominants par rapport à leurs environs. Leur visibilité est en effet assez réduite par les reliefs, plus imposants, qui les entourent. Soulignons à cet égard l'ouverture préférentielle du champ de vision des trois centres urbains de notre fenêtre d'étude vers le nord (voir *infra*).

La propension à l'établissement en position dominante n'est toutefois pas propre au Postclassique. La plupart des sites épiclassiques sont aussi construits sur des hauteurs (ex. Mich. 317, 318, 68[?], 432[?], 427). Soulignons à ce titre les imposants fronts de lave ouest et nord de la Mesa del Bolsón, qui bordent le site et limitent fortement son accessibilité sur ces côtés. Notons aussi le front protecteur de Mich. 317 ou la position dominante de Mich. 427. Néanmoins, au regard des aménagements agraires, on note une nette tendance à l'étalement dans le paysage à cette période (8.3.1). Cette tendance est largement plus réduite au Postclassique moyen. Seul Mich. 31 présente, comme nous l'avons vu, un *hinterland* agricole. Mich. 95-96 et 38 sont globalement refermés sur eux-mêmes.

9.1.1.2. Regroupement des populations et organisation interne des sites

Le renfermement de Mich. 38 et Mich. 95-96, mais aussi celui de Mich. 31 *stricto sensu*²⁶², matérialise clairement la tendance au regroupement des populations qui caractérise le Postclassique moyen. En effet, du point de vue de l'organisation interne, tous les centres urbains possèdent une densité d'habitat particulièrement importante (Forest 2014). Mich. 31 est le plus dense avec environ 25 bâtiments cellulaires à l'hectare, dont la grande majorité est habitable (Forest *ibid.* : 544). Tous les centres présentent par ailleurs des limites clairement définies, quasiment de tous côtés. Soulignons à cet égard les escarpements du front de lave de l'Infiernillo qui entoure Mich. 38, les murs de lave qui enclosent Mich. 95-96, et le front terrassé de Mich. 31. Dans ce dernier cas, nous avons vu qu'il existe plusieurs systèmes d'accès (7.1.2), qui assurent potentiellement un retranchement rapide des populations des sites

²⁶² C'est-à-dire en omettant les sites satellites du plateau du Copalillo.

satellites vers le centre-citadelle en cas de nécessité. Enfin, la présence de multiples structures de stockage dans les centres urbains, exceptionnelles aux périodes précédentes (Michelet et Forest 2012) peut aussi être interprétée comme un marqueur de stress.

À l'Épiclassique en contrepartie, la densité de l'habitat est bien plus faible. Nous avons calculé une densité d'environ 1,5 à 1,7 maisons/ha pour Mich. 318 ; soit environ 10 fois moins que pour Mich. 31. De plus, bien que parfois regroupées – autour de *patios* notamment –, les habitations sont toujours dispersées à l'intérieur des limites du site. En outre, à l'échelle locale, malgré le paysage fortement ondulé des hautes terres, la logique semble alors être à l'étalement plus qu'à l'agglomération. L'occupation épiclassique constitue un *continuum* dans toute la partie ouest de notre fenêtre d'étude.

9.1.1.3. Structures défensives

Outre les terrassements du front de lave sur Mich. 31, certaines structures ont pu être interprétées comme défensives au Postclassique moyen. Elles ont toutefois été identifiées en dehors des centres urbains. Dès les années 1980, un imposant mur entourant un promontoire avait été identifié et interprété comme un refuge potentiel sur le site d'El Caracol (Mich. 68) (Michelet 1983 [fiche de site originelle] ; Migeon 1991). Cet aménagement a été vérifié sur le terrain et présente bel et bien un caractère défensif (*cf.* groupe B de Mich. 68, 7.1.8). Un aménagement similaire, mais non vérifié *in situ*, apparaît sur le LiDAR à l'est de Mich. 95-96, à l'entrée du corridor de La Cañada – accès au site le moins bien protégé. Enfin, dans les années 1980 encore, Migeon notait l'existence d'un mur important sur Mich. 317, qu'il interprétait comme un « lieu de surveillance et/ou une fortification »²⁶³ sans toutefois pouvoir l'associer à une phase chronologique (Migeon 2016 : 67). Les fouilles ont montré que l'aménagement est en réalité une terrasse monumentale (Pereira *et al.* 2016, *cf.* 7.2.2). Son édification remonte peut-être à l'Épiclassique, mais son dernier état date du Postclassique moyen. À l'instar des terrasses de Mich. 31, le caractère défensif de l'ouvrage réside dans sa position dominante et ostentatoire au sommet de la levée, à la limite de la rupture de pente.

En dehors de ces exemples plutôt probants, rappelons – toujours pour le Postclassique moyen – l'existence d'un possible chemin de ronde longeant le front de lave du Caracol et protégeant ainsi Mich. 68 (7.1.8). Son identification reste toutefois très hypothétique. Dans cette même zone, mais de l'autre côté du vallon sec qui mène au paléolac, Mich. 417 présente aussi un long mur de terrasse dont la fonction de parapet a été soulevée (7.1.3.2).

²⁶³ [...] [*un muro grueso*] interpretado como un lugar de vigilancia y/o una fortificación.

Notons finalement qu'en considérant les trois centres urbains comme une entité unique, on s'aperçoit que tous les vestiges à caractère défensif l'encerclent ; à l'est (Mich. 95-96, 68, 417), au nord (Mich. 31), et à l'ouest (Mich. 317). Ils forment une ceinture protectrice. La défense de la frange sud est quant à elle assurée par la coulée du Capaxtiro.

A contrario, aucune structure épiclassique n'a clairement pu être identifiée comme présentant une vocation défensive. Soulignons néanmoins le caractère ostentatoire que devaient revêtir les plateformes monumentales de sites comme Mich. 427 ou 416.

9.1.1.4. Tombes guerrières et équipement guerrier

Aucune trace de massacre n'a été identifiée à Zacapu. Pour autant, les zones funéraires ne sont pas dépourvues d'informations pour discuter de la nature belliqueuse des populations.

Les armes et attributs guerriers sont clairement identifiés dans les contextes épiclassiques. On retrouve fréquemment des pointes de projectiles dans les sépultures²⁶⁴ (Pereira 1999, 2007 : 374), les zones cérémonielles (Pereira *et al.* 2018), ou à proximité de l'habitat (Pereira *et al.* : 101 ; Dorison et Michelet 2015 : 105). Des individus ont pu être identifiés sans équivoque comme des guerriers au sein de complexes funéraires élaborés (cistes et chambres collectives), associés à de riches ensembles mobiliers (Pereira 1999, 2007). Ainsi, le complexe funéraire du site de Guadalupe (Mich. 215), dans les *lomas*, a fourni des corpus comprenant des flèches, des poignards, des éléments de préhension de propulseurs et des casse-têtes en pierre ; autant d'objets façonnés dans des matériaux exotiques (silex, calcédoine, coquillage...) (Pereira 2007). La récente fouille de Mich. 416 confirme cette tendance, notamment au travers de la découverte de 31 pointes de projectile à l'intérieur du centre cérémoniel (Pereira *et al.* 2018).

À l'inverse, les armes et accessoires guerriers sont quasiment absents des corpus datés du Postclassique moyen, et les pratiques d'inhumations sont moins prestigieuses (en pleine terre ou en urnes). L'ethnohistoire foisonne pourtant d'épisodes d'affrontements sanglants menés par les guerriers Uacúsechas (Alcalá 2000). L'utilisation de *porras* – casse-têtes de bois – et celle d'arc aux flèches en obsidienne – par ailleurs hautement symboliques (Darras 1998) – y sont attestées (ex. Acuña 1987, *Relation de Pátzcuaro*) ; tout comme l'importance du cérémoniel qui entoure l'inhumation des guerriers (Pereira 2007). Si les *macanas* ont pu

²⁶⁴ Préférentiellement celles des hommes adultes au regard des fouilles du complexe funéraire de Mich. 215 dans les *lomas* (Pereira 1999, 2007).

disparaître du registre archéologique faute de conditions propices à la conservation du bois, il n'en va pas de même pour les pointes en obsidienne, pourtant totalement absentes des corpus du Postclassique moyen retrouvés en fouille (Piaux 1989 ; Pereira *et al.* 2013, 2014). Cette rareté résulte peut-être d'un traitement particulier inhérent à leur valeur symbolique. Seule la découverte d'*omichicahuaztli*²⁶⁵ – connus chez les Mexicas comme objets rituels associés aux inhumations de guerriers (Seler 1991 [1898] cité par Pereira 2005 : 295) – suggère que certains individus pouvaient être considérés comme tels.

Il existe donc une nette opposition entre l'Épiclassique, où les accessoires guerriers sont nombreux dans les tombes, et le Postclassique moyen, où l'identification des combattants au travers des vestiges associés est plus difficile. Selon Pereira (2007), cette situation reflète une évolution des pratiques. L'auteur souligne le contraste entre l'ostentation des pratiques pré-sépulcrales pour les individus morts au combat décrites dans les textes ethnohistoriques et le peu d'accessoires guerriers observé dans les tombes du Postclassique moyen. Il note en parallèle l'exception notable que constitue le cas des funérailles du roi tarasque, lequel est inhumé avec de riches offrandes d'armes. Pereira suggère par conséquent que l'appauvrissement des tombes guerrières au Postclassique moyen se fait au profit de l'émulation de la personne du roi, alors seul bénéficiaire d'un privilège auparavant plus répandu. L'auteur souligne finalement que cela ne reflète aucunement la diminution des conflits. Les traces ostéologiques évoquent plutôt l'inverse.

9.1.1.5. Lésions ostéologiques

La meilleure preuve d'une recrudescence des conflits armés au Postclassique moyen provient de la collection ostéologique issue des sépultures excavées par Lumholtz à la fin du XIX^e siècle sur le site de Mich. 23 (El Palacio) (Lumholtz et Hrdlička 1898) et étudiée par Pereira (2005). Sur les 63 crânes de la collection, Pereira en dénombre 19 qui présentent des lésions (30 % du corpus). Parmi ceux-ci 17 sont ceux d'hommes adultes. En comparaison, l'auteur souligne que sur le site classique de Mich. 215, seuls 7 crânes sur 43 sont traumatisés (16 %), sans différenciation de genre ou d'âge particulière. Les lésions des crânes postclassiques sont majoritairement le résultat de coups assénés au niveau de l'os frontal par des objets contondants – attestant *de facto* de combats au corps-à-corps –, ou bien sont associées à l'explosion de projectiles en obsidienne. Si les individus ont pour la plupart survécu à leurs blessures, les fractures non consolidées d'un des crânes témoignent d'une

²⁶⁵ Os longs striés pouvant servir d'instruments de musique.

mort violente. Selon Pereira, il est donc raisonnable de proposer que ces individus aient fréquemment pris part à des combats. Pour autant, et malgré l'association des crânes Lumholtz à des *omichicahuaztli*, l'auteur ne peut être catégorique quant à l'attribution d'un statut de guerrier aux individus concernés.

9.1.1.6. Marqueurs de site

Enfin, en ce qui concerne les marqueurs de site, aucune trace tangible de champ de bataille n'a pu être identifiée, quelle que soit l'époque considérée. L'incendie volontaire de certaines structures a toutefois été proposé pour le Postclassique moyen. La pyramide principale (J7) du centre de Mich. 31 présente de fait des indices de combustion importants (Pereira *et al.* 2012 : 33), sans pour autant que ce feu n'ait pu être clairement mis en relation avec des actions belliqueuses ou des destructions liées à l'abandon.

| Indice d'insécurité (selon Haas 2001) | Epiclassique | Postclassique moyen |
|---|--|--|
| Position géographique et organisation spatiale | Position dominante des sites ; tendance à la dispersion des habitats et étalement dans le paysage. | Position dominante des sites ; ostentation notable ; regroupement des populations. |
| Structures défensives | Aucune identifiée. | Terrasses ostentatoires ; éperons fortifiés ; possibles parapets. |
| Tombes guerrières et accessoires guerriers | Tombes prestigieuses ; riche mobilier à caractère guerrier. | Tombes plus simples ; quasiment aucun accessoire guerrier. |
| Lésions ostéologiques | Peu d'individus traumatisés, sans différenciation de genre ou d'âge. | Nombreux traumatisés ; indices de combats ; majorité d'hommes adultes. |
| Marqueurs de sites Iconographie | Aucun identifié. Aucune connue. | Possibles incendies volontaires. Nombreuses représentations de combats dans les textes ethnohistoriques plus tardifs. |

Tableau 49 - Synthèse des indices d'insécurité à l'Épiclassique et au Postclassique moyen

9.1.2. Des indices de défense aux indices de territorialité : limites de l'interprétation défensive et discussion

À la lumière des points exposés ci-dessus, il existe donc un contraste marqué entre l'Épiclassique et le Postclassique moyen. À l'Épiclassique, le guerrier devient une figure de prestige. On l'enterre en grande pompe dans une tombe somptueuse avec un mobilier riche et exotique. Pourtant, mis à part l'emplacement de certains sites sur des hauteurs, les indices d'insécurité sont rares. Le Postclassique moyen matérialise une situation radicalement opposée. Le guerrier est difficilement identifiable dans les tombes et les armes disparaissent

du registre archéologique. En parallèle, les indices spatiaux, les traumatismes sur les squelettes, et les textes ethnohistoriques concordent tous pour indiquer que les conflits sont alors monnaie courante.

Dans cette perspective, le choix fait au Postclassique de construire sur *malpaís* pour se protéger prend sens. En outre, on constate bel et bien les indices matériels d'un souci de défense et d'ostentation. Demeure cependant une interrogation de taille : de qui se protège-t-on ? Pour tenter de répondre à cette question, nous avons dressé une liste des concurrents potentiels des centres urbains (9.1.2.1). Cette synthèse nous a conduit à penser que la rivalité s'exprime probablement plutôt entre les centres eux-mêmes qu'à plus large échelle. De fait, outre l'ostentation perceptible dans l'architecture et l'organisation des établissements urbains, les indices spatiaux aux alentours de ceux-ci montrent qu'un certain degré de territorialité existe vraisemblablement entre eux (9.1.2.2). Nous avons ensuite comparé la situation postclassique avec l'Épiclassique (9.1.2.3) et constaté que le contraste entre époques observé en fouille et dans les tombes s'exprime aussi au niveau spatial.

9.1.2.1. Concurrents potentiels des centres urbains du nord du Malpaís

Afin d'identifier de possibles opposants aux centres urbains du Malpaís, nous recherchons nécessairement des sites d'ampleur comparable. Rappelons à cet égard que, guerriers professionnels ou non, les habitants des centres urbains représentent des forces de plusieurs milliers. Si 100% des structures d'habitat ont été occupées en même temps, on compte 4500 à 5500 habitants pour Mich. 31, 4000 à 5000 pour Mich. 95-96, et 7000 à 9000 pour Mich. 38 (*cf.* 7.6). Même en considérant un pourcentage d'habitats contemporains plus bas ou en admettant qu'une partie de la population (ex. enfants, vieillards...) ne prend pas part aux échauffourées, nous restons sur des groupes de combattants hypothétiques supérieurs au millier.

Par ailleurs, nous pouvons penser que des groupes humains opposés devraient *a priori* afficher leurs différences d'une manière ou d'une autre. Néanmoins, ce point est difficile à attester archéologiquement, car ces différences ne s'expriment pas forcément au niveau matériel. Dans notre cas, la culture matérielle de la phase Milpillas est perçue comme homogène (Michelet *et al.* 1989 ; Darras 1999 ; Jadot 2016a). Rien n'atteste l'existence de différences d'ordre ethnique entre les centres urbains et plus largement entre les sites du Postclassique moyen. Deux hypothèses sont possibles. La première est, au regard de l'homogénéité typologique des vestiges, que les quatre centres urbains sont alliés. La seconde

est qu'ils ne le sont pas et que les traces matérielles ne sont pas révélatrices des différences qui les opposent (ex. ethniques, idéologiques, politiques...).

- *Compétition exogène*

Considérons d'abord l'hypothèse selon laquelle le Malpaís et ses quatre centres urbains constituent un ensemble homogène, allié. Dans cette perspective, nous recherchons des sites typologiquement différents et/ou localisés en dehors du Malpaís et de ses environs directs. Il est envisageable que des concurrents aient pu exister dans d'autres parties du bassin de Zacapu. Des sites sont notamment documentés par l'ethnohistoire au XVI^e siècle sur les rives sud et est (Warren 1985 ; Espejel 2011). Archéologiquement, la rive orientale est peu connue, mais la rive méridionale est densément peuplée en phase Milpillas (Migeon 1991, 1998 ; Arnauld et Faugère 1998). Là se trouvent notamment les villages indigènes actuels de Tiríndaro et Naranja. Ils sont probablement les héritiers des sites archéologiques du Postclassique moyen découverts sur le piémont des reliefs méridionaux (Mich. 1, 2, 4[?], 6, 7, 11, 15, 16, 17, 20, 53, 306, 309, 312[?]) (Arnauld et Faugère *ibid.* : 21). La *Relation de Michoacán* rapporte en outre que les villages coalisés de Naranja et Comanja, localisé un peu plus à l'est, ont chassé les nouveaux arrivants uacúsecha de la région (Alcalá 2000). Cet épisode correspond peut-être à une réalité historique que serait l'opposition entre les Uacúsecha des centres urbains du Malpaís et les autochtones de la rive sud du bassin. Néanmoins, l'archéologie de cette zone est encore lacunaire.

Un autre opposant potentiel est le site de Los Hornos (Mich. 87). Hors du bassin, à environ 15 km au sud-ouest du Malpaís, l'établissement présente un type standardisé de structures d'habitat circulaires, qui tranche avec les maisons quadrangulaires du Malpaís (Michelet et Saumur 2015 : 201). À ce jour, l'estimation maximale de sa démographie tourne autour du millier d'habitants²⁶⁶. L'effectif suffirait pour concurrencer un seul des quatre centres urbains du Malpaís, mais pas les quatre coalisés. Par ailleurs, la chronologie de Mich. 87 est encore peu fiable. Il semble plus clairement associé à la fin de l'Épiclassique et surtout au Postclassique ancien (Michelet et Saumur *ibid.* : 195).

Peut-être faut-il chercher les ennemis des sites du Malpaís plus loin encore ? À cet égard, notons la vallée proche de Chilchota ; importante à l'époque du contact (Acuña 1987

²⁶⁶ Estimation fondée sur la cartographie préliminaire réalisée par Michelet et Saumur (2015), qui permet de dénombrer près de 200 structures habitables. En reprenant les règles de calcul proposées par Kolb *et al.* (1985), on peut supposer 5 à 6 personnes par maison, soit un peu moins de 1000 (5x200) à 1200 (6x200) habitants.

[1579] : 104), bien qu'archéologiquement mal documentée (Michelet 1998 : 48). Mieux étudié est le bassin adjacent de Pátzcuaro, bien que des lacunes persistent en ce qui concerne le Postclassique moyen (Pollard 2008). Le site d'Angamuco en particulier présente une morphologie et une organisation spatiale comparables aux cités zacapenses (Bush 2012 : 26-27 ; Fisher et Leitz 2013 ; Fisher *et al.* 2017). Sa densité d'habitat et son ampleur, le placent au rang d'important foyer de peuplement du Postclassique moyen. Il constitue, par extension, un opposant envisageable.

Peut-être ne cherche-t-on pas à se protéger de populations sédentaires, mais des groupes chichimèques nomades venus du nord (Migeon 1998 : 43 ; Faugère 1996) ? L'hypothèse, intéressante au regard de la position de Zacapu à la frontière du royaume tarasque au XVI^{ème} siècle (Warren 1985 ; Faugère 1996), reste difficile à soutenir archéologiquement. Bien que des indices suggèrent une présence chichimèque au sud du Lerma (Faugère *ibid.*), aucun vestige d'attaque n'a été décelé ; pas plus que d'indices de populations nomades aux alentours du Malpaís.

- *Compétition endogène*

Considérons à présent que les sites du Malpaís et de ses environs puissent être opposés, malgré l'homogénéité typologique des vestiges. Nous avons évoqué plus haut le conflit entre les Uacúsecha et les autochtones de Naranja et Comanja raconté dans la *Relation de Michoacán* (Alcalá 2000). En considérant que le texte relate ici une réalité historique déformée, nous pourrions supposer qu'au-delà de Naranja et Comanja, les sites autochtones ont pu entrer en conflit avec les bâtisseurs des centres urbains. De fait, les établissements occupés de façon continue avant et après l'arrivée des migrants (c'est-à-dire pendant les phases Palacio puis Milpillas) ont nécessairement été d'abord habités par des groupes endogènes. Dans les limites de notre fenêtre d'étude, seul le site de Mich. 317 a peut-être été occupé en continu du Postclassique ancien au Postclassique moyen (7.2.2). L'occupation paraît cependant très réduite en phase Palacio. Il n'aurait pas été en mesure de rivaliser avec les nouveaux arrivants. Le site de Mich. 34-70, pressenti un temps comme concurrent potentiel, est quant à lui bien trop réduit et strictement contemporain du phénomène urbain.

En revanche, hors de notre fenêtre, le centre urbain de Mich. 23 constitue un concurrent plausible. Il présente déjà une occupation en phase Palacio (Migeon 1991, 1998 ; Forest 2014 ; Forest 2018). Il est de fait envisageable que les cités du Malpaís aient pu être en compétition entre elles, expliquant ainsi l'urgence du besoin de protection et les indices de

conflits. Migeon soulève indirectement la question en proposant, comme évoqué, de découper trois entités politiques distinctes (Migeon 1998 : 43) :

- les trois cités du nord du Malpaís (Mich. 31, 38 et 95-96) formeraient une première entité ;
- le centre urbain de Mich. 23 contrôlerait le sud du Malpaís et les rives méridionales du bassin ;
- tandis que le reste des hautes terres occidentales fonctionnerait de manière autonome.

Cette ultime hypothèse est la plus solide. Les données LiDAR lui donnent aujourd'hui un crédit supplémentaire, car elles suggèrent une absence *quasi* totale de vestiges entre le nord et le sud du Malpaís. Ils ont cependant pu être occultés ou détruits par les occupations postérieures de la partie du piémont tectoniquement soulevée. La coulée du Capaxtiro constitue par ailleurs une barrière naturelle. Enfin, la localisation des ouvrages défensifs en périphérie des établissements du nord du Malpaís va elle aussi dans ce sens. Les reliefs fortifiés à l'est de Mich. 95-96 et entre Mich. 68 et 417 permettent vraisemblablement de contrôler voire de limiter l'accès aux hautes terres depuis la plaine, chemin le plus évident entre Mich. 23 et les centres du nord du Malpaís.

Parallèlement à cette hypothèse et au-delà du découpage de Migeon, notre étude suggère que des tensions ont aussi pu exister au sein même de notre fenêtre restreinte, entre les trois centres urbains du nord. Leur inscription dans la microrégion fournit en effet des indices de délimitations territoriales entre ceux-ci que nous discutons ci-après.

9.1.2.2. Indices de territorialité au Postclassique moyen

La notion de défense et d'ostentation est perceptible au travers de l'architecture et de la position géographique des centres urbains du nord du Malpaís. Leur proximité – moins de 2 km les uns des autres – a amené les chercheurs avant nous à les regrouper (Migeon 1998). Comme évoqué, cette idée est corroborée en un sens par la culture matérielle de la phase Milpillas, au sein de laquelle ne transparait pas de diversité ethnique flagrante (Michelet *et al.* 1989 ; Darras 1999 ; Jadot 2016a). Toutefois, au niveau spatial aux échelles locale et microrégionale, notre étude révèle des indices qui suggèrent leur différenciation, voire un certain degré de territorialité. Aussi proposons-nous que chaque centre possédait une certaine

autonomie vis-à-vis de ses voisins, une identité propre. Nous ne remettons pas en question pour autant l'existence de relations ; notamment au niveau économique comme nous le détaillons ci-après (9.2). Outre l'aspect défensif des sites, nous considérons trois critères révélateurs de leur séparation : la répartition spatiale des vestiges, la visibilité, et l'accessibilité entre les centres urbains.

- *Répartition spatiale des vestiges contemporains des centres urbains*

Au-delà des limites de sites clairement matérialisées pour le cas des centres urbains (ex. fronts de lave, terrasses monumentales...), ceux-ci sont séparés les uns des autres par des zones-tampons au sein desquelles la quantité de vestiges est limitée, se résumant principalement à des aménagements agraires isolés (ex. réseaux de terrasses) (Figure 254). La datation de ces vestiges isolés demeure toutefois incertaine dans de nombreux cas. En outre, si l'ampleur de l'occupation Milpillan autour de Mich. 31 et 38 est relativement bien connue, la question est plus floue entre Mich. 38 et 95-96, où la présence du site de Mich. 439, non daté, est problématique. Mis à part ces lacunes et en admettant que Mich. 439 est plus ancien²⁶⁷, les centres urbains sont nettement séparés les uns des autres.

Cette idée transparait de façon sensible dans l'organisation des espaces environnants Mich. 31 et 38. La zone tampon d'environ 1,8 km de large qui sépare les deux établissements ne présente pas d'aménagement daté de la phase Milpillan. Quelques réseaux de terrasses sur le front de lave méridional de la coulée de la Raya sont peut-être contemporains, mais il est remarquable qu'aucun vestige postclassique n'ait été retrouvé sur la Mesa del Bolsón (Mich. 318) ; pourtant sondée et prospectée de façon systématique. Cette absence de structure à l'interface entre les deux centres est d'autant plus probante lorsqu'elle est mise en regard de l'expansion de Mich. 31 vers le nord, au travers de la colonisation du plateau du Copalillo par des établissements annexes qui lui sont liés (Mich. 31N, 417, 319, 426 [?]).

²⁶⁷ Comme nous le supposons au regard de la morphologie des structures observables sur le LiDAR.

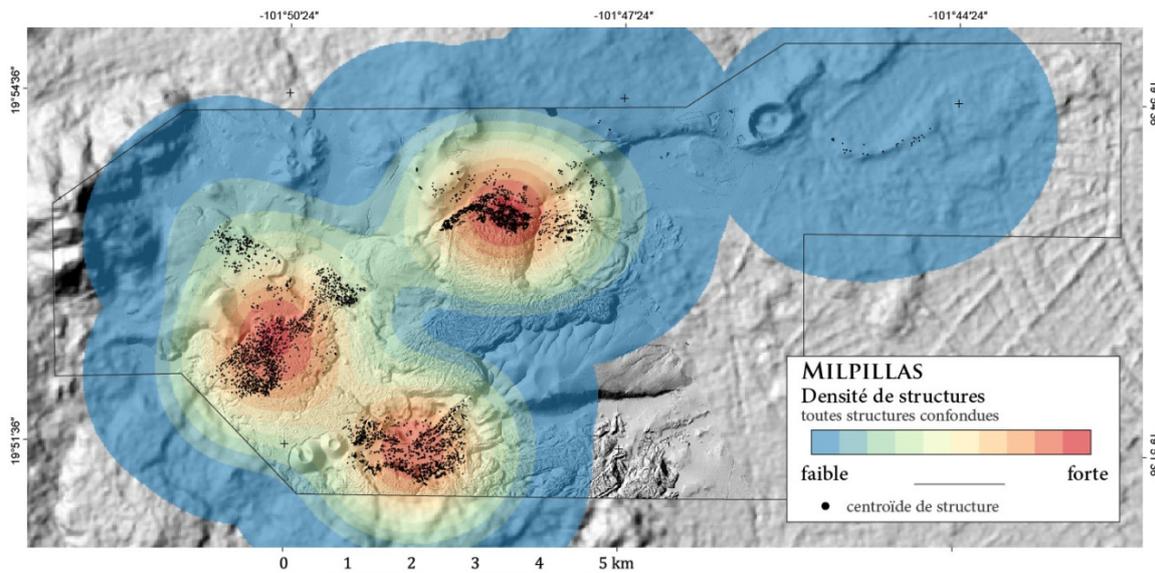


Figure 254 - Densité de structures en phase Milpillas (dans un rayon de 2 km).

Une zone-tampon similaire, d'environ 2 km, sépare Mich. 38 et 95-96. Bien que la question de l'occupation postclassique de Mich. 439 soit problématique, soulignons que les aménagements correspondant à Mich. 38 se concentrent sur la partie occidentale de la coulée de l'Infiernillo. Ainsi, quand bien même Mich. 439 aurait pu permettre le lien entre les deux centres, un *no man's land* d'au moins 500 m de large, constitué de roches chaotiques à peine colonisées par la végétation, s'étendait entre eux.

Finalement, est-il réellement nécessaire de nous appesantir sur le caractère imposant de la coulée du Prieto et la difficulté à circuler à sa surface, pour mettre en exergue la ségrégation qu'elle marque entre Mich. 31 et 95-96 ?

- *Visibilité entre les centres et ouvertures potentielles*

Les données LiDAR permettent de réaliser des analyses fines de l'intervisibilité entre sites. Nous avons simulé cette visibilité dans un rayon de 10 km pour chacun des centres, en considérant trois points d'observation intra-site de manière à rendre compte du champ de vision maximal de chacun²⁶⁸ (Figure 255).

²⁶⁸ Nous avons systématiquement choisi des points d'observation en hauteur (ex. sommets de pyramides ou de buttes naturelles ou artificielles), et considéré un observateur d'environ 2 m (ex. homme monté sur un rocher).

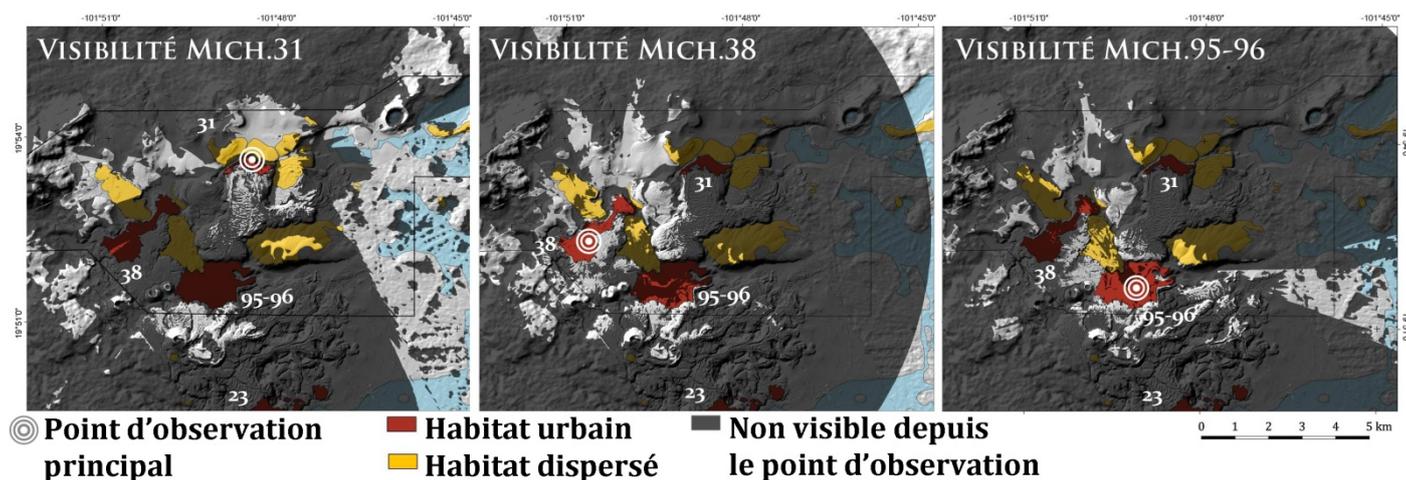


Figure 255 - Champs de vision des centres urbains.

Il est intéressant de noter qu’aucun des trois centres ne voit clairement ses voisins (Tableau 50). Mich. 31 est visuellement le plus isolé. Il ne voit pas les autres centres et n’est pas vu. Mich. 38 et 95-96 se voient mutuellement de façon partielle. Les habitants de Mich. 95-96 entrevoient environ 7% de la superficie totale de Mich. 38, contre 16% de Mich. 95-96 vus par Mich. 38. Cet isolement visuel des trois établissements peut révéler d’une certaine autonomie entre les populations qui les occupaient.

| Site d’observation considéré | Surface visible | | |
|------------------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| | Mich. 31 [38 ha] | Mich. 38 [140 ha] | Mich. 95-96 [210 ha] |
| Mich. 31 | | 3% | 0% |
| Mich. 38 | 1% | | 16% |
| Mich. 95-96 | 0% | 7% | |

Tableau 50 - Visibilité des centres urbains entre eux.

Par ailleurs, en dehors de l’intervisibilité, les champs de vision constituent des indices de l’ouverture préférentielle des centres vers les espaces hors site. De fait, le champ de vision de Mich. 31 est très nettement tourné vers le nord et surtout l’est – sur le plateau du Copalillo, la zone de Cuarún et plus largement la ciénega. Il coïncide donc avec la répartition des aménagements qui sont vraisemblablement subordonnés au centre. En outre, la simulation du champ de vision depuis ces sites satellites élargit la visibilité dans ces directions – nord et est –, mais pas vers le centre urbain voisin de Mich. 38. Ce dernier, pour sa part, couvre visuellement les hautes terres occidentales et les coulées de la Raya et du Coyotillo-Durazno, qui s’étendent au nord. Là encore, les quelques indices d’aménagements subordonnés à ce centre se développent essentiellement dans cette zone (notamment sur Mich. 317). Enfin, Mich. 95-96 est contraint par les reliefs adjacents, mais possède une visibilité privilégiée vers l’est et les rives de la ciénega. Ainsi, dans une perspective d’acquisition/production de

ressources vivrières (ou de territoires d'exploitation [Higgs et Vita-Finzi s1972]), chacun des trois centres urbains possédait une ouverture vers un espace hors site qui lui était propre ; en plus des zones de productions intra-sites pour les cas de Mich. 38 et 95-96.

■ *Communication entre les centres*

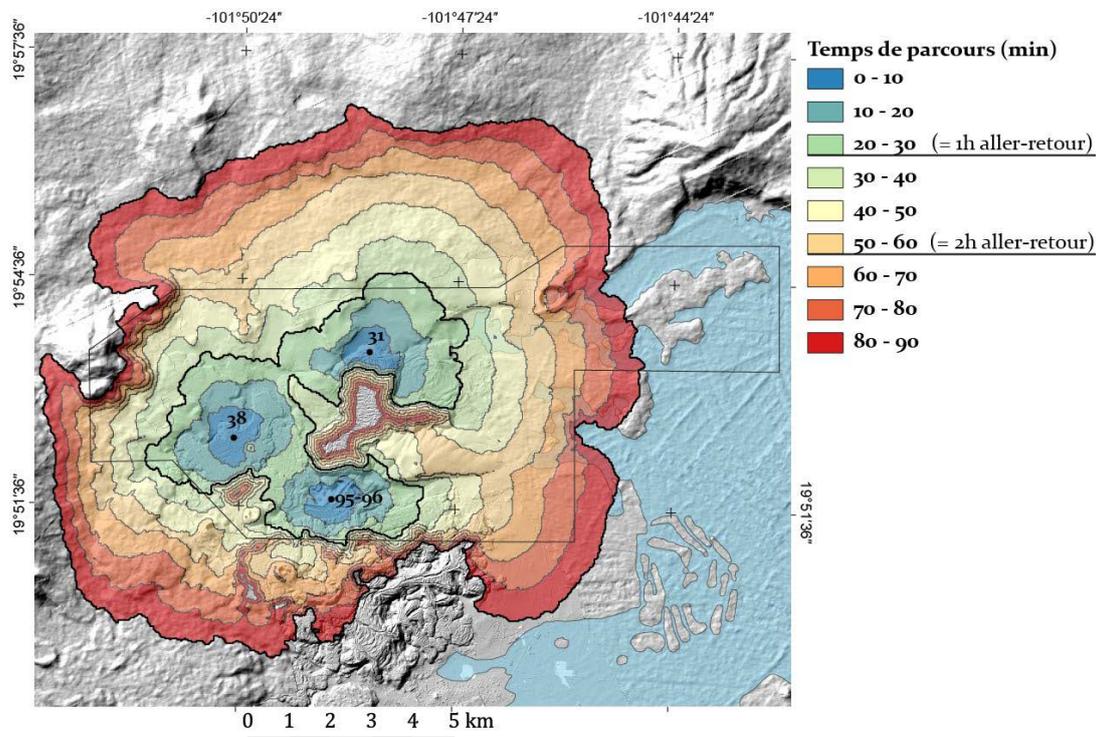


Figure 256 - Temps de parcours entre les centres urbains du Postclassique moyen.

Finalement, comme nous l'avons vu au chapitre 6, rappelons que le paysage des hautes terres est accidenté. Outre les dénivelés, la difficulté majeure du terrain pour les déplacements réside dans l'omniprésence de zones d'affleurement rocheux plus ou moins étendues. La coulée du Prieto en constitue l'exemple le plus probant avec sa surface de plus de 500 ha de blocs d'andésite. Ainsi, bien que les centres soient proches les uns des autres si l'on considère la distance euclidienne, le plus court chemin pour les relier est généralement tortueux. Sur la base de notre connaissance du terrain et de modélisations de coût de déplacement à partir des données LiDAR, nous avons simulé ces chemins et les temps de parcours entre sites²⁶⁹ (Figure

²⁶⁹ Nous avons pour ce faire créé un raster de friction (*i.e.* résistance au déplacement) depuis le MNT LiDAR (ré-échantillonné à 1 m) sur la base d'un algorithme de pentes (Zevenbergen et Thorne 1987). Dans cette perspective, plus la pente est forte, plus la résistance est grande. Dans la mesure où l'algorithme ne prend en compte que la topographie et non la nature du terrain, nous avons modifié le coefficient de résistance de certaines zones dans deux cas. D'abord, au regard de notre connaissance de la zone et des affleurements rocheux qui se trouvent dans les pentes fortes, nous avons estimé que les pentes au-delà de 30° étaient systématiquement évitées. Nous avons donc augmenté leur coefficient de résistance et ainsi forcé la simulation pour qu'elle s'accorde mieux aux conditions réelles. Par ailleurs, nous avons aussi établi un coefficient de résistance plus important pour les zones chaotiques que nous savons très difficilement praticables (ex. surface non aménagée de la coulée du Prieto).

256). Ainsi, le temps nécessaire pour se rendre d'un centre urbain à l'autre est compris entre 45 min (du sommet de Mich. 31²⁷⁰ à l'appendice nord de Mich. 38) et 1h15 min (du sommet de Mich. 31 à l'escarpement nord de Mich. 95-96). Nous en déduisons trois constats principaux.

Premièrement, malgré la difficulté du terrain, il est possible de se déplacer rapidement d'un site à l'autre ; voire plusieurs fois dans la même journée. Chaque centre urbain se place donc par rapport à son voisin à la limite de ce que nous considérons comme l'échelle locale. Ce premier constat constitue *de facto* un argument en faveur du rapprochement entre les sites. Soulignons cependant l'absence d'aménagements de voiries, alors même que des cheminements de grande ampleur sont construits à cette époque (ex. sur la surface chaotique de la coulée de l'Infiernillo [Zimmer 2016], sur le pourtour de Mich. 68 et de la faille de Villa Jiménez, ou encore entre Mich. 68 et le plateau du Copalillo).

Deuxièmement et dans le même esprit de rapprochement entre les centres urbains, notons que les chemins les plus courts pour relier les trois sites passent systématiquement par les hautes terres, à l'ouest, et non par les rives du lac.

Enfin, troisièmement et en contrepartie, en termes de territoires d'exploitation agricole, le coût de déplacement d'un centre urbain à l'autre (environ 1 h) équivaut au seuil ethnographique au-delà duquel les habitants d'un village considèrent que le déplacement ne vaut pas l'effort requis quand il s'agit d'aller cultiver quotidiennement (Vita-Finzi et Higgs 1970, 1972 ; Netting 1993). Comme nous l'avons évoqué (1.3.4), ce point a toutefois été remis en question, notamment lorsque sont pris en considération les sites satellites qui servent de relais dans l'acquisition des ressources (Flannery 1976). Dans notre cas, seul Mich. 31 s'inscrit dans un tel schéma, mais ses sites subordonnés permettent plutôt un relai vers le nord et l'est, que vers l'ouest et les centres urbains voisins.

9.1.2.3. Mise en perspective avec les époques précédentes

En résumé, au regard de la répartition des vestiges, de l'intervisibilité et dans une moindre mesure, de la communication entre les trois centres urbains du nord du Malpaís, l'archéologie spatiale suggère l'existence d'un certain degré de territorialité. Afin de juger du bien-fondé de cette hypothèse, nous avons confronté les indices de territorialité du Postclassique moyen à ceux des époques plus anciennes. Rappelons que hormis la position topographique dominante

²⁷⁰ Depuis la terrasse d'habitat localisée directement au sud de la pyramide principale du site (J7).

de certains établissements, aucune structure clairement défensive ou à vocation d'intimidation n'a été identifiée avant la phase Milpillas.

La question de l'existence de territoires est difficile à aborder pour le Postclassique ancien car la période est mal définie. Toutefois, il y a peu de chances pour que les sites réduits, alors occupés, aient nourri un besoin de territorialité fort les uns par rapport aux autres.

À l'Épiclassique, tous les indices convergent vers une absence de séparation stricte entre les sites (Figure 257). D'abord, les vestiges épiclassiques sont répartis dans les hautes terres occidentales presque en continu. La distance moyenne entre les structures d'habitat²⁷¹ est de 36 m (contre 18 m au Postclassique moyen). Il y a cependant une distinction à faire entre les habitats et les espaces civiques, globalement construits sur des positions topographiques dominantes²⁷², et les aménagements agraires, qui lient les établissements entre eux.

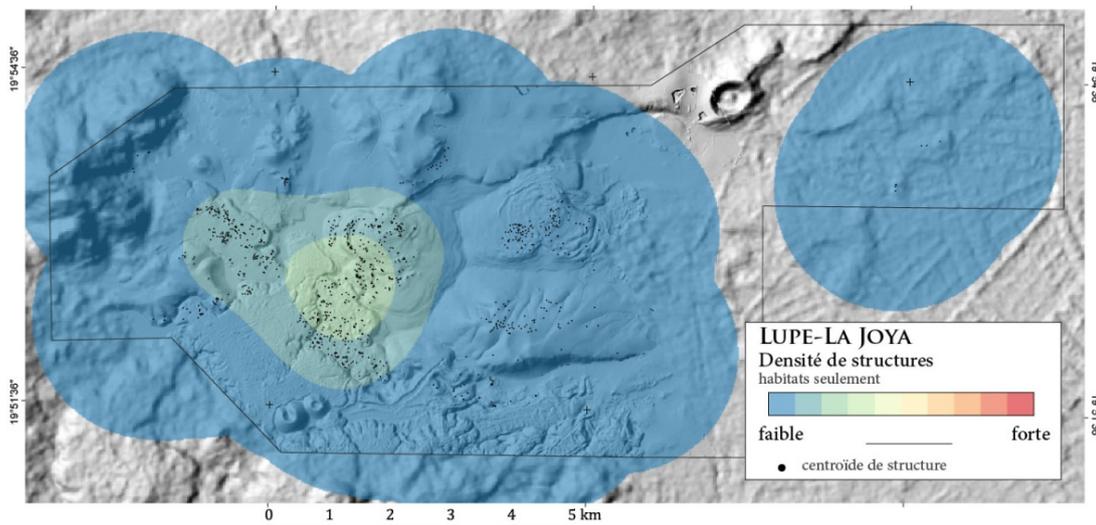


Figure 257 - Densité de structures (habitats) en phase Lupe (rayon de 2 km).

Ensuite, les sites épiclassiques possèdent tous une excellente visibilité sur leurs voisins. Nous avons simulé celle-ci depuis les espaces cérémoniels principaux de chaque site de la période²⁷³ (Figure 258). Au-delà du fait que l'intervisibilité est globalement très bonne, trois pôles se détachent (*i.e.* des zones plus visibles et présentant un plus grand champ de vision) : le complexe cérémoniel de Mich. 416, les deux pyramides de Mich. 318, et la plateforme monumentale principale de Mich. 427. À ceux-ci s'ajoute peut-être la partie centrale de

²⁷¹ Structures d'habitat potentielles pour la plupart – rappelons-le.

²⁷² À l'échelle locale comme à celle du groupe de structure (ex. habitats sur les affleurements rocheux).

²⁷³ Nous avons considéré que les espaces cérémoniels ou civique constituaient des marqueurs facilement identifiables de loin. Ainsi, outre les pyramides, nous avons aussi considéré certaines plateformes monumentales et quelques espaces construits autour d'un terrain de jeu de balle.

Mich. 317²⁷⁴. Les espaces civiques de Mich. 38 constituent quant à eux des pôles secondaires. En outre, lorsque l'on inclus dans l'analyse les établissements dont la datation épiclassique reste hypothétique²⁷⁵, un réseau d'intervisibilité se dessine, concentré vers les pôles susmentionnés. Ainsi, de proche en proche, les hautes terres occidentales constituent un ensemble homogène.

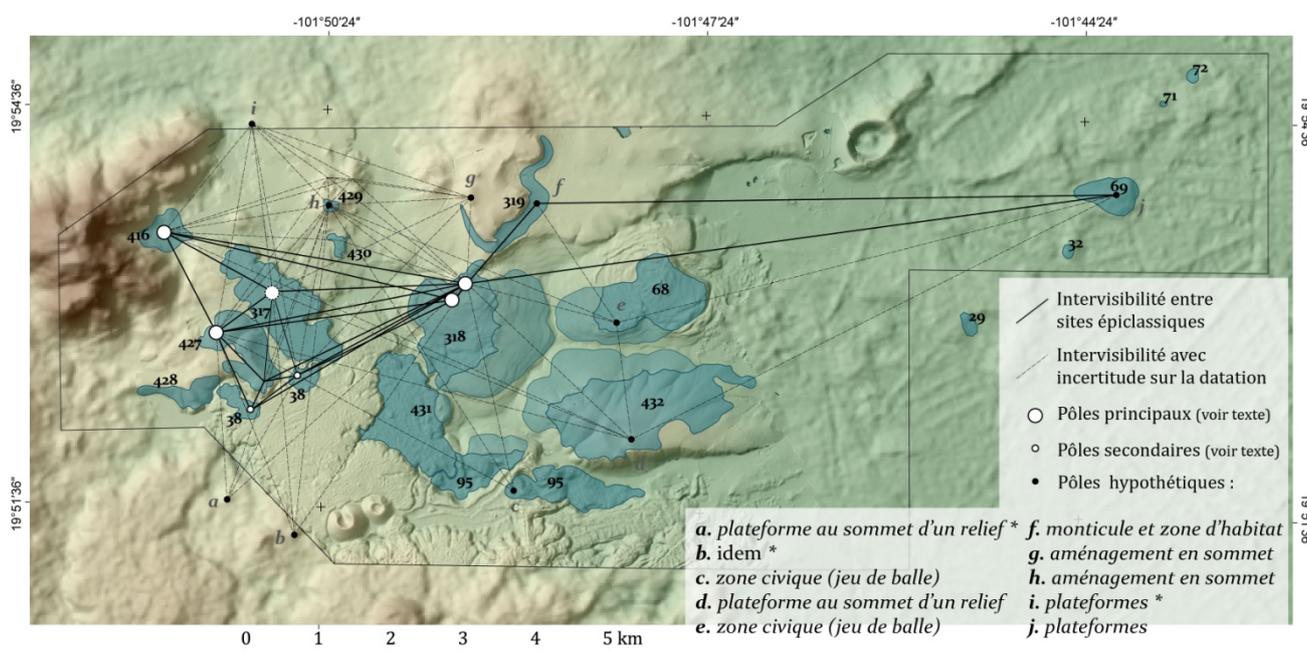


Figure 258 - Réseau d'intervisibilité en phase Lupe.

*Ces sites hors fenêtre et ont été identifiés sur le tard à partir du LiDAR. Les structures et l'organisation spatiale des vestiges suggèrent une datation épiclassique.

Enfin, la communication entre sites est autrement plus aisée en phase Lupe qu'en phase Milpillars. De la même façon que pour le Postclassique moyen, nous avons simulé les temps de déplacement entre les établissements²⁷⁶. L'absence de la coulée du Prieto à cette époque permet de circuler plus facilement dans les hautes terres. Par exemple, en considérant un point de départ assez central comme le sommet de Mich. 318, il faut environ 1h de marche pour rejoindre le centre cérémoniel de Mich. 416, à l'extrémité ouest des hautes terres. De façon notable, il faut un temps à peu près équivalent depuis ce même point de départ pour rejoindre les rives du paléolac ; soit environ 1h15. À titre indicatif, ce même déplacement prend actuellement près de 2h à cause de la coulée du Prieto.

²⁷⁴ L'importance de cette zone reste hypothétique car la structure qui est visible de tous les sites alentours est un bâtiment quadrangulaire perché au sommet d'un monticule.

Le monticule et la structure sont toutefois bien connectés avec la place surbaissée principale du site.

²⁷⁵ Sites uniquement datés au regard de la morphologie des structures visibles sur le LiDAR.

²⁷⁶ voir note 269. À noter que nous avons ici utilisé non pas le MNT LiDAR à 1m, mais une version combinée avec l'ASTER (pour les zones en dehors de l'emprise du LiDAR) ré-échantillonnée à une résolution de 5 m.

9.1.2.4. Discussion et synthèse sur l'hypothèse défensive

Le besoin de protection est sensible au Postclassique moyen. Il est perceptible au travers de l'édification de structures défensives, de l'organisation spatiale des sites privilégiant le regroupement des populations, et des lésions ostéologiques sur certains individus. La répartition spatiale des aménagements défensifs délimite un ensemble en encerclant les trois centres urbains du nord du Malpaís, Mich. 31 – 38 – 95-96. Pourtant, cette entité « Prieto-Infiernillo-Milpillas » ne présente pas d'opposant clairement identifiable dans un rayon relativement large. Seule la rive méridionale du bassin pourrait peut-être se placer comme telle – corroborant de fait l'ethnohistoire –, avec pour centre recteur potentiel le site urbain de Mich. 23 (Migeon 1991, 1998 ; Arnauld et Faugère 1998). Mais les données sont encore trop minces pour formuler des hypothèses solides à cet égard.

En revanche, un certain degré de territorialité existe entre les centres urbains septentrionaux eux-mêmes. Chacun est préférentiellement tourné vers un espace qui lui est propre, alors même que l'intervisibilité entre voisins est très réduite. Cela reflète peut-être l'existence d'une identité spécifique à chaque établissement. Par extension, cette situation a potentiellement pu conduire à des anicroches ponctuelles ; dont les modalités restent cependant à définir. L'hypothèse d'une ritualisation des conflits n'est pas à écarter. Le cas échéant, ce qui prévaudrait pour les sites ne serait pas tant la défense, que l'ostentation – qu'on perçoit d'ailleurs clairement sur Mich. 31 par exemple. En parallèle et paradoxalement, les proximités spatiale et temporelle suggèrent le rapprochement des trois sites. Comme nous allons le voir (9.2), la raison de ce paradoxe est en partie liée à la subsistance.

La situation est nettement différente aux époques plus anciennes. Le cas de la phase Palacio est toutefois difficile à appréhender. Les sites, réduits, ne semblent pas se concurrencer. Il nous semble que chacun est alors indépendant en ce qui concerne la subsistance. Alliance et/ou compétition ne sont donc pas nécessaires à cet égard.

Le tableau est plus clair à l'Épiclassique. À cette époque, malgré l'émulation de la figure du guerrier, le besoin de protection ne se fait sentir ni au niveau des structures construites ni au niveau spatial. Au contraire, les hautes terres semblent fonctionner comme une entité unique. Elles forment un ensemble dont l'identité est affirmée par des aménagements ostentatoires – comme les plateformes monumentales caractéristiques de la période – qui marquent le paysage. L'intervisibilité assure la communication entre les différents espaces. Si les hautes terres possèdent des concurrents à cette époque, ils sont à chercher en dehors de la

microrégion. Dans cette perspective, l'aspect ostentatoire de certains aménagements pourrait être perçu comme une façon d'impressionner l'étranger, et ainsi d'assurer un certain rayonnement à l'échelle régionale – ou plus loin. Parallèlement, la relative unité des hautes terres à l'Épiclassique, suggérée par la répartition des vestiges, la communication, et la visibilité, invite à envisager une gestion commune de la subsistance plutôt qu'un climat de compétition autour des ressources agraires (9.2).

Quelle que soit l'époque considérée, des établissements sont construits sur ce qui est aujourd'hui considéré comme *malpaís*. Au Postclassique moyen, marqué par l'exacerbation des conflits, c'est le cas des centres urbains de Mich. 31, 38 et 96, installés sur des coulées de l'Holocène. C'est aussi le cas de sites de l'Épiclassique et du Postclassique ancien établis sur des *malpaises* plus anciens (Mich. 317, 68, 318, 422, et portions de Mich. 38), alors même que les indices d'insécurité sont limités à ces époques. S'ajoutent peut-être Mich. 439 et certains espaces vraisemblablement épiclassiques au sud de l'Infiernillo, mais qui n'ont pas pu être traités ici. Ainsi, d'autres facteurs que la simple défense sont pris en compte dans l'élection des coulées de lave comme habitat. Construire sur un *malpaís* présente d'autres avantages, à commencer par la proximité des espaces à haute valeur agronomique.

9.2. LES TERRES FERTILES DES MAUVAIS PAYS :

AGRICULTURE ET PEUPLEMENT DANS LE MALPAÍS DE ZACAPU DU VII^e AU XV^e SIÈCLE APR. J.-C.

La deuxième interprétation proposée pour expliquer le peuplement tardif du Malpaís mettait en avant son caractère inhospitalier (Michelet 1998 : 47 ; 2.3.3.1). Rappelons-le, il était en effet suggéré dans les travaux antérieurs que les meilleures terres arables étaient celles des rives du paléolac (Migeon 1991) ; à l'instar de ce qui avait été affirmé pour Pátzcuaro (Gorenstein et Pollard 1982, 1983). Le Malpaís était alors perçu comme relativement marginal. De là l'idée sous-jacente que l'urbanisation de la zone au XIII^e siècle était la conséquence d'un manque de place sur les rives et les versants bas du bassin. Nous nous étions par ailleurs demandé si cette dépréciation constituait une réalité préhispanique ou, au contraire, un *a priori* plus tardif.

La répartition spatiale des vestiges préhispaniques dans notre fenêtre tend en réalité à indiquer que l'on a préféré les hautes terres pour implanter les habitats (chapitre 7). De plus, ces occupations précèdent de plusieurs siècles le phénomène urbain. Notre approche archéopédologique a par ailleurs montré que les sols des hautes terres ont été largement aménagés alors que les sols humides des basses terres ne présentent que des indices très ponctuels de mise en culture (chapitre 8). En outre, les habitats sont rares. Autant d'éléments qui nous ont conduit à aller à l'encontre de l'hypothèse sous-entendue par les travaux précédents : le Malpaís et ses environs ne constituent pas une zone marginale à l'époque préhispanique. Par ailleurs, son abandon autour du X^e siècle laisse notre fenêtre quasiment vide. Aussi le choix d'installation des nouveaux arrivants au XIII^e siècle n'est-il pas contraint mais délibéré.

Il y a donc à première vue un contraste marqué entre les stratégies agraires préhispaniques et actuelles, qui privilégient la plaine lacustre. Ce contraste peut laisser perplexe, surtout lorsque l'on se rappelle que la sédimentation lacustre et l'occupation postérieure des basses terres ont probablement occulté et/ou détruit des vestiges préhispaniques. Nous commençons donc cette sous-partie par discuter de la légitimité de l'opposition entre hautes et basses terres qui ressort de notre approche (9.2.1). Cet éclaircissement fait, nous discutons du poids de l'agriculture dans la constitution des territoires mis en exergue précédemment (9.1.2), notamment en mettant en regard production potentielle et démographie (9.2.2).

9.2.1. Appréciation et dépréciation préhispaniques des zones écologiques du nord-ouest du bassin de Zacapu

Aujourd'hui, les agriculteurs cultivent de façon extensive dans la plaine lacustre (3.5.2). Dans les hautes terres, seules les couvertures pédologiques les plus anciennes sont exploitées en un *patchwork* irrégulier de parcelles. Les *malpaises* sont mis en pâture. Notre étude indique que la situation préhispanique était quasiment à l'opposé.

Malgré la différence de conservations entre hautes et basses terres, ce constat *a priori* paradoxal ne l'est peut-être pas tant. Sans chercher à minimiser les destructions et le recouvrement probable des vestiges dans la plaine, nous pensons que le choix préhispanique de privilégier les hautes terres n'est pas le simple résultat de lacunes dans nos connaissances, mais une réalité. Plusieurs éléments nous portent à croire que la perception indigène – ancienne et actuelle – des zones écologiques considérées diffère de celle qu'en a l'observateur occidental.

9.2.1.1. La perception indigène des malpaises

La difficulté du terrain dans les *malpaises* est indéniable. Soulignons néanmoins deux points au regard du potentiel agricole de ces espaces :

- 1) D'abord, l'appréciation de ce potentiel se fondait jusqu'alors sur :
 - le regard porté par les colons espagnols, qui trouve son expression la plus probante dans la dénomination même de ces coulées de lave ;
 - l'occupation actuelle des sols, dans la mesure où les *malpaises* sont aujourd'hui presque exclusivement alloués à la pâture ;
 - la vision véhiculée par les fouilles archéologiques dans les centres urbains du Malpaís de Zacapu, attestant de sols superficiels (Migeon 1991 ; Michelet *et al.* 1996 ; Pereira *et al.* 2010, 2012, 2013, 2014, 2015).
- 2) Rappelons ensuite que "*malpaís*," est un terme générique, qui désigne aussi bien des coulées volcaniques très récentes sans couverture pédologique que des coulées plus anciennes où les sols sont circonscrits entre les affleurements. "*Malpaís*," peut donc être utilisé pour nommer des géoformes présentant des potentiels agricoles variés.

Au regard de ce dernier point, notre travail a notamment précisé la complexité de la couverture pédologique sur les *malpaises* de Zacapu (6.3.1). Nous avons vu que l'on pouvait définir quatre grands types :

- 1) les coulées volcaniques du Pléistocène récent, à altération modérée (la Mesa del Bolsón, le Caracol, Malpaísillo, Las Milpillas et Las Joyitas) ;
- 2) les coulées de l'Holocène formées entre 10000 et 2000 BP, à faible altération (Infiernillo) ;
- 3) les coulées de l'Holocène tardif, quasiment non altérées (Malpaís Prieto et Capaxtiro) ;
- 4) et les coulées de l'Holocène dont la surface a été modifiée par les êtres humains (Malpaís Prieto, Capaxtiro, Infiernillo).

Nous avons aussi vu que les dépôts téphriques pouvaient augmenter de façon significative la couverture pédologique sur un *malpaís* et modifier *de facto* son potentiel agricole. Nous avons finalement mis en exergue l'omniprésence des aménagements agraires préhispaniques sur presque tous ces types de *malpaís*²⁷⁷ (8.2). La colonisation à grande échelle pour l'habitat des coulées les plus récentes est toutefois une spécificité du Postclassique moyen. Notre étude a donc démontré que la perception préhispanique des *malpaises* est vraisemblablement différente de la vision occidentale péjorative, entérinée par les Espagnols dès les premiers temps de l'époque coloniale. Cette idée est corroborée par l'ethnohistoire et l'ethnographie.

Ethnographiquement, il a en effet été démontré que les Purépechas actuels de Pichátaro (Meseta tarasca) désignent les *malpaises* par le terme *tzacapurhu*²⁷⁸ (Barrera-Bassols 2003 ; Barrera-Bassols et Zinck 2003b ; Barrera-Bassols *et al.* 2006a). Au sein de ceux-ci, ils identifient des *echeri tupuri zacapendini (terendani)* ; en d'autres termes, des sols (*echeri*) pulvérulents (*tupuri*), pierreux (*zacapendini*), parfois riches en matière organique²⁷⁹ (*terendani*). Ces sols sont utilisés comme *taretarhu*, c'est-à-dire comme parcelles agricoles (Barrera-Bassols *et al.* 2006 : 146) et correspondent très largement aux Andosols des nomenclatures pédologiques internationales²⁸⁰ (*ibid.* : 152-154). Comme nous l'avons vu, il s'agit donc de bons sols agricoles (8.1.1.1), bien qu'ils soient considérés comme « froids » – *i.e.* nécessitant l'apport d'engrais (Barrera-Bassols et Zinck 2003b). Avant l'étude

²⁷⁷ La question reste en suspens pour l'exploitation agraire de la coulée holocène de l'Infiernillo.

²⁷⁸ De *tzacapu* = pierre et *rhu* = lieu (Lathrop 2007).

²⁷⁹ Lorsque l'humus est composé de feuilles de chênes décomposées.

²⁸⁰ Dans la *World Reference Base for Soil Resources* (WRB) (IUSS 2015) ou dans la *United States Department of Agriculture* (USDA) *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff 1999).

d'ethnopédologie de Barrera-Bassols *et al.* spécifique à la communauté de Pichátaro (2006a), une appréciation similaire des sols de *malpaís* avait déjà été documentée dans la Meseta tarasca (Beals 1946 : 20 ; West 1948 : 38). Pour les Purépechas, l'importante piérosité des *malpaises* est finalement annexe au regard de la valeur agronomique des sols qu'ils renferment. À cet égard, rappelons que les poches de sol fertiles au sein des coulées de laves sont appelées des "joyas,, ; soit littéralement des « bijoux ».

Par ailleurs, ethnohistoriquement cette fois, deux sources attestent l'origine préhispanique de l'appréciation du potentiel agricole des *malpaises*²⁸¹. D'abord, les *Relaciones geográficas del siglo XVI* pour le Michoacán, et plus précisément la relation de Chilchota (Acuña 1987 [1579]). Il y est fait explicitement mention d'une forme d'agriculture préhispanique – antérieure à la rédaction de la relation – au cœur des *malpaises* qui jouxtent l'établissement colonial (Acuña *ibid.* : 104):

« Ce village [Chilchota] possède en outre, dans la partie ouest, quelques petits monts pierreux²⁸², où, dans des temps anciens, les naturels avaient leurs demeures, qui [les monts] encerclent la rivière qui vient de Chilchotla depuis le nord, et celle qui est formée par les sources de Canindo, que dans ceux-ci il semble que les naturels semaient ; et, du fait qu'ils sont très pierreux et de mauvais pays [*de malpaís*], les pierres sont disposées à la main, comme des gradins, laissant, entre chaque, comme une *vara* [environ 83 cm] de large dépierrée, où ils plantaient le maïs. Et c'est fait avec un tel ordre, que c'en est une chose merveilleuse [qui effraie], et, au regard des édifices, il devait y avoir à une autre époque un grand nombre de personnes. »²⁸³ [traduction de l'auteur]

Cette citation souligne la valeur accordée par les indigènes aux *malpaises*, pour l'habitat comme pour l'agriculture, dans une région directement adjacente à celle de Zacapu et aux caractéristiques écologiques proches.

²⁸¹ Ces deux références sont le fruit de lectures non systématiques de textes coloniaux.

²⁸² Au regard de l'ensemble de la description, l'auteur de la relation parle peut-être des *malpaises* situés à l'ouest de la ville de Chilchota, au pied desquels est aujourd'hui construit le village de Los Nogales. Au nord de ce-dernier se trouve notamment une localité appelée *El Pedregal* (littéralement « le tas de pierre », « le terrain pierreux »).

²⁸³ "Tiene asimismo este pu[eb]lo, a la p[ar]te del ueste, unos cerros pequeños pedregosos, donde, en tiempo antiguo, tenían sus moradas los naturales, que está, cercados del río que sale por Chilchotla de la p[ar]te del norte, y de el río q[ue] se forma de las fuentes de Canindo, que en ellos parece q[ue] sembraban los naturales ; y, por ser muy pedregoso y de malpaís, las piedras están puestas a mano, como gradas, dejando, entre grada y grada, co[mo] una vara de medir de ancho limpio, donde plantaban el maíz. Y es esto tanto hecho por tal orden, que parece cosa que pone espanto, y, según parece por estos edificios, debía en otro tiempo hab[er] muy gran número de gentes.,,"

Ensuite, une appréciation similaire, plus ancienne encore, apparaît dans un passage de la *Relation de Michoacán* (Alcalá 2000 [c. 1540] : 435) ; bien que son interprétation soit ambiguë. Le passage relate un bref échange entre les gens de Tariácuri, chef des Chichimèques Uacúsecha, et ceux de Chanshori, à la tête du village de Curinguaro. Tariácuri – gendre de Chanshori – réclame à ce-dernier une meilleure terre pour son dieu Curícaueri que la montagne d’Upapo Hoato, qui n’est selon lui qu’un tas de pierres :

« [...] qu’il [Chanshori] me prête ou me vende un lopin de terre pour mettre mon dieu Curícaueri, car il sait que ce ne sont que des pierres là où je suis [à Upapo Hoato].²⁸⁴ »

Ce à quoi Chanshori répond :

« dites à Tariácuri que là où il se trouve, bien que ce soit un terrain pierreux, la terre est bonne, que là-bas les champs de maïs mûrissent avant qu’ailleurs, et les melons et les semences d’amarante [*bledo*]. »²⁸⁵

Nous émettons plusieurs réserves à la lecture de ce passage. D’abord, l’empreinte du compilateur espagnol est évidente au travers de l’utilisation du terme “*bledo*,” pour désigner l’amarante, et de celui de “*melones*,” [melons], qui se réfère probablement plutôt à une espèce de cucurbitacée native²⁸⁶. Ensuite et surtout, il est possible que la réponse de Chanshori constitue une tromperie, notamment au regard de la réaction de Tariácuri qui le traite d’ « ingrat » dans la suite du récit et décide de ne pas rester à Upapo Hoato (*ibid.* : 426). Nous pensons toutefois que l’auteur de la *Relation* met alors en exergue l’opposition entre nomades et sédentaires. L’accent est mis sur l’appréciation négative de l’apparent *malpaís* qu’est Upapo Hoato pour les Chihimèques, en comparaison avec la vision positive des agriculteurs. Cette idée est appuyée par le fait que l’auteur précise ensuite que Tariácuri se déplace « sans raison »²⁸⁷. Par ailleurs, la zone d’Upapo Hoato – si elle correspond bien à Opopeo comme le propose Jean-Marie Gustave Le Clézio (1984 : 79) – présente des *malpaises*, au sein desquels la couverture pédologique est une fois encore dominée par les Andosols (DETENAL 1979e).

²⁸⁴ “ [...] que me preste o venda un pedazo de tierra para poner a mi dios Curícaueri, pues que sabe que todo pedregales donde esto[ya]. „

²⁸⁵ “ decid a Tariácuri que esté en el lugar que está, que aunque sea pedregales que todo es buena tierra, que allí primero se hace y granan los maizales, que en otra parte, y los melones, y las semillas de bledos. „

²⁸⁶ Le melon est quant à lui originaire d’Afrique.

²⁸⁷ “ [...] no se sabe por qué tomó Tariácuri a Curícaueri y fué de allí con toda su gente [...] „

Cette révision des sources – bien que non exhaustive – corrobore les conclusions de notre étude. De fait, les *malpaises* n'étaient pas plus de mauvais pays pour les Tarasques préhispaniques que pour leurs descendants actuels. Reste à démontrer que les basses terres étaient comparativement moins intéressantes pour les agriculteurs préhispaniques zacapenses.

9.2.1.2. Une surestimation de l'attractivité des basses terres ?

Trop d'incertitudes archéologiques planent sur les basses terres proches du Malpaís de Zacapu pour affirmer qu'elles étaient dépréciées à l'époque préhispanique. Toutefois, plusieurs indices nous conduisent à suggérer que leur valeur agricole a jusqu'à aujourd'hui été surestimée :

- 1) D'abord, la différence quantitative et qualitative en terme de vestiges nous paraît trop nette pour que la prépondérance de l'occupation dans les hautes terres ne soit pas le reflet d'un choix culturel.
- 2) Ensuite, notre étude pédologique a montré que les sols des basses terres présentaient des restrictions pour l'agriculture préhispanique :
 - les Phaeozems et Histosols exploitables sur les rives sont sujets à l'hydromorphie, laquelle peut entraîner le pourrissement des cultures ;
 - les Vertisols des îles sont difficiles à travailler, même actuellement.
- 3) Enfin, le risque plus important de gelées constitue un problème.

Par ailleurs, les sources ethnohistoriques et ethnographiques corroborent en partie l'hypothèse d'une surestimation de l'importance des sols de rives et de bas versants. Des exemples ethnographiques d'exploitation des bords de lac sont connus dans le Centre-Ouest (4.2.1). Le cas de Pátzcuaro est l'un des plus probants (West 1948 ; Brand 1951 ; Belshaw 1967). Des parcelles fertiles sont cultivées *de humedad* sur les rives ou, plus rarement, sont irriguées. Malgré leur fertilité, ces terrains ne représentent cependant qu'une partie réduite de l'ensemble des sols arables du bassin (Brand *ibid.* : 126)²⁸⁸, souvent réservée à l'horticulture (Caballero 1982). Parallèlement, aucun champ surélevé n'est documenté à Pátzcuaro. À Zacapu, il en existe au bord de la lagune, mais leur construction est récente, conséquence d'une arrivée de population au début du XX^e siècle (Arnauld et Carot 1995 ; Arnauld 1996).

²⁸⁸ Environ 10% des terres arables du village de Quiroga sont sur les rives. Elles sont cultivées *de humedad* pour la majorité. Moins de 0,5% est irrigué.

Aux dires des informateurs purépechas les plus âgés consultés par Arnauld (*ibid.* : 72), les champs surélevés n'étaient pas nécessaires auparavant, car l'agriculture de *temporal* dans le Malpaís et sur les versants suffisait. Dans le même ordre d'idée, lorsque nous leur avons demandé où ils souhaiteraient posséder des champs, nos informateurs (non purépechas) ont très pragmatiquement préféré les hautes terres, car les récoltes y sont plus sûres. Ils ont pointé l'humidité des sols pourtant drainés de la ciénega, qui entraîne le pourrissement des cultures²⁸⁹, et les fréquentes gelées.

Parallèlement, les sources ethnohistoriques rapportent elles aussi des pratiques d'agriculture en bordure du lac de Pátzcuaro. La plus ancienne est la *Relation de Michoacán*, dans laquelle on trouve les mentions évoquées de « semailles d'irrigation »²⁹⁰, vraisemblablement antérieures à la Conquête (Alcalá 2000 : 486, 571). La pérennité de la pratique est attestée par la *Relation de Pátzcuaro*, qui rapporte quarante ans plus tard (1581) l'existence de « villages très fertiles avec de nombreux jardins » sur les rives du point d'eau (Acuña 1987 : 201)²⁹¹. Là encore, l'usage du terme « jardins » [*huertas*] reflète probablement la surface limitée des parcelles évoquées et leur vocation horticole. Parallèlement, il existe au moins une mention d'agriculture en bordure de la ciénega de Zacapu, dans les *lomas*, en 1590 (Arnauld *et al.* 1993). En somme, l'agriculture en bordure de lac est bel et bien rapportée dans les textes anciens et la valeur des sols exploités y est soulignée. Toutefois, il n'est aucunement fait mention d'une prépondérance de ces pratiques sur les autres formes d'agriculture. Au contraire, les surfaces exploitées semblent réduites. En outre, rappelons que les sources ethnohistoriques indiquent en parallèle une tendance indigène à cultiver préférentiellement dans les zones de hautes terres (West 1948 : 36 ; Donkin 1979) ; du moins à la période du Contact.

Rappelons finalement que l'archéologie a montré que l'agriculture de zone humide existait au sud-ouest du lac de Pátzcuaro à l'Épiclassique (Fisher *et al.* 1999 ; Fisher 2000, 2007). Il s'agit d'une zone aujourd'hui marécageuse non cultivée, vraisemblablement émergée à l'Épiclassique, mais submergée au Postclassique récent (O'Hara *et al.* 1993).

²⁸⁹ Nos informateurs faisaient alors allusion aux sols de la zone de Cuarún. Proche du Malpaís, elle représente vraisemblablement des conditions proches de celles que pouvait présenter les rives du lac à l'époque préhispanique. Les conditions sont peut-être différentes ailleurs dans la plaine drainée.

²⁹⁰ « sementeras [...] de regadío »,

²⁹¹ « [...] alrededor della [la lagune], hay muchos pueblos muy fértiles y de muchas huertas, que son barrios de esta dicha ciuda [de Pátzcuaro], ».

L'ethnohistoire, l'ethnographie et l'archéologie du bassin de Pátzcuaro attestent l'agriculture de rives sur des parcelles réduites. De telles pratiques pourraient donc être envisageables à Zacapu à l'époque préhispanique. Pourtant, les sources ethnohistoriques qui évoque l'agriculture dans les basses terres zacapenses sont rares (Arnauld 1993) et les études ethnographiques suggèrent plutôt une exploitation du piémont et des hautes terres (Gougeon 1991 ; Arnauld 1996). En outre, les propriétés limnologiques du bassin de Zacapu vont aussi à l'encontre de cette hypothèse.

9.2.1.3. Indices limnologiques de l'opposition entre hautes et basses terres

Les indices archéologiques mis au jour à Pátzcuaro sont encourageants pour les partisans d'une agriculture de bord de lac à Zacapu. Pourtant, rappelons que s'ils ont leurs similarités (volcanisme récent, altitude...), les deux bassins sont différents. La distinction principale est la présence d'un exutoire temporaire à Zacapu ; lequel existait avant les travaux de drainage (Arnauld *et al.* 1993). Il est de fait impossible qu'une fluctuation du niveau lacustre de 10 m, comme documentée à Pátzcuaro (O'Hara *et al.* 1993), ait pu se produire à Zacapu²⁹².

Rappelons par ailleurs que l'établissement de champs surélevés nécessite une certaine stabilité du niveau d'eau (Armillas 1949 ; Arnauld 1996). Par extension, à Zacapu, les espaces les plus propices devaient hypothétiquement être ceux qui combinaient un faible niveau d'eau (pour l'accessibilité et la faisabilité du drainage) avec un apport hydrique constant (pour le maintien du niveau). Or, les points les plus profonds de la ciénega zacapense se concentraient principalement dans la partie occidentale du bassin, proche du Malpaís. Là s'étendaient des zones continuellement en eau, difficiles à drainer sans d'importants ouvrages au niveau de l'exutoire. En comparaison, les marges sud et est devaient être globalement marécageuses. Celles localisées en aval de sources pérennes, assurant un apport hydrique régulier, réunissaient quant à elles en théorie les conditions favorables à une agriculture de zone humide. On retrouve notamment ces conditions réunies dans la partie sud du bassin²⁹³. Ces espaces hypothétiquement propices sont éloignés du Malpaís (10 km et plus). En outre, pour s'y rendre, les habitants des hautes terres devaient nécessairement contourner ou traverser la

²⁹² Il est difficile d'estimer à partir de quelle niveau l'eau du lac était évacuée par l'exutoire à l'époque préhispanique. Sont en cause, les modifications de celui-ci opérés lors du drainage en 1900, la sédimentation de l'époque coloniale et moderne (Pétrequin 1994), et le manque de finesse des MNT disponibles à ce jour. Une estimation raisonnable mais très approximative fondée sur le MNT ASTER est que le niveau ne pouvait pas monter au-delà de 5 m avant d'être évacué.

²⁹³ L'imagerie satellite révèle de fait un réseau hydraulique fossile aux abords des villages actuels de Bellas Fuentes et Agua Caliente. Une étude précise pourrait peut-être déterminer dans quelle mesure ces chenaux ont pu être artificiellement construits et à quelle époque.

partie en eau du paléolac. L'investissement en temps ajouté à l'effort d'aménagement de ces marges marécageuses nous incite à penser qu'elles n'étaient pas exploitées par les gens du Malpaís. *A contrario*, la question est peut-être à creuser en ce qui concerne les occupations méridionales du bassin.

9.2.2. Démographie et agriculture : construction d'un modèle

L'ethnohistoire, l'ethnographie, la limnologie, ou la faune identifiée en fouille, donnent du crédit à la prépondérance des hautes terres mise en exergue par notre étude. Les *malpaises* n'étaient pas seulement des lieux de protection. Les nombreux aménagements agraires et la qualité des sols indiquent que c'est notamment le potentiel agricole de certains *malpaises* qui a attiré les populations ; à l'Épiclassique comme au Postclassique. Par extension, la gestion des ressources agricoles a vraisemblablement eu une grande importance dans le quotidien des groupes humains qui ont peuplé la zone. Pourtant, à partir des indices matériels seuls, il demeure difficile d'appréhender les réalités de la vie de ces paysans. Pour y parvenir, il est nécessaire d'avoir recours à des modèles théoriques dont les variables sont plus ou moins bien contrôlées.

La question que nous nous étions posée au début de ce travail était de savoir si les sociétés étudiées étaient autosuffisantes ou non dans les limites de la fenêtre choisie. Pour y répondre, nous tentons à présent de définir le rapport entre production agricole et consommation. Nous construisons donc un modèle faisant intervenir plusieurs variables :

- 1) la surface exploitée pour l'agriculture ;
- 2) les rendements agricoles ;
- 3) la démographie ;
- 4) et la diète des populations.

Les variables 1) et 2) permettent d'estimer la production. Les variables 3) et 4) permettent d'appréhender la consommation. Mais toutes présentent leur lot d'incertitudes. Démographie et surface exploitée ont respectivement été estimées grâce à nos propres données dans les chapitres 7 et 8. Pour ce qui est des rendements et de la diète, l'absence d'étude paléobotanique pour notre fenêtre restreint nos possibilités à des conjectures fondées sur les données ethnohistoriques et ethnographiques. Dans les paragraphes suivants, nous discutons des incertitudes qui touchent chacune de ces variables et expliquons les choix que nous faisons pour établir le modèle. Nous le testons ensuite et proposons différents scénarios

envisageables concernant la gestion des ressources agraires et ses répercussions sociétales au travers de deux approches : de la surface cultivée à la population et inversement.

9.2.2.1. Estimer la consommation : populations et diètes supposées

La question de la consommation nécessite d'estimer le nombre de personnes qui occupait la zone pour chaque période, ainsi que leur régime alimentaire.

- *Les êtres humains : estimation de la démographie*

- *Méthode choisie*

La première interrogation qui se pose est de savoir comment estimer la population. Parmi plusieurs méthodes possibles, notre choix s'est arrêté sur celle proposée par Charles Kolb *et al.* (1985), qui multiplie le compte des maisons par le nombre moyen d'occupants de celles-ci. L'ethnographie permet d'établir une moyenne de 5 à 6 personnes par maison en Mésoamérique (Kolb *et al. ibid.* : 585). L'ethnohistoire suggère des valeurs similaires pour le Postclassique récent (Williams 1989). Nous reprenons cette moyenne dans notre modèle et acceptons de fait une certaine marge d'erreur.

- *Définir et identifier les maisons*

La valeur de 5 à 6 personnes par maison admise, une deuxième question se pose : que considère-t-on comme une maison ? La recherche à Zacapu indique que la forme standard pour l'Épiclassique (Pereira *et al.* 2014, 2015, 2016) comme le Postclassique (Migeon 1991, 2015 ; Forest 2014) est la structure quadrangulaire dont les premières assises des murs sont en pierre. Nous admettons donc pour notre modèle que toutes les structures quadrangulaires sont des maisons. L'avantage est que beaucoup d'entre elles sont directement identifiables sur le LiDAR, ce qui facilite le comptage. Néanmoins, nous ne nions pas que ce choix implique de faire délibérément abstraction de plusieurs points :

- 1) Toutes les maisons ne sont peut-être pas quadrangulaires, malgré l'homogénéité observée dans le Malpaís et aux alentours (Migeon 1991 ; Forest 2014 ; chapitre 7). La prospection sur le site de Mich. 87 (Michelet et Saumur 2015) indique par exemple que des habitats circulaires existent.
- 2) Toutes les structures quadrangulaires ne sont pas des maisons. Les travaux sur Mich. 31 fournissent des exemples de bâtiments de réunion de plan similaire –

quoique plus grand – ou d’annexes domestiques quadrangulaires (Forest 2014).

- 3) Tous les habitats n’ont peut-être pas été conservés. Des maisons en bois ont par exemple pu exister. Les terrasses d’habitat sans superstructure visible sur Mich. 319 ou 416 matérialisent peut-être une telle situation.
- 4) Toutes les structures quadrangulaires ne sont pas nécessairement identifiables sur le LiDAR. Des études ont montré que certaines structures enregistrées sur le terrain n’étaient pas visibles sur l’image numérique (Combey 2017 ; Dorison *et al.* 2018).

En résumé, les facteurs d’incertitude sont donc très nombreux pour identifier de véritables maisons. Ces précautions prises, soulignons toutefois que grâce à la technologie LiDAR, la précision de notre compte des structures quadrangulaires est plus grande que jamais.

– *Dater les maisons*

Dans la mesure où nous nous intéressons à trois périodes distinctes, la question qui vient ensuite est de savoir comment définir l’appartenance chronologique d’une structure considérée comme une maison. À cet égard, nous savons que de manière générale les maisons quadrangulaires épiclassiques sont plus petites (25 m² ou moins, voir 7.2.1.2, Mich. 318, UT64) que les maisons du Postclassique moyen (souvent d’une surface supérieure à 25 m²) (Forest *ibid.*) (Figure 259). En outre, le dessin en plan sur l’image LiDAR est globalement plus clair pour les maisons du Postclassique moyen mais les vérifications de terrain demeurent limitées²⁹⁴ et les fouilles exceptionnelles. La datation repose donc essentiellement sur une extrapolation au regard de la morphologie et de la proximité avec des éléments mieux datés (ex. proximité avec un terrain de jeu de balle pour l’Épiclassique, avec une zone de ramassage qui a fourni du matériel diagnostique...).

²⁹⁴ Exception faites des cas de Mich. 95-96 et Mich. 31 (Forest 2014).

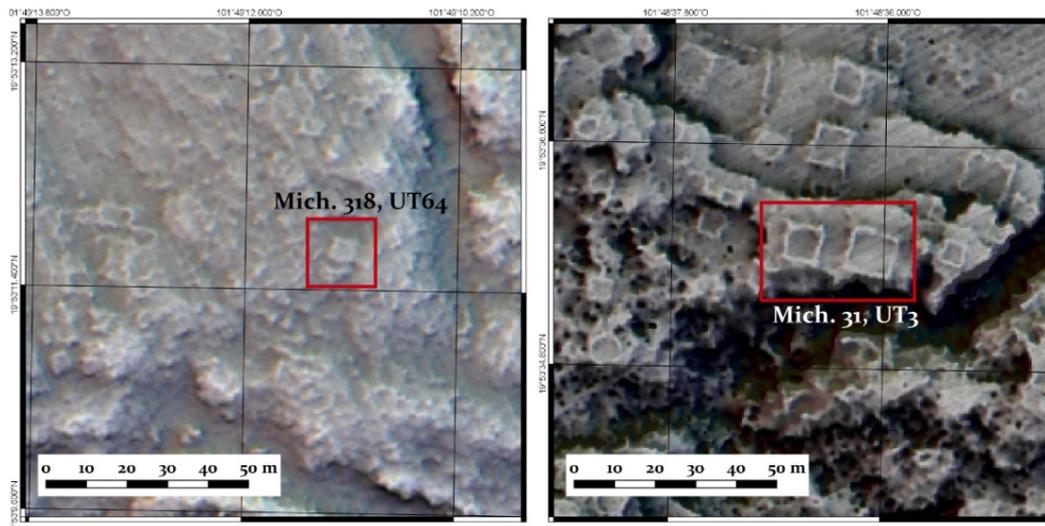


Figure 259 - Illustration LiDAR de la différence entre les maisons quadrangulaires de l'Épiclassique (gauche) et du Postclassique moyen (droite).

Une autre grande interrogation chronologique est de savoir si toutes les maisons ont été occupées en même temps. À cet égard, nous avons peu d'éléments de réponse. Nous savons cependant que la mobilité sur des pas de temps très courts est un fait avéré en Mésoamérique (Smith 2014). Par ailleurs, les fouilles conduites dans notre zone d'étude révèlent souvent de maigres stratigraphies et des quantités de matériel limitées qui suggèrent des occupations de courtes durées (Dorison et Michelet 2015 ; Pereira *et al.* 2018 ; présente étude). Aussi l'éventualité d'une occupation contemporaine de toutes les structures d'habitat est-elle peu probable. Les tests de notre modèle agricole fournissent des éléments de discussion sur ce point (voir *infra*).

– *Valeurs*

Rappelons les valeurs que nous avons estimées au chapitre 7 en considérant d'abord l'hypothèse peu probable où 100% des habitats seraient occupés. Nous avons vu que la démographie évolue énormément entre le VII^e et le XV^e siècle. Environ 6000 à 7000 personnes occupent notre fenêtre à l'Épiclassique. À la suite de l'éruption du Prieto, la microrégion est désertée. Moins de 500 habitants continuent alors d'exploiter le milieu. Au Postclassique moyen, la démographie explose avec l'urbanisation du Malpaís et la population est alors comprise entre 18000 et 22000 personnes.

- *Ce que mangent les êtres humains : la question de la diète*

Évoquée au chapitre 4, la question de la diète est impossible à trancher dans l'état actuel des connaissances. L'absence d'étude paléobotanique systématique constitue une lacune déjà soulignée. Rappelons toutefois l'existence d'indices archéologiques et isotopiques qui attestent la consommation de maïs et de haricot dans le centre urbain de Mich. 31, au Postclassique moyen (voir 4.3.2).

Face au manque de données primaires, le recours aux sources ethnohistoriques et ethnographiques est inévitable (Brand 1951 ; Ivanhoe 1978 ; Santley et Rose 1979 ; Pollard 1982 ; Williams 1989 entre autres). Parmi les modèles ethnohistoriques, les plus solides sont sans doute ceux qui reposent sur l'interprétation des textes indigènes ; notamment les *codices* qui compilaient les modalités des tributs préhispaniques puis coloniaux (ex. *codex Mendoza* [c. 1540]). Néanmoins, les diètes proposées à partir de ces supports contiennent aussi des restrictions liées au contenu même des documents ou à leur lieu de fabrication²⁹⁵.

- Pourcentages

Tous les auteurs considèrent que le maïs compose la majeure partie de la diète pour le Postclassique récent. D'un chercheur à l'autre, la part varie entre 65% (Santley et Rose 1979) et 80% (Sanders 1976 ; Pollard 1982 ; Williams 1989). Par conséquent – et dans la mesure où les estimations de rendements présentent aussi leur lot de restrictions (voir *infra*) –, soulignons que les estimations pour le maïs à elles seules sont pertinentes pour donner une idée du potentiel nourricier des espaces cultivés au Postclassique récent.

Au maïs s'ajoutent plusieurs autres cultivars et espèces sylvestres. Sur la base de données archéologiques issues de différentes zones de Mésoamérique, Santley et Rose (1979) résumant bien le *consensus* qui considère que l'amarante, le haricot, la courge, et le piment tiennent tous une part significative après le maïs. L'importance des autres cultivars et plantes sylvestres est proportionnellement moindre et devait varier selon les saisons et les écosystèmes. Tous les chercheurs s'accordent par ailleurs à dire que les parts de viande et de poissons étaient réduites.

²⁹⁵ L'expression des quantités dans ces documents est généralement fait avec des poids et des mesures anciennes, difficile à transcrire en données quantitatives pertinentes au regard des critères actuels (Williams 1989). Parallèlement, le lieu de confection des documents implique des conditions environnementales, ou des mœurs spécifiques, qui ne sont peut-être pas généralisables à des populations évoluant dans des régions différentes.

Rappelons pour notre cas d'étude que les analyses isotopiques préliminaires réalisées sur des ossements humains de Mich. 31 (Manin 2017, comm. pers.) corroborent le modèle ethnohistorique établi pour Pátzcuaro par Pollard (1982 ; Gorenstein et Pollard 1983 : 169-73). Nous mettons en regard le modèle et les résultats de ces analyses dans le Tableau 51, où nous ajoutons aussi le modèle de Santley et Rose (1979) pour Mexico à titre de comparaison.

| | Zone géographique | Part de la diète | | | | |
|----------------------|---------------------|---------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------|
| | | Plantes C4 ¹ | Plantes C3 ² | viande | poisson | autres |
| Pollard 1982 | Bassin de Patzcuaro | 76,0% [600 g ³] | 11,0% [88 g ³] | 4,0% [100 g ^{3,4}] | 9,0% [100 g ^{3,5}] | |
| Manin <i>n.p.</i> | Mich. 31, Zacapu | 63 à 82% [<i>m</i> =75%] | 2,5 à 17,5% [<i>m</i> =7,5%] | 2 à 12,5% [<i>m</i> =5%] | 0,5 à 5% [<i>m</i> =2%] | |
| Santley et Rose 1979 | Bassin de Mexico | 67,1% | 24,5 à 26,8% | 0,4 à 1,7% | | 5% ⁶ |

Tableau 51 - Part des principaux aliments dans la diète préhispanique selon différentes sources.

¹ ex. *Zea mays mexicana*, *Amaranthus paniculatus* ; ² ex. *Phaseolus vulgaris*, *Cucurbita pepo*, *Capsicum frutescens* ; ³ masse moyenne par personne et par jour ; ⁴ deux fois par semaine en remplacement d'une portion de poisson ; ⁵ cinq fois par semaine ; ⁶ *Opuntia* spp. ; *m* = valeur médiane.

Précisons que les analyses isotopiques mentionnées ci-devant suggèrent une légère surestimation de la part de poisson dans la diète proposée par Pollard. Elle reflète probablement la différence d'habitat des populations considérées ; entre les groupes qui vivent près du lac de Pátzcuaro chez Pollard et ceux qui évoluent principalement dans les hautes terres à Zacapu. Par ailleurs, nous ne perdons pas de vue que le modèle ethnohistorique n'est à première vue validé par les isotopes que pour le Postclassique moyen. Aussi, au regard des différences observées dans les pratiques agraires elles-mêmes entre les phases Lupe-La Joya et Milpillas, nous ne pouvons écarter la possibilité que la diète épiclassique ait pu être distincte de celle du Postclassique moyen. À cet égard, Santley et Rose (1979 : 193-4) suggèrent pour Mexico une augmentation constante de la part de maïs dans la diète, du Préclassique au Postclassique. Pour la période qui nous intéresse, ils estiment toutefois une valeur fixe de 65% dès le début du Classique (à partir de 150 apr. J.-C.). En l'absence d'argument pour nuancer notre propos dans le cas de Zacapu, nous sommes contraint de nous contenter d'une extrapolation pure et simple du modèle tardif aux époques anciennes.

– Quantités

Il n'est pas possible de reconstituer archéologiquement des valeurs quantitatives de consommation quotidienne d'aliments. L'imprécision des informations ethnohistoriques étant par ailleurs trop grande, de telles données proviennent nécessairement de l'ethnographie ou de modèles théoriques des besoins journaliers (ex. FAO/WHO 1973). Les données ethnographiques sont relativement nombreuses en ce qui concerne le maïs. Nous en proposons une compilation non exhaustive (Tableau 52), qui suggère une moyenne d'un peu plus de 500 g par jour et par personne (g/j/pers). Pour ce qui est des autres aliments, les données quantitatives sont autrement plus rares. Sur la base de modèle de nutrition, Pollard propose 88 g/j/pers de haricot et 100 g/j/pers de poisson ou de viande²⁹⁶ pour le bassin de Pátzcuaro au Postclassique récent (1982 : 252).

| Auteur | Région | Période | Source(s) | Masse de maïs consommée par personne et par jour [g] | | | |
|--------------------------|------------------------------|---------|---|--|-----------|-----|------------|
| | | | | min | | max | |
| Brand 1951 | Quiroga, bassin de Patzcuaro | c. 1940 | ethnographie | 560 | [citadin] | 700 | [rural] |
| Ortiz de Montellano 1978 | Bassin de Mexico | c. 1540 | <i>Codex Mendoza</i> | 300 | | 400 | |
| Ivanhoe 1978 | Texcoco | Contact | | 400 | [élite] | 680 | [commoner] |
| Pollard 1982 | Bassin de Patzcuaro | Contact | Ethnographie, ethnohistoire | | | 600 | |
| Williams 1989 | Nord-Est Bassin de Mexico | c. 1540 | <i>Codice de Santa Maria Asuncion ; Codex Vergara</i> | 439 | [femme] | 566 | [homme] |
| Sheets et Woodward 2002 | Joya de Cerén, El Salvador | c. 2000 | ethnographie | 411 | | 600 | |

Tableau 52 - Quantité de maïs consommée par personne et par jour.

Il convient par ailleurs de souligner que les proportions d'aliments consommés varient en fonction de facteurs sociaux et biologiques. Par exemple, il est communément admis que les plus démunis consomment moins de viande que les plus aisés. À cet égard, les fouilles conduites sur le site de Mich. 31 fournissent peut-être une expression matérielle de telles différences (cf. 4.3.2). Parallèlement, un enfant a des besoins nécessairement moindres qu'une femme ou un homme adulte. Si de tels aspects peuvent être considérés dans certains cas ethnohistoriques (Williams 1989), les modalités de leur prise en compte dans un cas archéologique sont compliquées à mettre en place de façon pertinente. Nous ne nous y risquons pas ici.

²⁹⁶ Au regard des carences qu'entraînerait une diète uniquement composée de poissons comme source de protéines animales, l'auteur propose une substitution de la portion par de la viande deux fois par semaine (Pollard 1982 : 253).

– Estimation de la diète dans le présent modèle

Au regard des données disponibles et des incertitudes, nous nous basons sur le modèle de Pollard (1982 ; Pollard et Gorenstein 1983). Nous considérons de fait une diète constituée à près de 80% de maïs ; laquelle est à première vue corroborée par les isotopes pour un des sites de notre fenêtre (Mich. 31), pour le Postclassique moyen (Manin 2017, comm. pers.). Comme d'autres, nous nous limitons à ce cultivar dans notre modèle, puisqu'il constitue de fait une variable pertinente. Par ailleurs, nous ne tentons pas de pondération hasardeuse des quantités de maïs consommées en fonction de facteurs sociaux et biologiques. Nous nous contentons de considérer une moyenne haute fixée à 600 g/j/pers et une moyenne basse à 500 g/j/pers.

**

Sur la base de cette discussion, nous sommes désormais en mesure de proposer des estimations de la consommation en maïs pour chaque période (Tableau 52). Rappelons néanmoins que ces estimations constituent des valeurs maximales, dans la mesure où nous considérons dans un premier temps que l'ensemble des structures identifiées comme des maisons est occupé.

| Scénario | Période | Popn. | Consommation en maïs | | | |
|-------------------------------------|----------------------|-------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------------|----------------------------|
| | | | annuelle par personne [kg] | | annuelle totale [Kt] ³ | |
| | | | moyenne basse ¹ | moyenne haute ² | moyenne basse ¹ | moyenne haute ² |
| 1. Popn. Min (5 pers./maison) | Épiclassique | 6160 | 182,5 | 219,0 | 1,124 | 1,349 |
| | Postclassique ancien | 265 | 182,5 | 219,0 | 0,048 | 0,058 |
| | Postclassique moyen | 18685 | 182,5 | 219,0 | 3,410 | 4,092 |
| 2. Popn. Max (6 pers./maison) | Épiclassique | 7392 | 182,5 | 219,0 | 1,349 | 1,619 |
| | Postclassique ancien | 318 | 182,5 | 219,0 | 0,058 | 0,070 |
| | Postclassique moyen | 22422 | 182,5 | 219,0 | 4,092 | 4,910 |

Tableau 53 - Consommation en maïs selon la période.

¹500 g/j/pers ;

²600 g /j/pers ;

³Kt = 1000 t = 1·10⁶ kg.

9.2.2.2. Estimer la production : surface cultivée archéologique, surface cultivable, et rendements

Pour estimer la production, il nous faut désormais nous pencher sur la question des surfaces cultivées et celle des rendements.

- *Le sol : estimation des surfaces exploitées*

À partir des données produites, il est possible de définir les surfaces cultivées de deux manières :

- 1) La première – que nous privilégions dans un premier temps – repose essentiellement sur l'étude archéologique : il s'agit de considérer que les zones qui présentent des aménagements agraires constituent la majorité des espaces cultivés. Nous ajoutons à celles-ci les zones qui, en dépit de l'absence d'aménagement visible, nous semblent avoir été exploitées au vu des caractéristiques de leurs sols et de leur localisation par rapport à des structures archéologiques (ex. plateau du Copalillo).
- 2) La seconde repose essentiellement sur l'étude géopédologique : il s'agit alors de considérer que les géoformes ont été exploitées au maximum de leur capacité. En d'autres termes, cette approche considère que toutes les zones cultivables ont été cultivées, même celles qui ne sont *a priori* pas aménagées et/ou qui ne se sont pas localisées à proximité de structures archéologiques.

Nous distinguons ainsi deux concepts : la *surface cultivée archéologique* et la *surface cultivable*.

- estimation des surfaces sur la base de l'archéologie

L'estimation des surfaces sur la base des indices archéologiques implique d'accepter une certaine marge d'erreur liée à plusieurs sources d'incertitudes.

La première réside dans l'interprétation de la fonction des aménagements. Tous n'ont pas pu être vérifiés sur le terrain. Nous ne pouvons donc exclure la possibilité que certains n'aient pas eu la vocation que nous leur accordons au regard de leur morphologie seule.

La deuxième source d'incertitude réside dans le facteur temps. Il nous est impossible d'assigner de façon univoque une période d'utilisation à chaque aménagement. Seule une poignée a pu être datée par la fouille avec plus ou moins de sécurité. La datation passe donc par une extrapolation basée sur la morphologie des aménagements et leur proximité/cohérence spatiale avec des éléments mieux datés. Cette démarche est source d'erreurs. En outre, la conquête des espaces cultivables a dû être progressive. On augmentait probablement le nombre de champs à mesure que la population croissait. Notre résolution chronologique n'est pas assez fine pour évaluer ce phénomène. Enfin, toujours en ce qui concerne le temps, nous ne pouvons pas non plus assurer la contemporanéité de mise en culture des espaces aux échelles annuelle et pluriannuelle. Le modèle propose pour cela des estimations en essayant de juger au mieux de la potentialité des jachères.

La dernière et plus grande source d'incertitude tient à la méthode choisie ici : nous définissons les espaces cultivés sur des critères archéologiques (structures attestant la culture) et pédologiques (sols théoriquement cultivables à proximité de structures). Ainsi, les étendues cultivées sont certainement sous-évaluées par cette approche, notamment en ce qui concerne les zones d'agriculture extensive (voir discussion au 1.3.1). L'estimation de surface sur la base de la géopédologie permet de nuancer cet aspect (voir *infra*).

Ces précisions faites, rappelons les surfaces que nous avons estimées au chapitre 8 en suivant cette approche basée sur la donnée archéologique (Tableau 54).

| Époque | Probabilité de mise en culture (cf. 8.4) | Surface estimée [ha] | Pourcentage de la surface totale cultivable |
|--|--|----------------------|---|
| Épiclassique 600-900 apr. J.-C. | Forte | 220,7 | 5 |
| | Moyenne | 399,4 | 9 |
| | Hypothétique | 895,7 | 20,3 |
| | Surface cultivée archéologique | 1515,8 | 34,3 |
| Postclassique ancien 900-1250 apr. J.-C. | Forte | 13,5 | 0,3 |
| | Moyenne | 9,2 | 0,2 |
| | Hypothétique | 101 | 2,3 |
| | Surface cultivée archéologique | 123,7 | 2,8 |
| Postclassique moyen 1250-1450 apr. J.-C. | Forte | 44,6 | 1 |
| | Moyenne | 238,4 | 5,4 |
| | Hypothétique | 757,8 | 17,2 |
| | Surface cultivée archéologique | 1040,8 | 23,6 |
| Surface totale cultivable (fenêtre étudiée [8100 ha]) | | 4417,2 | 100 |

Tableau 54 - Rappel de l'estimation des surfaces cultivées en fonction de la surface totale cultivable de la fenêtre d'étude.

Les espaces et surfaces cultivés ne sont pas les mêmes en fonction des époques. À l'Épiclassique, les sols téphriques des coulées du Pléistocène récent sont privilégiés (Mesa del Bolsón, Caracol...). La probabilité de mise en culture est fiable pour 220 ha seulement. S'ajoutent 400 ha aménagés, mais mal datés, et près de 900 ha dont la probabilité est plus discutable. Le total s'élève à environ 1500 ha pour les phases Lupe et La Joya.

Au Postclassique ancien, malgré des stratégies globalement similaires, certaines occupations se tournent vers les rives du lac. Selon toute vraisemblance, entre 13 et 23 ha sont utilisés, mais nous estimons qu'au moins 100 ha de plus pouvaient facilement être exploités. L'ensemble cumule un peu plus de 120 ha²⁹⁷ pour la phase Palacio.

Au Postclassique moyen enfin, les géoformes anciennes sont mises à profit dans les hautes terres (Copalillo, La Raya...) – parfois au détriment de sols exploités quatre siècles auparavant (ex. Mesa del Bolsón) – et de nouvelles formes de mise en culture apparaissent (exploitation de sols vertiques, possible culture en cuvettes sur l'Infiernillo). Un minimum de 45 ha est alors mis en culture, mais 238 ha supplémentaires ont de grandes chances d'avoir été exploités aussi. À ce compte, s'ajoutent plus de 750 ha dont la probabilité d'exploitation est plus contestable. La surface cultivée totale est donc d'environ 1000 ha pour la phase Milpillás.

– estimation des surfaces sur la base de la géopédologie

La seconde approche consiste à se baser sur le potentiel agricole total des géoformes, en faisant globalement abstraction de la donnée archéologique. À cet égard, précisons deux points mis en avant ailleurs par l'ethnographie (Netting 1993, entre autres), confirmés par nos observations et entretiens de terrain, et dont la pérennité dans le temps est matérialisée par les vestiges archéologiques :

- 1) Les espaces absolument impossibles à cultiver sont très rares. Il s'agit tout au plus des sols extrêmement superficiels et durs (certains Leptosols), des zones sans couverture pédologique (Nudilithic Leptosols), et des points d'eau permanents (lesquels peuvent toutefois être drainés).
- 2) Par ailleurs, tous les autres terrains ont théoriquement pu être exploités, notamment à la main aux époques anciennes. Pour preuve, les nombreux

²⁹⁷ Ce qui constitue à n'en pas douter une estimation bien basse que le futur des recherches précisera sûrement.

aménagements dans les *malpais* soulignent la capacité des groupes préhispaniques à produire un investissement pour mettre à profit des espaces *a priori* impropres à l'agriculture, voire à l'habitat.

Dans cette perspective, l'estimation de la surface maximale cultivée est égale à la surface théoriquement cultivable ; soit 4417,2 ha ou 54% de la superficie totale de la fenêtre (voir 8.1.2). Avant l'éruption du Prieto, cette surface devait être plus importante d'environ 350 ha²⁹⁸.

Dans notre modèle, nous privilégions d'abord l'approche basée sur les données archéologiques, bien qu'elle offre vraisemblablement une vision tronquée des surfaces réellement cultivées à l'époque préhispanique. Nous partons d'éléments concrets (preuves archéologiques) pour ouvrir dans un second temps sur les hypothèses de mise en culture de zones où les preuves matérielles sont *a priori* absentes.

- *Les cultures : estimation des rendements*

La question des rendements n'échappe pas aux imprécisions. Il existe globalement trois méthodes pour les estimer :

- 1) Certains chercheurs se sont appuyés sur l'ethnohistoire, notamment sur les quantifications de tribut (Ortiz de Montellano 1978 ; Williams 1989). Les données sont toutefois rares et irrégulières pour l'Occident. De plus, les incertitudes sont grandes en ce qui concerne la conversion des mesures et poids anciens (ex. *fanegas* coloniales).
- 2) D'autres chercheurs ont fondé leur réflexion sur l'ethnographie (Sanders 1976 ; Sanders *et al.* 1979 ; Gorenstein et Pollard 1983), admettant la possibilité d'extrapoler les rendements actuels aux époques anciennes. Mais les incertitudes sont nombreuses. Citons par exemple le choix des espaces cultivés, qui a pu varier sensiblement selon les époques, notamment en fonction de l'évolution des techniques disponibles ; ou bien la question de la fertilisation, qui n'est pas toujours claire dans les travaux ethnographiques²⁹⁹.

²⁹⁸ La coulée du Prieto présente une surface de 570 ha. Elle a occulté des parties des coulées plus anciennes de la Mesa del Bolsón et du Caracol. Les affleurements sur ces coulées impliquent qu'environ 60% de leur surface sont effectivement cultivables (Figure 2 : 513). Ainsi, nous estimons que les terres arables recouvertes par le Prieto représentent environ 60% de 570 ha, soit 350 ha.

²⁹⁹ Bien que, pour le cas du nord du Michoacán, la plupart des études date d'avant les années 1940 et la généralisation des engrais chimiques.

De plus, tous les auteurs soulignent les imprécisions liées à la bonne foi des informateurs, souvent peu enclins à révéler leur production véritable (Foster 1948 ; Brand 1951).

- 3) Il est finalement possible de reconstituer les rendements à partir d'un comptage théorique, basé sur l'estimation de la masse moyenne de matière sèche produite par hectare. Cette option a été suivie pour la culture du maïs dans le Jalisco préhispanique (Baden et Beekman 2011) ou par nos soins dans le Malpaís de Zacapu (Dorison 2013). La démarche nécessite toutefois des concessions, telles que le fait de devoir choisir une ou des espèces hypothétiquement cultivées parmi pléthore de possibilités, d'établir une moyenne du nombre d'épis par plant, ou encore de définir arbitrairement l'espacement moyen des plants dans les parcelles.

En d'autres termes, quelle que soit la méthode utilisée, il est impossible d'obtenir des valeurs incontestables. Mais l'estimation de rendements n'en est pas pour autant dénuée de sens, car malgré les imprécisions, ethnographie, ethnohistoire et comptage théorique s'accordent pour proposer des fourchettes de rendements comparables.

– Le maïs

Pour le maïs dans le nord du Michoacán, l'ethnographie rapporte des valeurs s'échelonnant entre 255 kg/ha, pour une mauvaise année et sur des sols moyens, et 2450 kg/ha, pour des sols de rives très riches³⁰⁰ (Tableau 55). La moyenne tourne autour de 1000 kg/ha³⁰¹. Nous soulignerons le fait que les sols cultivés dans les hautes terres de la Meseta Tarasca – c'est à dire dans des contextes géopédologiques comparables à ceux des hautes terres zacapenses – permettent de bons rendements (jusqu'à plus de 2000 kg/ha). En outre, ceux produits sur les terrains cultivés *de humedad* dans cette zone avoisinent, voire surpassent, ceux des rives du lac de Pátzcuaro. Autant d'indices qui suggèrent une fois de plus que les hautes terres peuvent s'avérer tout aussi rentables, si ce n'est plus, que les basses terres.

³⁰⁰ Gougeon rapporte des valeurs supérieures – 3500 kg/ha pour la ciénega de Zacapu – mais précise qu'il s'agit de sols traités avec des engrais industriels (1991 : 66).

³⁰¹ Une valeur similaire est rapportée par Pimentel et Pimentel (1979 : 63-5, cités par Netting 1993 : 130) pour l'agriculture sur brûlis au Guatemala (1066 kg/ha) ou au Niger (1004 kg/ha).

| Auteur/ Type de terrain cultivé | Type(s) de sol supposé(s) ¹ | Surface cultivée[ha] | Rendement [<i>fanega</i> ²] | Rendement [kg/ha] |
|---|---|-------------------------|---|-------------------------------------|
| Beals 1946 (Cherán) | | | | |
| conversion <i>fanega</i> vers kg | | | | |
| Meilleurs terrains (<i>de humedad</i>) (moyenne) | Humic Andosols/Mollic Andosols | 1 | 30 | 2040 |
| <i>Idem</i> , mauvaise année 1 | <i>idem</i> | 1 | 11,25 | 765 |
| <i>Idem</i> , mauvaise année 2 | <i>idem</i> | 1 | 18,75 | 1275 |
| Terrain ordinaire | Distric Cambisols/Haplic Andosols | 1 | 22,50 | 1530 |
| <i>Idem</i> , mauvaise année 1 | <i>idem</i> | 1 | 3,75 | 255 |
| <i>Idem</i> , mauvaise année 2 | <i>idem</i> | 1 | 15 | 1020 |
| Brand 1951 (Quiroga) | | | | |
| Moyenne basse (mauvaise récolte) | Luvic Phaeozems/Haplic Phaeozems/Vertic Luvisols/Haplic Andosols | 1 | 8 | 544 ⁴ |
| Moyenne haute | <i>idem</i> | 1 | 12 | 816 ⁴ |
| Foster 1948 (Tzintzuntzan) | | | | |
| conversion | | | | |
| | | | | <i>fanega</i> /ha L/ha ⁵ |
| Rive ³ | Chromic Luvisols | 0,8 | 28 | 2380 2450 |
| <i>Idem</i> ³ | <i>idem</i> | 0,45 | 12 | 1813 1867 |
| <i>Idem</i> ³ | <i>idem</i> | 3,1 | 100 | 2194 2258 |
| <i>Idem</i> ³ | <i>idem</i> | 1,45 | 15 | 703 724 |
| Jardin (<i>Solar</i>) ³ | Chromic Luvisols | 0,15 | 2 | 907 933 |
| <i>Idem</i> ³ | <i>idem</i> | 1,2 | 16 | 907 933 |
| Versant ³ | Chromic, Skeletic Luvisols/ Vertic, Skeletic Luvisols | 0,7 | 3 | 291 300 |
| <i>Idem</i> ³ | <i>idem</i> | 0,5 | 3 | 408 420 |
| <i>Idem</i> ³ | <i>idem</i> | 0,5 | 6 | 816 840 |
| <i>Idem</i> ³ | <i>idem</i> | 0,6 | 3 | 340 350 |
| <i>Idem</i> ³ | <i>idem</i> | 0,55 | 3 | 371 382 |
| Belshaw 1967 (Huecorio) | | | | |
| Moyenne générale | Mollic Gleysols/Haplic Luvisols/Skeletic, Leptic Luvisols/Leptosols | 1 | - | 1995 |
| Gougeon 1991 (Zacapu) | | | | |
| <i>Temporal</i> année normale/mauvaise année | Pellic Vertisols/Endovertic Phaeozems* | 1 | - | 1300/600 ⁶ |
| <i>Temporal</i> avec humidité résiduelle | Endovertic Phaeozems*/Pellic Vertisols | 1 | - | 3000 ⁶ |
| <i>Joyas</i> | Mollic Andosols | 1 | - | 1200-2800 |
| <i>Temporal</i> terrassé | Eutric Cambisols/Haplic Andosols Haplic | 1 | - | 1600 |
| Irrigué (ciénega) | Phaeozems*/Histosols/Pellic Vertisols | 1 | - | 3500 |

Tableau 55 – Synthèse des rendements compilés dans les travaux ethnographiques dans le nord du Michoacán.
¹À partir des cartes DETENAL (1979a, 1979b et 1982), sauf * : présente étude ; ²*fanega* ≈ 68 kg (Brand 1951 : 132) ; ³Foster précise dans ces cas qu'il s'agit de polyculture (maïs/haricot/courge) ; ⁴Brand considère que la fiabilité de ses informateurs est à l'origine des valeurs très basses et suggère d'élever la moyenne à 800-1000 kg/ha sur la base d'observations ; ⁵Foster propose plusieurs unités de mesure mais les conversions *fanega* vers kg et L vers kg sur la base de la grille de Brand (*ibid.* : 132) donnent des résultats légèrement différents ; ⁶usage d'engrais industriels.

Gorenstein et Pollard (1983 : 83) font partie des auteurs qui ont opté pour l'estimation des rendements préhispaniques à partir de données ethnographiques. Dans le bassin de Pátzcuaro, elles proposent ainsi les valeurs suivantes pour chacune des trois classes de terrain qu'elles avaient au préalable définies (cf. 2.3.1.2) : 2000 à 2200 kg/ha pour les sols de rives irrigués en permanence ou de façon saisonnière (Classe I) ; 1000 kg/ha en *temporal* sur le piémont (Classe II) ; et 450 kg/ha pour le reste des zones cultivées (Classe III). Le bassin de Mexico, étudié par Sanders et Logan en suivant la même méthodologie (1976), fournit un autre exemple dans des contextes géopédologiques comparables. Ces auteurs proposent des valeurs comprises entre 400-800 kg/ha, pour des sols cultivés de *temporal* sur les piémonts, et 1000-1400 kg/ha, pour les sols irrigués en permanence ou *de humedad*. Selon eux, seules les zones d'agriculture intensive en milieu humide (*chinampas*) assuraient des rendements supérieurs à 2000 kg/ha à l'époque préhispanique (car on y produisait plusieurs récoltes par an précisent Baden et Beekman [2011]).

En comparaison les reconstructions basées sur l'ethnohistoire sont moins nombreuses car les valeurs de rendement fiables sont rares (Offner 1980). Notons toutefois l'étude de Williams (1989 : 718) qui, à partir du *codex Kingsborough* (c. 1540), propose les estimations suivantes pour le piémont du bassin de Mexico³⁰² : 700-760 kg/ha en 1532 et 1050-1140 kg/ha en 1533. L'auteur précise que 1532 pourrait constituer une mauvaise année et 1533 une année normale ou bonne. Ces valeurs sont sensiblement plus élevées que celles proposées par Sanders et Logan (1976) pour des terrains similaires. *A contrario*, elles sont assez proches de celles proposées par Gorenstein et Pollard (1983) pour les sols de *temporal*, et plus généralement sont en accord avec les moyennes ethnographiques.

Pour ce qui est finalement de la méthode du comptage théorique, les résultats d'un travail précédent (Dorison 2013 : 83-88) fournissent un exemple d'application à Zacapu. Les critères utilisés étaient alors :

- 1) une masse sèche moyenne de grain par épis de 97 g (0,097 kg) : estimée au regard des caractéristiques morphologiques des variétés anciennes de maïs

³⁰² Le *codex Kingsborough* concerne Tepetlaoxtoc, au nord-est de Texcoco, où les Phaeozems dominent (INEGI, carte pédologique au 1 : 250000 ; <<http://gaia.inegi.org.mx/mdm6>> consulté le 20/03/2019).

potentiellement mises en culture dans le nord du Michoacán et des restes d'épis découverts en fouille dans Mich. 31 (Dorison 2013 : 84)³⁰³ ;

- 2) une moyenne d'un épi par plant ;
- 3) une densité du champ comprise entre 2 et 4 épis/m², soit 20000 à 40000 épis/ha³⁰⁴ : estimation proposée à partir de l'espacement de billons archéologiques (0,6-1,3 m) (Plunket et Uruñuela 1998 ; Sheets 2002 entre autres) et la distance ethnographique entre les semis (0,6-1,5 m) et les billons (0,4-0,8 m) (Beals 1946 ; Foster 1948).

Sur cette base, l'estimation de rendement était comprise entre 1940 kg/ha (20000 x 0,097 kg) et 3880 kg/ha (40000 x 0,097 kg). Suivant la même méthode, Baden et Beekman (2011) proposent une fourchette théorique entre 2400 kg/ha (30000 x 0,08 kg) et 2700 kg/ha (30000 x 0,09) pour le Jalisco préhispanique, mais arrêtent leur rendement hypothétique moyen à 1900 kg/ha. Ils considèrent ainsi les pertes liées aux aléas (pourrissement, maladies, vols...). *A posteriori*, il nous semble que la fourchette qui ressortait de notre propre comptage théorique pour Zacapu (Dorison 2013) était trop élevée. La valeur de 3880 kg/ha est un *optimum* difficilement envisageable, mais la valeur de 1940 kg/ha est en accord avec l'hypothèse de Baden et Beekman.

– Facteurs influençant les rendements

De nombreux facteurs peuvent influencer les rendements en maïs pour une surface donnée (fertilisation, monoculture/polyculture, jachère...). Le lecteur trouvera une synthèse dans Baden et Beekman (2011). Avec notre modèle, nous souhaitons offrir matière à réflexion mais nous ne recherchons pas l'exhaustivité. Aussi laissons-nous de côté la plupart de ces facteurs difficiles à prendre en compte. Sans entrer dans le détail, rappelons toutefois les principaux.

Polyculture. Les habitants préhispaniques du Malpaís ont très probablement pratiqué la polyculture, dont l'influence sur les rendements est reconnue, mais mal comprise. Pour le nord du Michoacán, les informations ethnographiques sont relativement rares. Foster (1948 : 74) fait exception et rapporte des valeurs pour le haricot en polyculture à Tzintzuntzan. Elles

³⁰³ Baden et Beekman (2011) proposent 80-90 g pour le Jalisco. Sheets et Woodward (2002) proposent 150 g pour une variété ancienne de maïs, le Nal-Tel (Sud du Mexique).

³⁰⁴ 40000 épis/ha constituant la densité maximale préconisée par les agronomes (Norman *et al.* 1995).

s'échelonnent entre 356 et 826 kg/ha, pour une moyenne de 540 kg/ha. Ces valeurs semblent relativement élevées. En comparaison, une étude menée au Tabasco dans les années 1970 rapporte des rendements de 600-700 kg/ha en monoculture, contre seulement 100 kg/ha en polyculture (Amador 1980, cité par Gliessman et Engles 2015 : 199)³⁰⁵. La même étude indique par ailleurs que la courge peut quant à elle donner des rendements en monoculture allant jusqu'à plus de 400 kg/ha, contre seulement 80 kg/ha en polyculture. Gougeon (1991) mentionne lui aussi des pratiques de polyculture dans le bassin de Zacapu mais dans des contextes où l'utilisation d'engrais industriels est rarement précisée. Il rapporte des valeurs de 700 kg/ha de haricot pour des parcelles cultivées *de humedad* dans les hautes terres, en polyculture maïs-haricot-courge (Gougeon *ibid.* : 73). Il souligne par ailleurs l'importance des *joyas* pour le haricot, où, en monoculture, celui-ci peut donner 500 à 1200 kg/ha.

Ces valeurs indiquent à première vue des rendements moins élevés en polyculture, bien que les valeurs de Foster et d'autres (voir Baden et Beekman 2011) suggèrent qu'il ne s'agit pas d'une règle générale. En revanche, il est admis que la polyculture maïs-haricot réduit les pertes en maïs dues à certaines maladies (Francis 1986 ; Gliessman 1998 ; Gliessman et Engles 2015). En outre, différentes études indiquent que cette association de cultivars peut améliorer les rendements en maïs, mais les résultats ne sont pas univoques (Francis *et al.* 1978, cité par Baden et Beekman 2011).

Jachère. Ethnographie et ethnohistoire révèlent deux cas de figure principaux : l'absence de jachère pour les sols les plus fertiles (culture continue) et la jachère courte pour les autres sols (1 à 4 ans de mise en culture, suivis de 1 à 15 ans de jachère [Baden et Beekman 2011]). Dans la Meseta Tarasca et le bassin de Pátzcuaro, les sols cultivés en continu sont ceux qui gardent des taux d'humidité suffisants toute l'année (rives et sols à humidité résiduelle) (Beals 1946 ; West 1948 ; Brand 1951).

Dans notre fenêtre à l'époque préhispanique, l'agriculture en continu est donc envisageable – mais difficile à entretenir – sur certains sols à humidité résiduelle des hautes terres (ex. certaines *joyas* particulièrement fertiles) et sur les rives (en admettant que certaines ont été drainées malgré l'absence d'indice archéologique). Ethnographiquement, Gougeon (1991 : 74) précise néanmoins qu'en dehors de la plaine lacustre, la jachère est biennale ou triennale dans les *joyas* et les champs *de humedad* des hautes terres. Cependant, la situation

³⁰⁵ La nature des engrais potentiellement utilisés dans cette étude n'est pas précisé chez Gliessman et Engles 2015. Nous n'avons pas pu consulter la publication originale de Amador (1980).

préhispanique était différente de l'actuelle. Au regard de la proximité des habitats avec les champs – notamment à l'Épiclassique – et de la démographie plus élevée, l'investissement humain pour la mise en culture était potentiellement plus important qu'aujourd'hui. Aussi estimons-nous que la culture continue était peut-être possible sur certains sols téphriques aménagés de terrasses, à la faveur d'apports très réguliers d'engrais et probablement d'une irrigation manuelle. En d'autres termes, nous admettons que les surfaces définies comme présentant une forte potentialité de mise en culture (voir 8.3) pouvaient pour certaines être cultivées sans jachère. Par précaution, nous estimons dans notre modèle que la jachère biennale – *ratio* 1:1 (1 an cultivé, 1 an en jachère) – constitue un minimum et deux types de rotation supplémentaires sont considérés pour la rigueur de la discussion : *ratio* 1:2 et 1:3.

Fertilisation. Ce facteur a déjà été discuté en partie pour chacune des périodes considérées (8.3). Sont envisageables des couvertures de feuilles de chêne, de déchets alimentaires, d'excréments animaux (dindons) ou encore humains, notamment dans la mesure où aucun animal domestique de grande taille n'était connu des groupes préhispaniques. À l'égard de ce dernier point, Baden et Beekman (2011) rapportent que malgré les collectes réalisées à l'époque aztèque (Armillas 1961), la fertilisation par épanchement d'excréments humains n'avait qu'une importance limitée pour éviter l'épuisement des sols. Ces auteurs précisent en outre que, contrairement aux idées reçues, ce constat est aussi valable pour les fumiers et lisiers dans le contexte de l'Europe médiévale.

Néanmoins, peu d'études se sont intéressées en détail à la question de l'utilisation de fèces humaines à l'époque préhispanique. Le sujet est auréolé d'un certain tabou, tant pour les agriculteurs (Wilken 1987), que pour les chercheurs. Dans son étude de la vallée de Oaxaca, Kirkby (1973 : 119-20) propose environ 1,5 kg produit par famille et par jour, mais ne précise pas la composition de cette famille. En comparant avec les quantités de fumier utilisées actuellement, elle conclut que seulement 0,04 ha pouvait être fertilisés par les excréments d'une famille ; soit 8,25% de la surface couverte aujourd'hui. Elle précise que de telles pratiques devaient avoir été réservées aux jardins proches des maisons à l'époque préhispanique.

C'est précisément sur ce dernier point que se trouve la grande différence entre la vallée de Oaxaca actuelle et notre zone d'étude à l'époque préhispanique. En effet, à Zacapu, à l'Épiclassique comme au Postclassique ancien et dans les centres urbains de Mich. 38 et

95-96³⁰⁶, les espaces cultivés sont à proximité directe des habitats. En conséquence, les pratiques culturales pouvaient être proches de l'intensité d'un système horticole. À cet égard, un calcul sommaire donne matière à réflexion. De fait, pour une valeur raisonnable de 200 g de fèces produites par jour et par personne (vraisemblablement comparable à celle évaluée par Kirkby [1973]), les quantités alors disponibles sont non négligeables au regard de la population estimée pour notre zone à l'Épiclassique et au Postclassique moyen. Par exemple, nous calculons des valeurs maximales comprises entre 91 et 110 t par an pour le site épiclassique de Mich. 318 (1250 à 1500 habitants estimés, toutes maisons occupées). Pour une surface cultivée intra-site d'environ 110 ha, cette quantité représente 0,8 à 1 t/ha disponibles par an. Ces *ratios*, certes bas, sont néanmoins comparables aux quantités utilisées ethnographiquement (Parsons *et al.* 2009 ; Gliessman et Engels 2015). Sachant que s'ajoutent à cela les déchets alimentaires et les excréments d'animaux, il est raisonnable de supposer que les engrais organiques ont pu avoir un certain impact sur les rendements.

– Estimation des rendements en maïs pour le présent modèle

En résumé, si nous mettons en regard la théorie avec l'ethnographie et l'ethnohistoire, nous dégageons la tendance suivante :

- 1) les plus mauvaises terres (sols très argileux, peu épais, ou mal drainés) permettent des rendements limités, dépassant rarement 500 kg/ha ;
- 2) les terres ordinaires permettent un rendement moyen autour de 1000 kg/ha ;
- 3) les meilleures terres (sols de rives, mais aussi les sols téphriques à humidité résiduelle des hautes terres) permettent des rendements autour de 2000 kg/ha.

Cette proposition est donc proche de celle de Gorenstein et Pollard (1983) ; exception faite de la part que nous donnons aux sols téphriques des hautes terres, dont le potentiel agricole a selon nous été sous-estimé. Sur cette base, nous proposons les rendements hypothétiques suivants pour les contextes géopédologiques de notre fenêtre d'étude (Tableau 56).

³⁰⁶ En admettant toujours que le parcellaire de cuvettes sur Mich. 38 était bien cultivé et en excluant Mich. 31, où l'impossibilité de cultiver intra-site implique l'existence d'un *hinterland* agricole dédié au site (voir 9.1.2.2).

| Paysage géomorphologique | Géoformes | Rendement hypothétique en maïs [kg/ha] | |
|--------------------------|---|--|---------------|
| | | moyenne basse | moyenne haute |
| Hautes terres | Dôme Pléistocène à altération avancée | 200 | 400 |
| | Cônes scoriacés Pléistocène moyen | 700 | 1000 |
| | Cônes scoriacés Pléistocène récent | 700 | 1000 |
| | coulées volcaniques Pléistocène ancien-moyen | 700 | 1000 |
| | coulées volcaniques Pléistocène récent | 1000 | 2000 |
| | coulées volcaniques Holocène 1 | - | - |
| | coulées volcaniques Holocène 2 | - | - |
| | coulées volcaniques Anthropisées | - | - |
| | sauf El Infiernillo | (1000) | (2000) |
| | dépressions | 1000 | 2000 |
| | sauf propriétés stagniques | 500 | 800 |
| | alluvions | 1000 | 2000 |
| Piémont | colluvions | 700 | 1000 |
| | coulées volcaniques Pléistocène | 700 | 1000 |
| | coulées volcaniques recouvertes par des sédiments lacustres | 700 | 1000 |
| | Soulèvement de dépôts lacustres | 700 | 1000 |
| | alluvions | 1000 | 2000 |
| Plaine lacustre | colluvions | 700 | 1000 |
| | Lacustre profond | - | - |
| | Lacustre superficiel | (1000) | (2000) |
| | Rives palustres | 700 | 1000 |
| | îles (coulées volcaniques Pléistocène) | 500 | 800 |

Tableau 56 - Rendements préhispaniques hypothétiques.

Les valeurs entre parenthèses indiquent les espaces où l'incertitude de mise en culture est grande.

Avec de telles estimations, nous restons raisonnable (peut-être même trop) de façon à nuancer bonnes et mauvaises années. De fait, l'investissement des populations préhispaniques devait permettre des rendements bien plus élevés durant les années propices et dans les meilleurs contextes pédologiques. Par exemple, les valeurs dans les *joyas* les plus fertiles avoisinaient probablement les 3000 kg/ha. Soulignons par ailleurs que les espaces attestés comme ayant été cultivés – ou que nous supposons avoir été cultivés – à l'époque préhispanique sont tous compris dans des contextes géopédologiques susceptibles d'offrir de bons rendements (700-1000 à 1000-2000 kg/ha).

9.2.2.3. Récapitulation des variables du modèle.

- 1) Pour ce qui est de la surface totale cultivée, nous proposons dans un premier temps les valeurs suivantes basées sur les traces matérielles :
 - 1500 ha pour l'Épiclassique ;
 - 120 ha pour le Postclassique ancien ;
 - 1000 ha pour le Postclassique moyen.

Dans un second temps, nous nous réfèrerons à l'estimation maximale fondée sur la pédologie, qui s'élève à 4417,2 ha (4767,2 ha pour l'Épiclassique).

- 2) En ce qui concerne les rendements, nous distinguons globalement trois classes de sols cultivés et deux cas de figure pour chacune – rendement moyen minimum et maximum (cf. Tableau 56) :
 - classe I : 1000 kg/ha min. ; 2000 kg/ha max.
 - classe II : 700 kg/ha min. ; 1000 kg/ha max.
 - classe III : 500 kg/ha min. ; 800 kg/ha max.
- 3) Pour la démographie, nous proposons une fourchette en fonction du nombre hypothétique d'habitants par maisons (5 ou 6), en considérant dans un premier temps le cas de figure peu probable où toutes les maisons seraient occupées en même temps :
 - 6160 à 7392 pour l'Épiclassique ;
 - 265 à 318 pour le Postclassique ancien ;
 - 18685 à 22422 pour le Postclassique moyen.
- 4) Pour la diète, nous proposons une fourchette en fonction de la moyenne quotidienne de maïs consommée (500 ou 600 g), en admettant qu'elle représente 80% des apports ; soit 182,5 à 219 kg annuels par personne.

9.2.3. Tester le modèle 1 : de la surface à la population

9.2.3.1. Raisonement

Nous raisonnons d'abord de la surface à la population : à partir des surfaces cultivées matérialisées par les vestiges archéologiques, nous calculons les rendements théoriques, que nous traduisons ensuite en population potentiellement sustentée.

- Calcul des rendements en maïs

Les surfaces cultivées archéologiques s'étendent sur différentes géoformes. Notre cartographie en compte 154. Nous avons assigné une fourchette de rendement à l'hectare pour chacune en fonction des types de sol qu'elles présentent (voir Tableau 56 et carte Copalillo). Ainsi, pour une géoforme g , le rendement à l'hectare r_g est multiplié par la surface cultivée archéologique s_a à l'intérieur de ses limites.

Le résultat est la production théorique P_g dans la géoforme g :

$$r_g \times s_a = P_g$$

Ce calcul est répété pour chaque géoforme de la zone d'étude afin d'obtenir la production totale P_t dans les limites de la fenêtre ($P_{g1} + P_{g2} + P_{g3...} + P_{g154} = P_t$). Les totaux par période sont compilés dans le Tableau 57 (la moyenne basse correspond au calcul basé sur des rendements bas et la moyenne haute, à celui basé sur des rendements élevés).

| Période | Surface cultivée archéologique [ha] | Rendements en maïs [Kt] | |
|----------------------|---|-------------------------|---------------|
| | | moyenne basse | moyenne haute |
| Épiclassique | 1500 | 1,251 | 2,150 |
| Postclassique ancien | 120 | 0,121 | 0,238 |
| Postclassique moyen | 1000 | 1,005 | 1,783 |

Tableau 57 - Rendements en maïs hypothétiques selon la période.

– Calcul de la population sustentée

À partir de ces rendements et de la diète, il est possible d'estimer la population potentiellement sustentée grâce à l'exploitation des surfaces cultivées archéologiques à chaque période. En faisant d'abord abstraction du facteur temps, il s'agit de diviser la production totale P_t par la consommation annuelle d'un individu C_i , soit 182,5 (500 g/j) à 219 kg (600 g/j) (cf. Tableau 53), qui permet d'évaluer la population potentiellement sustentée Pop_p (Tableau 58) :

$$\frac{P_t}{C_i} = Pop_p$$

| Période | | Production P_t [Kt] | Consommation annuelle par personne C_i [kg] | Population potentiellement sustentée Pop_p | Population maximale estimée, toutes maisons occupées |
|----------------------|---------------|-----------------------------|---|---|---|
| Épiclassique | moyenne basse | 1,251 | 219 (600g) | 5712 | 6160 |
| | moyenne haute | 2,150 | 182 (500g) | 11813 | 7392 |
| Postclassique ancien | moyenne basse | 0,121 | 219 | 553 | 265 |
| | moyenne haute | 0,238 | 182 | 1308 | 318 |
| Postclassique moyen | moyenne basse | 1,005 | 219 | 4589 | 18685 |
| | moyenne haute | 1,783 | 182 | 9797 | 22422 |

Tableau 58 - Population potentiellement sustentée pour chaque période.

9.2.3.2. L'Épiclassique

Une première lecture des résultats suggère que la production théorique à l'Épiclassique était suffisante pour nourrir la population maximale estimée. Qu'en est-il cependant lorsqu'on introduit la question de la jachère, des pertes liées aux insectes et au stockage, ou de la croissance démographique ? Pour répondre à cette question, intéressons-nous au cas de Mich. 318. Occupé exclusivement à l'Épiclassique et étudié de façon *quasi* systématique, il offre un contexte où les variables sont mieux maîtrisées qu'ailleurs. Nous en dégageons ensuite une tendance générale pour l'époque.

- *Cas d'étude : Mich. 318, cultiver la Mesa del Bolsón*

Le site de Mich. 318 occupe l'intégralité de la coulée de la Mesa del Bolsón. Dans ce cas précis, les limites de la géoforme correspondent bien aux limites de l'établissement. La Mesa del Bolsón est l'une des coulées les plus intensément aménagée de terrasses agricoles. Le site constitue un cas pertinent pour discuter de la potentialité d'autosuffisance des groupes qui l'occupaient. Il compte 250 structures quadrangulaires interprétées comme des habitats ; soit une population maximale, toutes maisons occupées, de 1250 à 1500 personnes.

- Surface cultivée sur la géoforme

La coulée représente une surface d'environ 188 ha. Au regard des aménagements agraires et des contraintes du milieu physique (ex. affleurements), nous estimons qu'environ 110 ha sur 188 étaient cultivés (soit 58%), en considérant une agriculture exclusivement intrasite (Figure 260). Les sols sont des Andosols, des Cambisols ou des Phaeozems dont les rendements théoriques se situent entre 1000 et 2000 kg/ha. Quelques zones de sols peu épais présentent un rendement moindre. La production théorique de la Mesa del Bolsón est estimée entre 106070 et 206100 kg (ou 0,106 à 0,206 Kt). Selon le calcul présenté ci-devant, la population potentiellement sustentée est donc comprise entre 480 à 1130 personnes (Tableau 59).

| Site | Production P_{318} [Kt] | Consommation annuelle par personne C_i [kg] | Population potentiellement sustentée Pop_p | Population maximale estimée, toutes maisons occupées | |
|-----------|---------------------------------|---|---|---|------|
| Mich. 318 | moyenne basse | 0,106 | 219 (600 g/j) | 484 | 1250 |
| | moyenne haute | 0,206 | 182 (500 g/j) | 1129 | 1500 |

Tableau 59 - Population potentiellement sustentée par la production agricole de la Mesa del Bolsón.

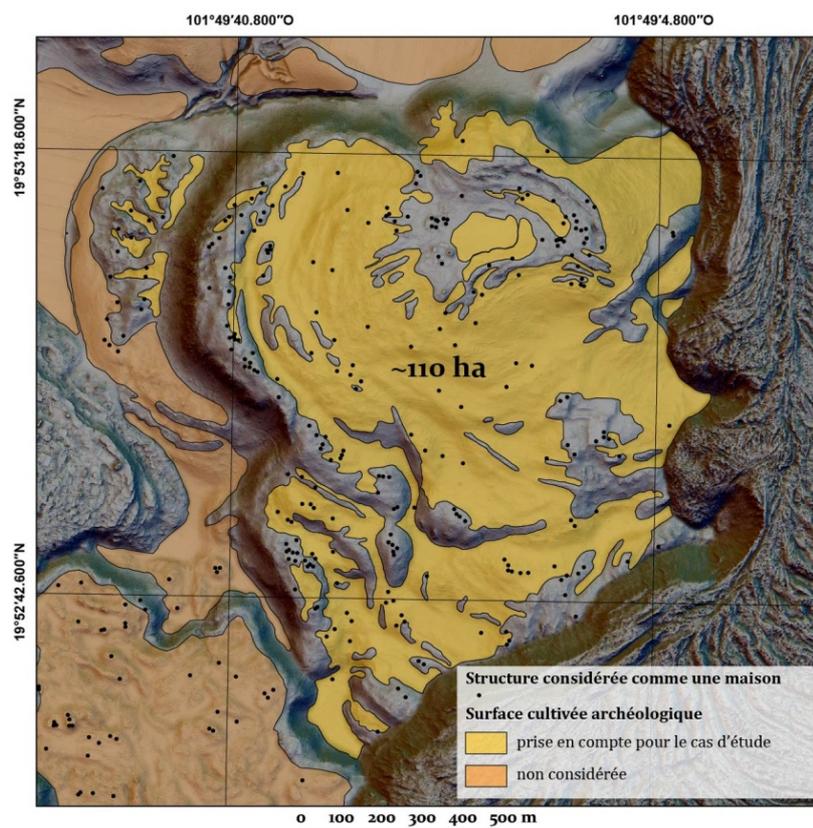


Figure 260 - Surface cultivée archéologique considérée dans le cas d'étude

– Introduction de la jachère et des pertes

Bien que la Mesa del Bolsón présente des sols à bon potentiel agronomique, la jachère est très probable. En admettant une rotation biennale 1:1, triennale 1:2 ou quadriennale 1:3, la production est grandement diminuée, et avec elle la population potentiellement sustentée (Tableau 60).

Par ailleurs, les valeurs présentées jusqu'ici ne considèrent pas les inévitables pertes liées aux dommages causés par les insectes et celles liées au stockage des denrées pendant une année. Sur la base d'une étude bibliographique, Baden et Beekman (2011) estiment une perte de 15 à 30% à cause des insectes et maladies et une perte supplémentaire de 10% au cours du stockage. Nous considérons une valeur de 30% de pertes totales dans notre calcul (Tableau 60).

| Type de rotation des cultures | Production [Kt] | | | Consommation annuelle par personne [kg] | Population potentiellement sustentée |
|---|-----------------|----------------|--------------------|--|--|
| | moyenne | sans pertes | avec 30% pertes | | |
| Aucune | basse | 0,106 | 0,074 | 219 | 339 |
| | haute | 0,206 | 0,144 | 182 | 792 |
| Jachère 1:1 (moins 50% de la production) | basse | 0,053 | 0,037 | 219 | 169 |
| | haute | 0,103 | 0,072 | 182 | 396 |
| Jachère 1:2 (moins 66% de la production) | basse | 0,035 | 0,024 | 219 | 112 |
| | haute | 0,068 | 0,048 | 182 | 261 |
| Jachère 1:3 (moins 75% de la production) | basse | 0,0265 | 0,019 | 219 | 85 |
| | haute | 0,0515 | 0,036 | 182 | 198 |

Tableau 60 - Population potentiellement sustentée sur Mich. 318 en considérant la jachère et les pertes liées au stockage.

– Estimation démographique à partir de la production agricole théorique

Une fois la jachère et les pertes considérées, l'estimation de population obtenue est comprise entre 85 et 790 personnes. Elle est bien en deçà des valeurs originelles basées uniquement sur le décompte des maisons, qui s'élevaient à plus de 1200 habitants. Au regard de la qualité des sols et de la proximité des champs par rapport aux habitats (engrais et investissements fréquents), la rotation quadriennale nous semble peu probable. À l'inverse, malgré ces conditions, la culture continue sur l'ensemble des sols est elle aussi difficilement concevable. Nous estimons donc que le scénario le plus proche de la réalité est celui d'une rotation biennale ou triennale. Dans ces conditions, la population de Mich. 318 serait raisonnablement comprise entre 110 et 400 personnes. À titre de comparaison, cette estimation équivaut à une densité d'environ 600 à 2000 hbts/km² et correspond donc à une occupation faible à modérée (*light-to-moderate occupation*), telle qu'elle a été proposée par Sanders *et al.* (1979 : 34-52) pour le bassin de Mexico sur la base d'un autre mode de calcul.

La question qui se pose maintenant est de savoir si cette estimation démographique est pertinente lorsque l'on prend en considération l'occupation de l'établissement dans la durée.

– Le temps et les gens : évolution démographique de Mich. 318

En admettant une occupation continue pendant toute la durée de l'Épiclassique (600-900 apr. J.-C.), Mich. 318 est habité pendant 300 ans, soit l'équivalent de 15 générations successives³⁰⁷. L'état des connaissances ne nous permet pas d'évaluer la durée d'utilisation moyenne d'une maison, mais les sondages ont révélé des corpus céramiques limités, qui

³⁰⁷ En fixant un âge moyen à la maternité à 20 ans (ce qui est probablement très tard pour une population pré-industrielle), on obtient une estimation de 15 générations (300 ans / 20 ans).

suggèrent une occupation plutôt brève. À titre de comparaison, Pereira *et al.* (sous presse) proposent une occupation effective des maisons fouillées pendant une à trois générations dans le centre urbain postclassique de Mich. 31. Malgré ces quelques indices, il demeure impossible de juger du pourcentage de maisons réellement occupées de manière contemporaine. En outre, la résolution chronologique fondée sur la céramique ne nous permet pas de savoir si le site a réellement été occupé pendant tout l'Épiclassique. Aussi proposons-nous quatre cas de figure hypothétiques (Tableau 61).

| | Pourcentage des structures d'habitat occupées de manière contemporaine | | | |
|---|---|----------|---------|---------|
| | 100% | 75% | 50% | 25% |
| Nombre de maisons | 250 | 188 | 125 | 63 |
| Nombre d'habitants (5 à 6 hbts./maison) | 1250-1500 | 938-1125 | 625-750 | 313-375 |

Tableau 61 - Pourcentage d'occupation du site de Mich. 318.

Si l'on en croit le modèle basé sur la surface cultivée archéologique (110 ha cultivés avec jachère 1:1), seuls 25% du site pourraient être occupés de manière contemporaine (moins de 400 habitants). Cette valeur n'est pas absurde, mais elle implique d'admettre plusieurs points :

- 1) une grande mobilité des habitants à l'intérieur des limites de leur village. Environ 4 modifications du schéma d'établissement sont à envisager pour parvenir au compte total de 250 structures³⁰⁸ ou bien des durées d'occupation d'environ 3 générations (environ 60 ans).
- 2) un maximum de 200 habitants lors de l'installation au début du VI^e siècle. Nous considérons dans ce cas un taux d'accroissement naturel (relativement élevé) de 0,2% (Cowgill 1975) (Figure 261).

En outre, la valeur de 25% contemporains est en accord avec l'estimation de Pereira *et al.* (sous presse), qui suggèrent pour le Postclassique moyen des occupations de 3-4 générations, donc 60 à 80 ans. Mais le phénomène urbain de la phase Milpillás constitue probablement un cas particulier d'utilisation éphémère des sites.

³⁰⁸ 250/60 ≈ 4,167

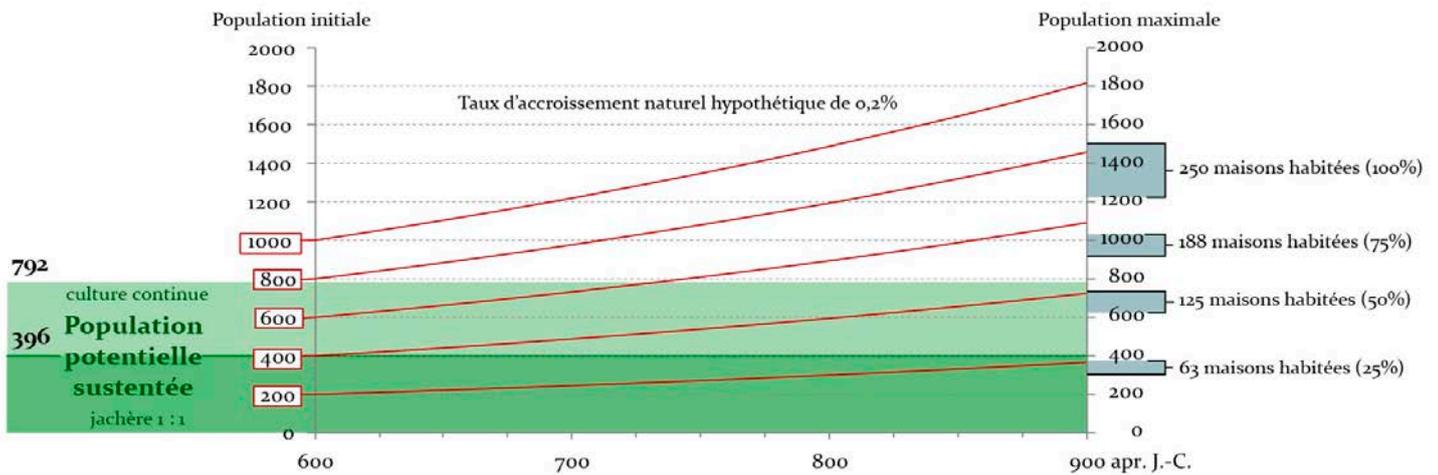


Figure 261 - Évolution de la population de Mich. 318 en fonction d'un accroissement naturel de 0,2%, mise en regard avec la population potentiellement sustentée par l'exploitation de la Mesa del Bolsón.

Dans l'hypothèse probablement plus plausible où le site de Mich. 318 ne serait pas occupé pendant l'intégralité de l'Épiclassique, le modèle ne tiendrait plus. Le nombre de structures contemporaines serait alors plus important et la mise en culture de champs localisés en dehors des limites de l'établissement serait nécessaire. En admettant 25% des habitats contemporains et 4 modifications du schéma d'établissement comme le suggère le modèle, il faudrait envisager des occupations d'à peine 50 ans si le site existe pendant 200 ans. Il est plus probable que le pourcentage d'occupation soit plus élevé.

– Synthèse du cas d'étude de Mich. 318

En résumé, en produisant uniquement sur les surfaces cultivées archéologiques à l'intérieur des limites de l'établissement (110 ha), avec une jachère biennale, de relativement bons rendements et une consommation en maïs de 500 g/j/pers., le site de Mich. 318 pouvait être autosuffisant avec une population d'environ 400 habitants (65 à 80 maisons occupées de manière contemporaine ou 25-30% de l'ensemble des habitats). À titre indicatif, cette estimation est cohérente avec les valeurs ethnographiques pour un *rancho* (hameau) ou un petit village (*pueblo*) selon le recensement du Centre-Ouest rapporté par West (1948 : 18-20) dans les années 1940. Cette hypothèse impliquerait cependant une mobilité assez importante des populations, avec un renouvellement partiel du schéma d'établissement tous les 60 ans environ (300 ans divisés par 5 réorganisations). En outre, avec une consommation quotidienne plus élevée, de mauvais rendements, ou une occupation du site limitée à une partie seulement de l'Épiclassique, l'hypothèse deviendrait difficile à défendre. Il est donc raisonnable de penser que d'autres espaces cultivés en dehors des limites du site complétaient les 110 ha archéologiques.

Rappelons toutefois que nous n'avons considéré ici que les surfaces et habitats circonscrits dans les limites de la coulée de la Mesa del Bolsón. Nous avons donc laissé de côté les surfaces disponibles alentour (dont celles recouvertes par la coulée du Prieto) et le peuplement des sites potentiellement contemporains. Qu'en est-il de l'autosuffisance lorsqu'on s'intéresse à l'ensemble de l'occupation Épiclassique de notre fenêtre ?

- *Habiter et cultiver le nord du Malpaís et ses environs à l'Épiclassique*

Nous gardons la même approche : se baser sur les surfaces cultivées archéologiques pour estimer la population. Nous renvoyons aux tableaux Tableau 57 Tableau 58 présentés plus haut pour les valeurs générales par époque. Durant l'Épiclassique, la surface cultivée archéologique est estimée à 1515,8 ha. Au regard des différents potentiels agronomiques des géoformes, la production est comprise entre 1,251 et 2,150 Kt/an. La consommation annuelle par individu reste la même : 182 à 219 kg/an. La population potentiellement sustentée est donc comprise entre 5700 et 11800 habitants, abstraction faite de la jachère et des pertes.

Lorsqu'on considère ces deux dernières variables, l'estimation démographique est revue à la baisse et se situe entre 1000 (jachère 1:3 ; 30% de pertes) et 4135 personnes (jachère 1:1 ; 30% de pertes) (Tableau 62). Pour rappel, sur la base du compte des maisons, l'estimation maximale (toutes maisons occupées) s'élevait à plus de 6000 habitants. Si l'on reprend les quatre cas de figure concernant le pourcentage d'occupation contemporaine des maisons (100%, 75%, 50% et 25%), plus de 50% semblent pouvoir être habitées simultanément (Tableau 63 et Figure 262).

| Rotation des cultures | moyenne | Production [Kt] | | Consommation annuelle par personne [kg] | Population potentiellement sustentée |
|-----------------------|---------|-----------------------------------|--------------------|---|--------------------------------------|
| | | sans perte (à titre indicatif) | avec pertes de 30% | | |
| Aucune | basse | 1,251 | 0,876 | 219 | 3999 |
| | haute | 2,150 | 1,505 | 182 | 8269 |
| Jachère 1:1 | basse | 0,626 | 0,438 | 219 | 1999 |
| | haute | 1,075 | 0,753 | 182 | 4135 |
| Jachère 1:2 | basse | 0,425 | 0,298 | 219 | 1360 |
| | haute | 0,731 | 0,512 | 182 | 2812 |
| Jachère 1:3 | basse | 0,313 | 0,219 | 219 | 1000 |
| | haute | 0,538 | 0,376 | 182 | 2067 |

Tableau 62 - Population potentiellement sustentée à l'Épiclassique à partir de l'exploitation des surfaces cultivées archéologiques.

| | Pourcentage des structures d'habitat occupées de manière contemporaine | | | |
|---|--|-----------|-----------|-----------|
| | 100% | 75% | 50% | 25% |
| Nombre de maisons | 1232 | 924 | 616 | 308 |
| Nombre d'habitants (5 à 6 hbts./maison) | 6160-7392 | 4620-5544 | 3080-3696 | 1540-1848 |

Tableau 63 - Pourcentage d'occupation théorique à l'Épiclassique.

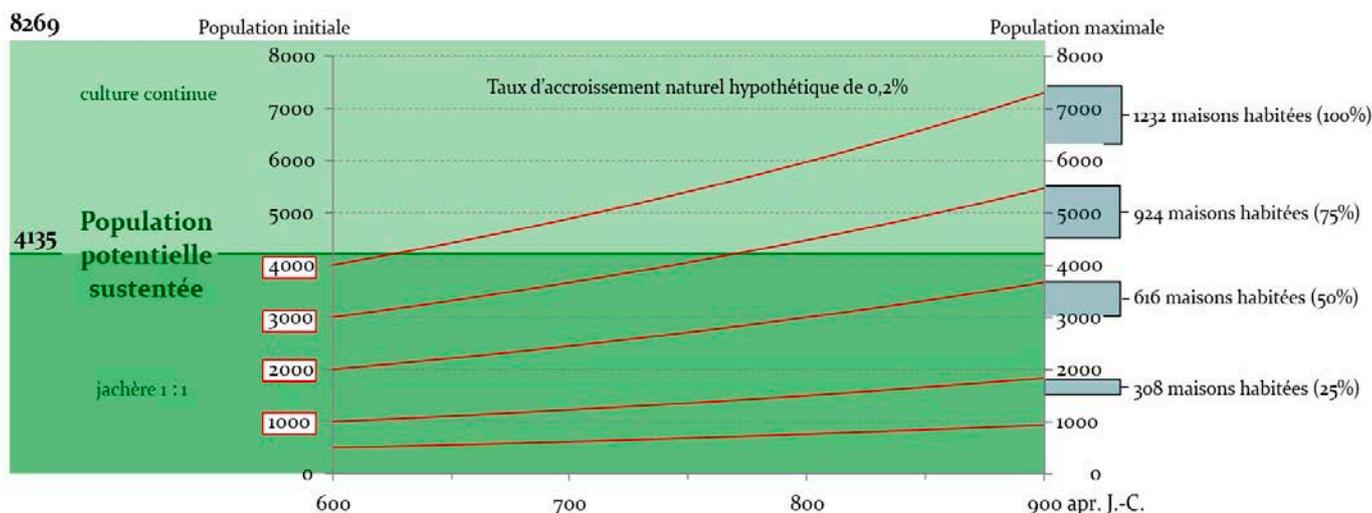


Figure 262 - Évolution de la population épiclassique en fonction d'un accroissement naturel de 0,2%, mise en regard avec la population potentiellement sustentée par l'exploitation des surfaces cultivées archéologiques.

À titre indicatif, reprenons maintenant les résultats de l'étude de Mich. 318 qui suggèrent plutôt une occupation contemporaine de 25% des maisons ; soit environ 300 pour l'Épiclassique. En nous basant sur l'estimation de cinq modifications successives du schéma organisationnel, le total de maisons construites pendant la période s'élèverait à 1500 en tout (300x5). Nous sommes à nouveau au-dessus du compte effectif des vestiges mais toujours dans un ordre de grandeur raisonnable.

**

En résumé, si notre raisonnement est pertinent, l'Épiclassique constitue une période pendant laquelle l'autosuffisance est un cas de figure plausible. Cela nécessite toutefois d'admettre que le nombre d'habitats aujourd'hui quantifiable correspond au double de la réalité de l'occupation contemporaine de la zone. En outre, l'étude locale de Mich. 318 suggère que la durabilité du système nécessite de bons rendements agricoles. À cet égard, rappelons cependant que la réflexion n'est fondée ici que sur les surfaces cultivées

archéologiques, qui constituent des estimations très raisonnables des surfaces effectivement exploitées.

9.2.3.3. Le Postclassique ancien

Le test du modèle n'a pas grand intérêt pour le Postclassique ancien. Au vu des données disponibles, il semble qu'il n'y ait pas eu de souci majeur s'opposant à une situation d'autosuffisance à cette époque. Néanmoins, nos connaissances sont mauvaises, car les éléments diagnostiques de cette période sont mal définis. Cette situation est amenée à changer dans les décennies à venir.

9.2.3.4. Le Postclassique moyen

À première vue, au Postclassique moyen, la production de la surface cultivée archéologique est largement insuffisante pour nourrir la population (Tableau 58). Estimée à un peu plus de 1000 ha, cette surface suffirait à nourrir 5000 à 10000 personnes (sans jachère ni perte), alors que l'estimation démographique – toutes maisons occupées – avoisine les 20000 personnes. Nous pouvons légitimement penser que la situation serait d'autant plus critique en prenant en compte la jachère et les pertes liées aux nuisibles et au stockage. Qu'en est-il cependant lorsque l'on tente de considérer la population contemporaine effective de la période ? Afin de proposer des réponses à ces questions, nous suivons la même démarche que pour l'Épiclassique. Nous commençons par un cas d'étude où les paramètres sont bien maîtrisés – celui du centre urbain de Mich. 31 –, puis nous extrapolons la réflexion à l'ensemble de la période.

- *Cas d'étude : Mich. 31, cultiver le plateau du Copalillo*

Le site de Mich. 31 est le mieux documenté des trois centres urbains du nord du Malpaís. En ce qui concerne l'intrasite, l'étude de Forest (2014 et 2017, comm. pers.) permet d'estimer le nombre de structures d'habitat à 939 ; soit une population, toutes maisons habitées, comprise entre 4695 et 5634 personnes. Par ailleurs, Pereira *et al.* (sous presse) ont démontré que l'occupation du site n'a pas dû excéder un siècle. En ce qui concerne l'organisation des espaces autour du centre urbain, différents travaux (Migeon 1991 ; Forest 2014 ; Dorison 2013 et présente étude) indiquent que Mich. 31 était étroitement connecté avec le plateau qui s'étend à ses pieds (coulée du Copalillo). Nous avons démontré que les sites de Mich. 31N, 319, 417, et potentiellement de Mich. 410 et 426, étaient vraisemblablement

subordonnés au centre urbain pour sa subsistance, formant ainsi un *hinterland* agricole et augmentant par ailleurs l'estimation démographique à 5115-6138 habitants (1023 maisons).

– Surfaces cultivées

Au regard des arguments développés ci-avant (9.1.2), nous estimons que les surfaces cultivées archéologiques exploitées par les habitants de Mich. 31 se situaient sur deux géoformes : la partie sud de la coulée du Copalillo et le versant oriental du cône du Cerrito Pelón (Figure 263). L'ensemble cumule environ 634 ha (compris dans notre fenêtre d'étude)³⁰⁹. Au regard des vestiges archéologiques et des contraintes du milieu, nous estimons que seuls 280 ha de ces 634 ha étaient effectivement mis en culture (soit 44%). Les sols sont principalement des Endovertic Phaeozems et des Vertisols sur la coulée du Copalillo et des Cambisols et Phaeozems sur le Cerrito Pelón. Leurs rendements sont globalement évalués à 700-1000 kg/ha, hormis quelques zones de meilleures terres pouvant donner 1000 à 2000 kg/ha (voir 8.1.4.1). La production théorique est comprise entre 212090 et 333100 kg (ou 0,212 et 0,333 Kt), impliquant une population potentiellement sustentée comprise entre 970 et 1825 personnes, en faisant abstraction de la jachère et des pertes (Tableau 64).

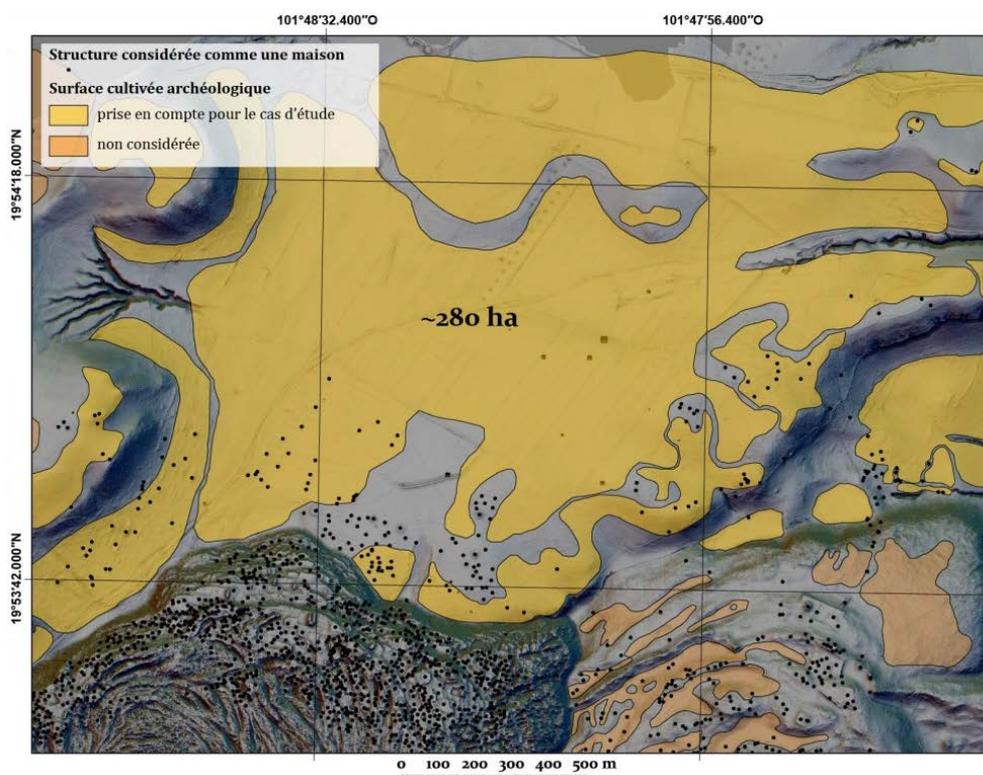


Figure 263 - Surface cultivée archéologique pour le cas de Mich. 31.

³⁰⁹ La partie nord des géoformes n'est donc pas prise en compte dans cette estimation de surface.

| Sites | Production [Kt] | Consommation annuelle par personne [kg] | Population potentiellement sustentée | Population maximale estimée, toutes maisons occupées | |
|-------------|-----------------|---|--------------------------------------|--|------|
| Mich. 31 | moyenne basse | 0,212 | 219 (600 g/j) | 968 | 5115 |
| et environs | moyenne haute | 0,333 | 182 (500 g/j) | 1825 | 6138 |

Tableau 64 - Population potentiellement sustentée par la production agricole du plateau du Copalillo.

– Jachère et pertes

Nous avons toutes les raisons de penser qu'une jachère était nécessaire sur les sols du plateau (Tableau 65). En comptant au minimum une rotation biennale, la population sustentée serait réduite de moitié, soit 480 à 900 personnes.

La production et la population sustentée sont à nouveau réduites en considérant les pertes au cours du cycle cultural et pendant le stockage (Tableau 65). Nous gardons une valeur de 30% de pertes, bien que dans le cas de Mich. 31 la présence de nombreuses structures spécifiquement dédiées (*cuexcomates*) suggère qu'une attention plus grande était alors portée à cette question, réduisant peut-être le pourcentage de perte par rapport aux époques plus anciennes.

| Rotation des cultures | moyenne | Production [Kt] | | Consommation annuelle par personne [kg] | Population potentiellement sustentée |
|-----------------------|---------|--------------------------------|--------------------|---|--------------------------------------|
| | | sans perte (à titre indicatif) | avec pertes de 30% | | |
| Aucune | basse | 0,212 | 0,148 | 219 | 678 |
| | haute | 0,333 | 0,233 | 182 | 1281 |
| Jachère 1:1 | basse | 0,106 | 0,074 | 219 | 339 |
| | haute | 0,166 | 0,117 | 182 | 640 |
| Jachère 1:2 | basse | 0,069 | 0,049 | 219 | 224 |
| | haute | 0,109 | 0,077 | 182 | 423 |
| Jachère 1:3 | basse | 0,053 | 0,037 | 219 | 169 |
| | haute | 0,083 | 0,058 | 182 | 320 |

Tableau 65 - Population potentiellement sustentée à l'Épiclassique à partir de l'exploitation des surfaces cultivées archéologiques.

- Estimation démographique de Mich. 31 et ses environs à partir de la production agricole théorique

Au final, en considérant la jachère et les pertes, la population potentiellement sustentée par les 280 ha du plateau du Copalillo est comprise entre 170 et 1280 personnes ; soit moins du tiers de la population initialement estimée sur la base du nombre de maisons. En outre, malgré des sols relativement fertiles, il est difficilement concevable qu'une agriculture continue ait pu être maintenue. La rotation biennale semble constituer un minimum nécessaire. Aussi nous semble-t-il raisonnable de proposer une population sustentée de 250 à 600 personnes (jachère 1:1 à 1:2). En d'autres termes, nous sommes clairement confronté à un problème en ce qui concerne le rapport production/consommation, car tous les autres indices archéologiques suggèrent que la population qui vivait dans le centre de Mich. 31 était largement plus importante.

- Le temps et les gens : évolution de la démographie de Mich. 31

Selon Pereira *et al.* (sous presse), l'occupation du centre urbain de Mich. 31 a duré entre 100 et 200 ans. Les données font pencher la balance vers l'hypothèse d'une occupation d'un siècle seulement pour les zones testées du site. Ces auteurs estiment par ailleurs que les deux tiers de la population initiale sont issus de l'immigration. Nous posons nos quatre hypothèses de pourcentage d'occupation contemporaine des maisons (Tableau 66).

| | Pourcentage des structures d'habitat occupées de manière contemporaine | | | |
|---|---|-----------|-----------|-----------|
| | 100% | 75% | 50% | 25% |
| Nombre de maisons | 1023 | 767 | 512 | 256 |
| Nombre d'habitants (5 à 6 hbts./maison) | 5115-6138 | 3836-4604 | 2558-3069 | 1279-1535 |

Tableau 66 - Pourcentage d'occupation contemporaine théorique dans Mich. 31 et son *hinterland*.

Même en considérant que seuls 25% des maisons ont été occupés de façon contemporaine, la production agricole des 280 ha de surface cultivée archéologique suffirait péniblement à nourrir la moitié de la population. Pour que le modèle soit viable, il faudrait que seuls 5 à 10% du site aient été occupés en même temps ; soit environ 50 à 100 maisons sur les 1000 dénombrées. Cette hypothèse est difficilement défendable.

En outre, lorsque l'on considère un accroissement naturel maximal de 0,2% (Cowgill 1975) sur les 100 à 200 ans d'occupation du site, le modèle agricole n'est viable que si l'on considère une population initiale de moins de 500 personnes.

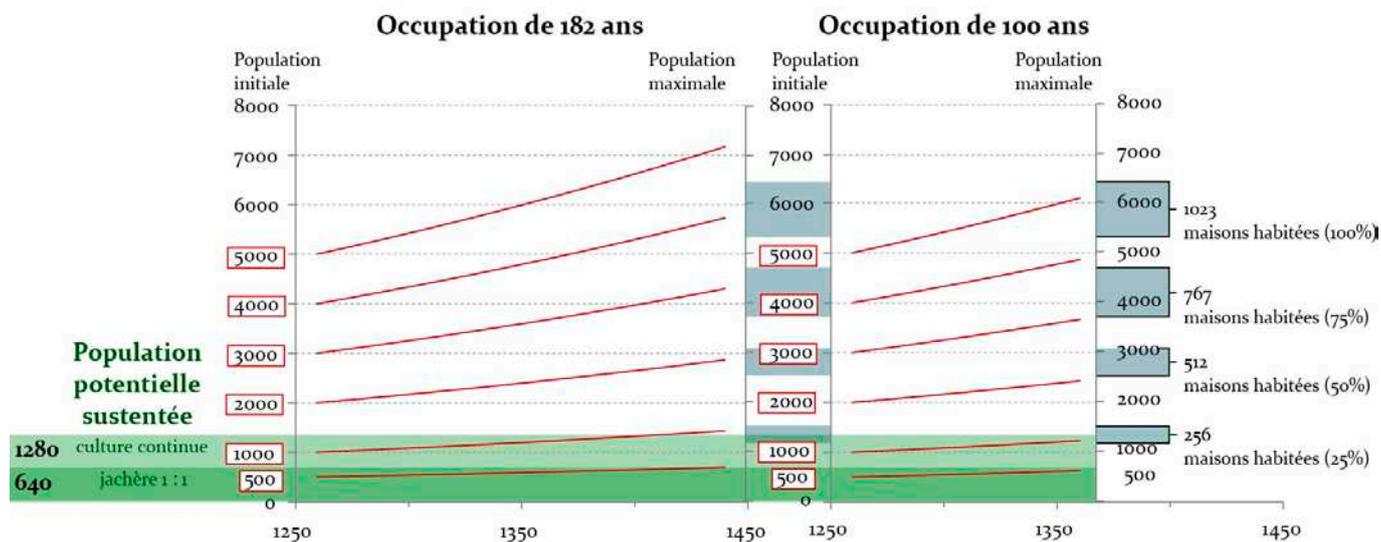


Figure 264 - Évolution de la population de Mich. 31 et environs (accroissement naturel de 0,2%) mise en regard avec la population potentiellement sustentée par l'exploitation des surfaces cultivées archéologiques.

Si l'on divise maintenant le nombre total de maisons (1023) par celui des maisons occupées de façon contemporaine pour que le modèle fonctionne (10% de 1023, donc 100 maisons), cela impliquerait dix modifications successives du schéma organisationnel (avec à chaque fois l'abandon d'une partie des habitats). Cette hypothèse équivaut à une réorganisation tous les 10 ans si le site a été occupé 100 ans ; tous les 20 ans pour 200 ans d'occupation. Cela impliquerait une utilisation des maisons pendant moins d'une génération. Comme nous l'avons évoqué, les indices matériels et bioarchéologiques suggèrent plutôt que les maisons ont été occupées par une à trois générations successives (Pereira *et al.* sous presse).

- Synthèse du cas d'étude de Mich. 31

En exploitant les 280 ha attestés par l'archéologie, le centre de Mich. 31 et le plateau du Copalillo seraient susceptibles d'avoir été habités de façon contemporaine par 600 personnes tout au plus, en comptant de bons rendements et une jachère biennale. Cette éventualité s'accorde mal avec les recherches menées sur le site depuis sa découverte. Un système différent était donc vraisemblablement mis en place : des cultures plus éloignées, un système d'échange, le partage de denrées avec les sites voisins... Notre seconde approche du modèle (0) offre des hypothèses à cet égard. Qu'en est-il cependant lorsque l'on prend en compte

l'ensemble de la surface cultivée archéologique de la fenêtre et l'intégralité de l'occupation de la phase Milpillas ?

- *Habiter et cultiver le nord du Malpaís et ses environs au Postclassique moyen.*

Au Postclassique moyen, la surface cultivée archéologique est estimée à 1040 ha (Tableau 57). La production est comprise entre 1,005 et 1,783 Kt/an. La consommation annuelle par personne reste entre 182 et 219 kg. Sans considérer les pertes, la population sustentée est donc comprise entre 4590 et 9800 personnes (Tableau 58) ; soit une estimation qui s'avère déjà en dessous de la population totale en admettant que toutes les maisons aient été occupées en même temps. Lorsque l'on prend en compte les pertes, la démographie dégringole entre 1060 (jachère 1:2, 600 g/j/pers. de maïs) et 3400 personnes (jachère 1:1, 500 g/j/pers.) (Tableau 67).

| Type de rotation des cultures | Production [Kt] | Consommation annuelle par personne [kg] | Population potentiellement sustentée | Nombre de maisons potentiellement contemporaines (5 à 6 habitants) | |
|-------------------------------|-----------------|---|--------------------------------------|--|-----------|
| Aucune | moyenne basse | 1,005 | 219 | 4589 | 765-918 |
| | moyenne haute | 1,783 | 182 | 9797 | 1633-1959 |
| avec pertes de 30% | | | | | |
| Aucune | moyenne basse | 0,704 | 219 | 3212 | 535-642 |
| | moyenne haute | 1,248 | 182 | 6858 | 1143-1372 |
| Jachère 1:1 | moyenne basse | 0,352 | 219 | 1606 | 268-321 |
| | moyenne haute | 0,624 | 182 | 3429 | 572-686 |
| Jachère 1:2 | moyenne basse | 0,232 | 219 | 1060 | 177-212 |
| | moyenne haute | 0,412 | 182 | 2263 | 377-453 |

Tableau 67 - Population potentiellement sustentée au Postclassique moyen sur la base des surfaces cultivées archéologiques.

Si nous raisonnons en termes de structures habitées, 1060 à 3400 personnes occupant la région en même temps équivalent à 177 (1060:6) à 690 (3400:5) maisons contemporaines, sur un total quantifiable de 3737³¹⁰ ; soit 5 à 18%. Pour que le modèle soit viable avec un maximum de 690 maisons contemporaines pendant la phase Milpillas (1250-1450 apr. J.-C.),

³¹⁰De par l'interprétation de l'image LiDAR, mais aussi et surtout de par les nombreuses opérations de terrain menées depuis les années 1980 (Michelet 1998 ; Forest 2014).

il faudrait que cette période de deux siècles ait connu au moins cinq remodelages successifs de son schéma d'établissement (3737:690). En d'autres termes, les maisons auraient été intégralement abandonnées et d'autres construites tous les 40 ans. En outre, en dépit des bornes chronologiques de la phase Milpillias, Pereira *et al.* (2018) suggèrent que le phénomène urbain zacapense n'a pas excédé un siècle. Ainsi, pour que notre modèle agricole soit viable, il faudrait que les cinq remodelages hypothétiques aient eu lieu en seulement 100 ans. En d'autres termes, le pas de temps de la mobilité des habitats serait alors réduit à une vingtaine d'années ; grossièrement équivalent à un changement de maison à chaque nouvelle génération.

**

En résumé pour le Postclassique moyen, le modèle agricole basé sur les surfaces cultivées archéologiques permettrait de sustenter une population maximale contemporaine d'environ 3400 personnes (690 maisons comptant 5 personnes consommant 500 g de maïs par jour), avec de bons rendements et une rotation biennale des cultures. Cela impliquerait que seuls 18% des vestiges actuellement quantifiables auraient été occupés de façon contemporaine. Nous aurions alors affaire à des groupes humains extrêmement mobiles à l'intérieur même des établissements, déplaçant leurs maisons presque continuellement, tous les 20 à 40 ans (selon que l'occupation de la zone dure 100 ou 200 ans). Bien que la mobilité soit un fait avéré en Mésoamérique, l'hypothèse semble difficile à défendre. Les données de fouilles suggèrent des pas de temps légèrement plus longs – mais pas excessivement – concernant la durée d'occupation moyenne des maisons : environ 20 à 60 ans (Pereira *et al.* sous presse). Plus de terres étaient donc vraisemblablement mises en culture pour parvenir à l'autosuffisance. Mais peut-être pas autant que ne le laisse penser le compte des maisons au premier abord.

9.2.4. Tester le modèle 2 : de la population à la surface

9.2.4.1. Raisonnement

Prenons le problème dans l'autre sens : nous raisonnons à partir de la population calculée sur la base des vestiges archéologiques, estimons sa consommation en maïs, et extrapolons ces valeurs à la surface cultivée nécessaire pour remplir les besoins nutritifs.

– Calcul de la population

L'estimation de la population à chaque période reste établie sur la base du nombre d'habitants moyen par maison (Kolb *et al.* 1985). La question qui se pose est toujours la même : combien de maisons étaient effectivement occupées de façon contemporaine ? Outre la mobilité locale avérée des groupes préhispaniques en général (Smith 2014), nous avons déjà souligné quelques éléments plus spécifiques à notre zone d'étude.

Pour ce qui est du Postclassique moyen, les datations ¹⁴C de Mich. 31 et 95 indiquent des occupations de 80 à 175 ans maximum (Pereira *et al.* sous presse). En outre, les quatre approches combinées de l'étude de Pereira *et al.* (*ibid.*) – organisation spatiale/topo-stratigraphie, déchets céramiques, débitage lithique, et nombre de personnes enterrées – indiquent toutes une occupation des sites limitée à moins de 100 ans ; soit une à quatre générations seulement. Soulignons par ailleurs la mortalité dans le groupe B du centre urbain de Mich. 95 qui suggère une occupation contemporaine d'environ 60 à 70% des 32 maisons du groupe³¹¹. Dans notre raisonnement, nous nous basons sur cette fourchette de pourcentages pour le cas du Postclassique moyen en l'élargissant sensiblement : notre hypothèse considère qu'au maximum de l'occupation de la zone, environ 60 à 75% des maisons ont pu être habitées de manière contemporaine.

La question est plus complexe pour l'Épiclassique. Les pourcentages sont potentiellement plus bas, car la période est plus longue (300 ans) mais les quantités de matériel retrouvées ne permettent pas de trancher. Le peu de matériel dans les sondages concernant Mich. 318 suggère une occupation de courte durée pour ce site ou une grande mobilité des personnes à l'intérieur de ses limites. D'autres établissements épiclassiques – Mich. 317, 416, 427 – ont révélé des stratigraphies riches et épaisses qui évoquent davantage des occupations stables.

³¹¹ Pereira *et al.* (2018) calculent que c'est l'hypothèse de 80 ans d'occupation, avec 66% des maisons occupées simultanément, qui donne le nombre de morts attendus selon les courbes de mortalité théorique (2%) le plus proche de l'estimation archéologique fondée sur deux contextes bien documentés (Mich. 31 et Mich. 95) (168 morts théoriques pour 150 archéologiques).

Nous n'avons pas réalisé d'étude permettant d'affiner la question. Nous estimons que trois ou quatre réorganisations du schéma d'établissement sur 300 ans constituent des hypothèses raisonnables ; soit une modification tous les 75 à 100 ans ou toutes les trois à quatre générations. Dans cette perspective l'effectif actuellement quantifiable de maisons (1132) peut être divisé par 3 (377) ou 4 (283) pour envisager le nombre d'habitats occupés de façon contemporaine. En d'autres termes, il nous paraît acceptable de supposer qu'environ 50% des vestiges visibles aujourd'hui ont pu être utilisés en même temps .

Ces éléments considérés, nous proposons plusieurs cas de figure pour tester notre modèle agricole : 100% des maisons contemporaines, 75%, 60%, 50% et 25% (Tableau 68).

| Période | | Pourcentage des structures d'habitat occupées de manière contemporaine | | | | |
|----------------------|----------------------------|--|-------------|-------------|-------------|------------|
| | | 100% | 75% | 60% | 50% | 25% |
| Épiclassique | maisons | 1132 | 849 | 679 | 566 | 283 |
| | habitants (5 hbts./maison) | 5660 | 4245 | 3396 | 2830 | 1415 |
| | habitants (6 hbts./maison) | 6792 | 5094 | 4075 | 3396 | 1698 |
| Postclassique ancien | maisons | 53 | 40 | 32 | 27 | 13 |
| | habitants (5 hbts./maison) | 265 | 199 | 159 | 133 | 66 |
| | habitants (6 hbts./maison) | 318 | 239 | 191 | 159 | 80 |
| Postclassique moyen | maisons | 3737 | 2803 | 2242 | 1869 | 934 |
| | habitants (5 hbts./maison) | 18685 | 14014 | 11211 | 9343 | 4671 |
| | habitants (6 hbts./maison) | 22422 | 16817 | 13453 | 11211 | 5606 |

Tableau 68 - Population contemporaine théorique par période.

– Du calcul de la production nécessaire à celui de la surface cultivée équivalente

Afin d'estimer la production nécessaire pour subvenir aux besoins de la population, il faut d'abord calculer sa consommation. Nous reprenons la diète théorique (500 ou 600 g de maïs par jour), que nous multiplions par le nombre de personnes. Par définition, la consommation doit être au minimum égale à la production pour que tous puissent manger. En théorie, cette production peut ensuite être convertie en surface cultivée nécessaire. Toutefois, une telle extrapolation se heurte à un certain nombre de problèmes. Il faut prendre en considération au minimum trois facteurs : les pertes avant, pendant, et après la récolte, la rotation des cultures, et les rendements différentiels en fonction des espaces.

Dans notre modèle, les pertes constituent le facteur le plus facile à considérer, car nous estimons une valeur fixe de 30% (voir *supra*). Ainsi, la surface cultivée nécessaire doit être augmentée de 30% pour pallier ce problème. La rotation des cultures est également facile à exprimer. Une rotation biennale implique de multiplier la surface cultivée par deux, une rotation triennale par trois, et une rotation quadriennale par quatre. La question de la variabilité spatiale des rendements est plus complexe. Elle ne peut pas être considérée de manière entièrement théorique, car il faut nécessairement savoir où se trouvent les cultures. De fait, 50 ha de sols profonds de *joyas* n'ont pas le même rendement que 50 ha de sols très argileux et peu épais.

– Calcul des territoires d'exploitation agricoles

Pour contourner le problème des rendements différentiels, nous nous basons sur la proximité des sites avec les espaces cultivables et leurs rendements, compilés grâce à la carte géopédologique (voir Figure 227 : 516). À l'aide de simulations des déplacements sur SIG, nous mettons en place une analyse de territoires d'exploitation agricoles (1.3.4). Nous considérons plusieurs territoires en fonction de critères de proximité et d'accessibilité (Vita-Finzi et Higgs 1970 ; Higgs et Vita-Finzi 1972 ; Flannery 1976b entre autres). Plutôt que de considérer des distances, nous considérons des temps de parcours, ethnographiquement plus pertinents. Nous établissons plusieurs seuils :

- 1) 1h de marche aller-retour. Il correspond à l'échelle locale. Les surfaces cultivables dans ce rayon autour d'un site ont toutes les chances d'avoir été exploitées par ses habitants. D'expérience, au nord du Malpaís, il s'agit d'une distance parfaitement acceptable pour se rendre à un point, travailler sur place, et revenir au point de départ dans la même journée.
- 2) 2h de marche aller-retour. Il correspond à un seuil ethnographique au-delà duquel la plupart des agriculteurs considèrent que l'effort de déplacement est trop important pour être rentable (Higgs et Vita-Finzi 1972). Ce temps de parcours correspond grossièrement aux 5 km fixés par les analyses de territoire d'exploitation classiques.
- 3) 4h de marche aller-retour. Il correspond grossièrement à 10 km et à ce que nous considérons comme l'échelle microrégionale. Nous savons qu'il s'agit d'une distance que les agriculteurs traditionnels du Centre-Ouest sont susceptibles de couvrir pour atteindre des parcelles de qualité (Brand 1951 ;

Gougeon 1991). Dans ce cas, le parcours est toutefois réalisé à dos de cheval. Dans un contexte préhispanique sans bêtes de somme, ce seuil de 4h de marche pour cultiver doit être perçu comme relativement élevé.

Pour calculer les aires de déplacement, nous considérons pour chaque site un point de départ placé au cœur de la zone résidentielle la plus importante. L'algorithme *r.walk* de GrassGIS permet ensuite de simuler une zone tampon de la distance souhaitée autour du point. Elle correspond au temps nécessaire pour couvrir cette distance à pied à une vitesse de 5 km/h. Le temps de déplacement est pondéré en fonction de la difficulté du terrain (basé sur la pente, voir note 269 : 612). L'aire de la zone tampon constitue le territoire d'exploitation agricole hypothétique. En choisissant un départ ponctuel, nous prenons en compte la potentialité de mise en culture intra-site.

– Calcul des rendements

Pour calculer les rendements, nous considérons les surfaces cultivables et non plus les surfaces cultivées archéologiques. Les territoires d'exploitation recouvrent plusieurs géoformes. Grâce au SIG, nous pouvons mesurer la surface de chaque géoforme comprise à l'intérieur du territoire modélisé. Chaque aire peut alors être multipliée par le rendement théorique, pondéré par le pourcentage cultivable de la géoforme considérée. Le calcul peut être résumé comme suit :

$$r_g \times s_c = P_g$$

où r_g correspond au rendement de la géoforme au regard des sols, s_c à la surface cultivable comprise à l'intérieur du territoire d'exploitation³¹², et P_g à la production potentielle de la géoforme.

De la même manière que pour le test n°1, la somme des productions de chaque géoforme permet d'obtenir une production cumulée au sein des rayons de 1h, 2h ou 4h de temps de parcours aller-retour. Avant d'être finalement comparée à la consommation, cette production cumulée doit être réduite en fonction des facteurs pertes (moins 30%) et rotations (division par 2, 3, ou 4). Cette réduction permet de rendre compte de la capacité de charge de chaque territoire d'exploitation.

³¹² aire du polygone multiplié par le pourcentage cultivable.

L'aire représentée par les territoires d'exploitation considérant un temps de parcours de 4h aller-retour dépasse dans tous les cas le cadre restreint de notre fenêtre d'étude. *De facto*, certains espaces cultivables n'ont pas été étudiés dans notre travail. Pour pallier cette lacune, nous avons extrapolé les valeurs définies grâce à notre étude géopédologique aux géoformes similaires localisées en dehors du cadre. La proximité typologique des géoformes non étudiées avec des géoformes connues a été déterminée en fonction de l'âge géologique (quand il était connu [Reyes *et al.* 2018]), de la carte pédologique de la DETENAL (1979a), et de la morphologie observable sur images satellites. Pour la numérisation des limites de géoformes hors-cadre, nous avons repris le découpage proposé par la DETENAL (*ibid.*).

9.2.4.2. L'Épiclassique

Comme pour le premier test, nous commençons par réfléchir à l'échelle locale sur la base des données bien contrôlées du site de Mich. 318. Nous extrapolons ensuite à l'ensemble de l'occupation épiclassique de la zone.

- *Cas d'étude : Mich. 318*

Nous l'avons évoqué, le site recouvre l'ensemble de la Mesa del Bolsón dont les sols téphriques présentent de bons rendements (estimés entre 1000 et 2000 kg/ha). Malgré des affleurements nombreux, environ 60% de la géoforme restent cultivables. Au nord se développent des coulées globalement plus anciennes avec des rendements moindres (700-1000 kg/ha) – entendu avec des techniques préhispaniques –, car elles présentent des sols plus argileux (La Raya notamment). Le pourcentage cultivable est néanmoins bien plus important. Au sud-ouest, la coulée plus récente de l'Infiernillo ne peut être exploitée que grâce aux parcelles en cuvettes présentées au chapitre précédent (8.2.5.1). En supposant qu'ils aient bien été agricoles – ce qui reste à démontrer –, certains étaient peut-être contemporains de l'occupation de Mich. 318. Nous admettons dans ce test que la partie aménagée de l'Infiernillo était cultivable à hauteur de 10%. Au sud et à l'est de la Mesa del Bolsón, les géoformes présentent des morphologies assez proches de cette dernière. Il s'agit de coulées riches en affleurements, mais présentant des sols téphriques à bons rendements. Enfin, la partie orientale de la Mesa a été recouverte par l'éruption du Prieto. L'analyse tente ici de prendre en compte ces surfaces occultées. Leur potentiel agricole est rapproché de celui de la Mesa del Bolsón et du Caracol (sols téphriques et affleurements nombreux).

– Population estimée de Mich. 318 et consommation théorique

Nous avons discuté plus haut la question de la population de Mich. 318. Néanmoins, nous ajoutons ici les potentiels habitats recouverts par la coulée du Prieto. Nous considérons pour cela une densité de 1,5 structures à l’hectare pour 100 ha de la Mesa del Bolsón occultés ; soit environ 150 maisons supplémentaires. L’effectif total s’élève à 400 habitats, ou 2000 à 2400 habitants toutes maisons occupées. Au regard des points discutés plus haut (matériel peu abondant en fouille), nous estimons que moins de 50% ont dû être utilisés de façon contemporaine, ou que le site n’a pas été occupé pendant tout l’Épiclassique. Néanmoins, nous proposons différents scénarios (Tableau 69).

| | Pourcentage des structures d’habitat occupées de manière contemporaine | | | | |
|---|---|------------|------------|------------|------------|
| | 100% | 75% | 60% | 50% | 25% |
| Nombre de maisons | 400 | 300 | 240 | 200 | 100 |
| Nombre d’habitants (5 hbts./maison) | 2000 | 1500 | 1200 | 1000 | 500 |
| Nombre d’habitants (6 hbts./maison) | 2400 | 1800 | 1440 | 1200 | 600 |
| Consommation minimum [Kt] (5 hbts./maisons, 500g de maïs par jour) | 0,365 | 0,274 | 0,219 | 0,183 | 0,091 |
| Consommation maximum [Kt] (6 hbts./maisons, 600g de maïs par jour) | 0,526 | 0,394 | 0,315 | 0,263 | 0,131 |

Tableau 69 - Occupation contemporaine théorique de Mich. 318 (partie occultée par le Prieto comprise) et consommation en maïs associée.

– Le territoire d’exploitation agricole de Mich. 318

Le territoire d’exploitation agricole de Mich. 318 couvre entre 800 ha (1 h de marche aller-retour) et plus de 12000 ha (4 h de marche), en ne considérant que les surfaces effectivement cultivables (Figure 265). Bien que les sols les plus rapidement accessibles soient fertiles (Andosols, Cambisols, Phaeozems), une jachère 1:1 généralisée constitue un minimum raisonnable. Les productions théoriques s’échelonnent entre 0,162 Kt/an et près de 10 Kt/an (Tableau 70).

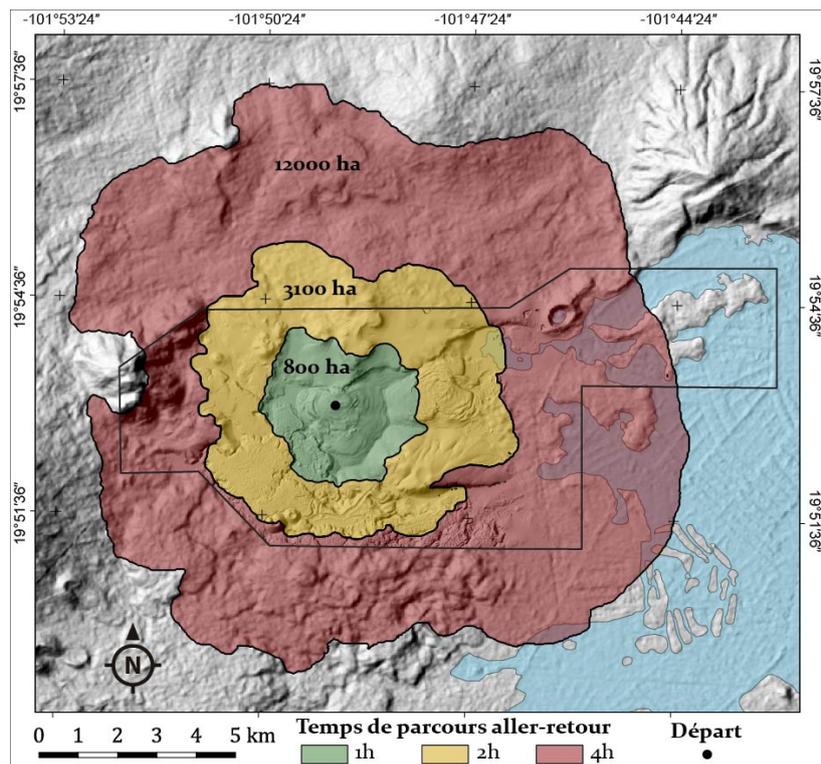


Figure 265 - Territoire d'exploitation agricole de Mich. 318.

| | | Territoire d'exploitation agricole | | |
|--|------------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------|
| | | 1 h (800 ha) | 2 h (3100 ha) | 4 h (12000 ha) |
| Rendement total estimation basse [Kt] | Aucune perte | 0,695 | 2,524 | 8,658 |
| | 30% de pertes (stockage...) | 0,486 | 1,767 | 6,061 |
| | Jachère 1:1 | 0,243 | 0,883 | 3,030 |
| | Jachère 1:2 | 0,162 | 0,589 | 2,020 |
| Rendement total estimation haute [Kt] | Aucune perte | 1,228 | 4,204 | 13,834 |
| | 30% de pertes (stockage ...) | 0,860 | 2,943 | 9,684 |
| | Jachère 1:1 | 0,430 | 1,471 | 4,842 |
| | Jachère 1:2 | 0,287 | 0,981 | 3,228 |

Tableau 70 - Production théorique au sein du territoire d'exploitation agricole de Mich. 318.

Dans l'hypothèse où moins de 50% des maisons seraient contemporaines (moins de 1000-1200 habitants), la mise en culture à 1h de marche aller-retour ou moins suffirait à sustenter la population dans presque tous les scénarios (Figure 266). Dans le cas où 75% des structures seraient contemporaines (1500-1800 habitants), l'exploitation d'un territoire au-delà du seuil de 1h de marche aurait été nécessaire, mais seulement dans l'éventualité d'une consommation maximale de maïs, avec des rendements bas et/ou d'une jachère triennale. Pour 100% du site contemporain (plus de 2000 habitants), la mise en culture de terres arables au-delà du seuil de 1h aurait été nécessaire, voire au-delà de celui des 2h de marche.

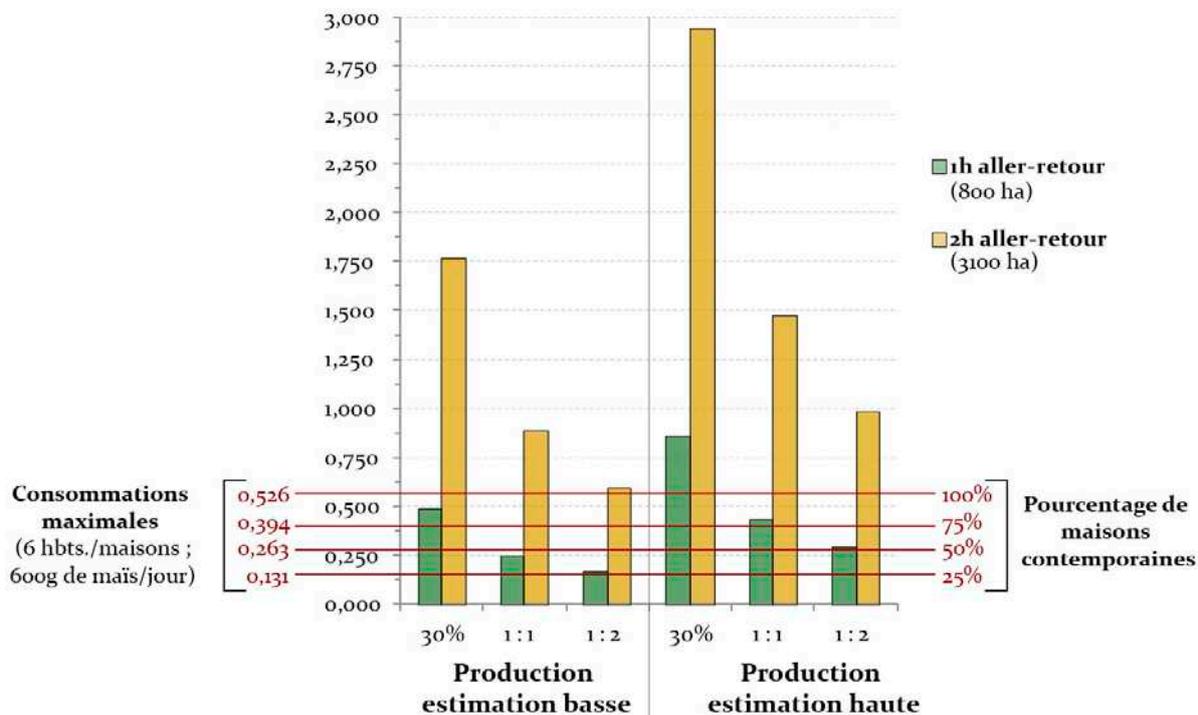


Figure 266 - Diagramme comparatif de la production théorique en fonction de la consommation supposée pour Mich. 318.

– Extrapolation de la surface cultivée nécessaire

Supposons l’hypothèse la plus risquée au niveau agricole : 100% des habitats contemporains, une diète de 600 g de maïs quotidien, des rendements bas, et une jachère triennale. La consommation s’élèverait dans ce cas à 0,526 Kt et la production maximale des 12000 ha du territoire d’exploitation à 2,020 Kt. Dans ce cas de figure, il faudrait donc que 26%³¹³ du territoire d’exploitation soit mis en culture ; soit environ 3100 ha.

Prenons maintenant l’autre extrême : 25% contemporains, 500 g/j, des rendements hauts, et une jachère biennale. La consommation équivaldrait à 0,091 Kt et la production du territoire d’exploitation maximal à 4,842 Kt. Dans ce cas de figure, l’exploitation de moins de 2% du territoire d’exploitation serait suffisante pour nourrir la population ; soit environ 240 ha.

L’hypothèse la plus probable se place entre ces deux extrêmes. Comme nous l’avons discuté, le site était vraisemblablement occupé de façon contemporaine à moins de 50% et la jachère biennale semble un minimum raisonnable. Aussi la consommation maximale ne dépassait probablement pas 0,250 Kt ; soit environ 8% de la production potentielle de 3,030 Kt (Tableau 70). En d’autres termes, seuls 8% de la surface totale du territoire d’exploitation étaient probablement suffisants pour nourrir la population de Mich. 318 ; soit

³¹³ (consommation x 100) : production ↔ (0,526 x 100) : 2,020

960 ha. Les habitants pouvaient donc subvenir à leurs besoins en cultivant à moins d'une heure de marche aller-retour de chez eux. Cette situation imposerait néanmoins que les habitants de Mich. 318 mettent en culture des espaces *a priori* plus proches d'autres sites contemporains, comme Mich. 317, 68 et peut-être Mich. 439. Par conséquent, la question qui se pose est la suivante : qu'en est-il lorsque l'on considère l'ensemble de la zone à l'Épiclassique ?

- *Territoires d'exploitation agricoles épiclassiques*

Pour l'analyse de territoire d'exploitation agricole à l'échelle de toute l'occupation épiclassique, nous n'avons considéré comme « bases »³¹⁴ que les sites de Mich. 317, 318, 319, 416, 427, 33-69 et, avec moins de certitude, Mich. 68, 95, 439 et 440. Avec 1224 structures d'habitat dénombrées au total, la population maximale (100% d'occupation contemporaine) s'élève à plus de 6000 personnes. Le Tableau 71 compile les différents scénarios de contemporanéité des vestiges.

| | Pourcentage des structures d'habitat occupées de manière contemporaine | | | | |
|---|---|------------|------------|------------|------------|
| | 100% | 75% | 60% | 50% | 25% |
| Nombre de maisons | 1224 | 918 | 734 | 612 | 306 |
| Nombre d'habitants (5 hbts./maison) | 6120 | 4590 | 3672 | 3060 | 1530 |
| Nombre d'habitants (6 hbts./maison) | 7344 | 5508 | 4406 | 3672 | 1836 |
| Consommation minimum [Kt] (5 hbts./maisons, 500g de maïs par jour) | 1,117 | 0,838 | 0,670 | 0,558 | 0,279 |
| Consommation maximum [Kt] (6 hbts./maisons, 600g de maïs par jour) | 1,608 | 1,206 | 0,965 | 0,804 | 0,402 |

Tableau 71 - Pourcentage théorique d'occupation contemporaine des structures d'habitat à l'Épiclassique.

L'aire totale cumulée des territoires d'exploitations des sites compte entre 3200 ha (1h de marche) et 17400 ha (4h) effectivement cultivables (Figure 267). La grande majorité des sols les plus proches des zones résidentielles est constituée de sols téphriques fertiles. La jachère biennale constitue un minimum raisonnable. La production théorique s'échelonne entre 0,573 Kt et plus de 14 Kt (Tableau 72).

³¹⁴ Permettant un retour quotidien après travaux aux champs (voir 1.3.4).

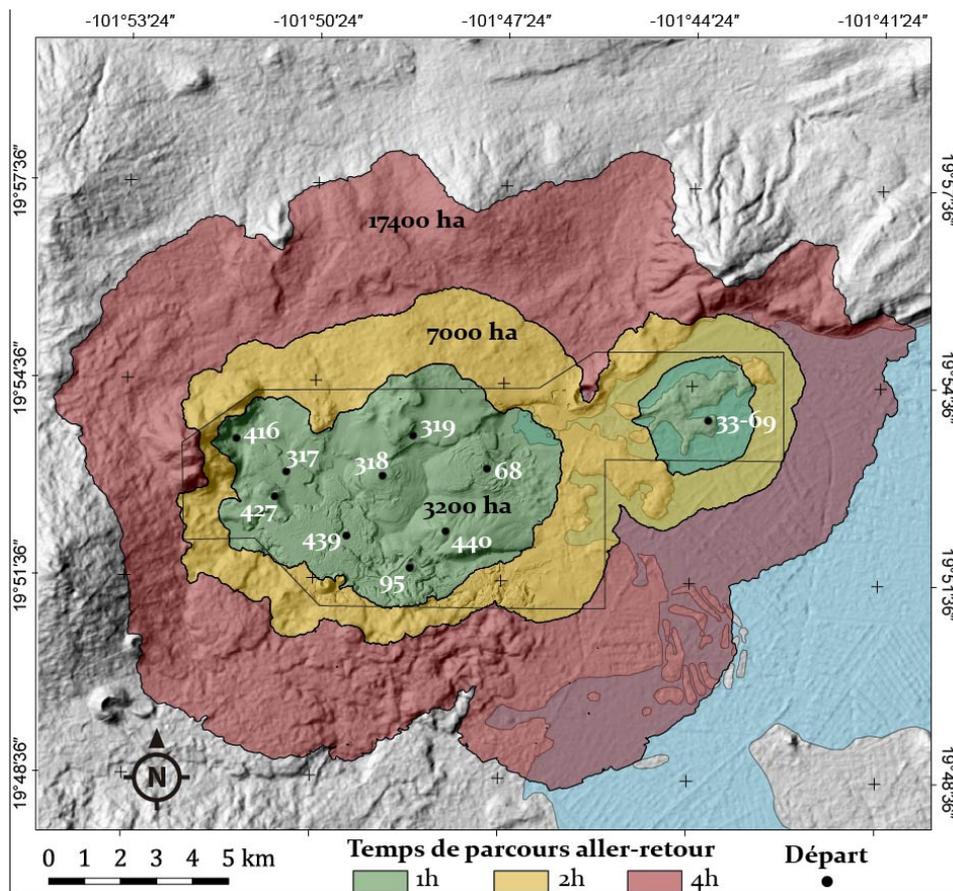


Figure 267 - Territoires d'exploitation agricoles cumulés de l'Épiclassique.

| | | Territoire d'exploitation agricole | | |
|--|-----------------------------|------------------------------------|-----------------|------------------|
| | | 1h (3200 ha) | 2h (7000 ha) | 4h (17400 ha) |
| Rendement total (estimation basse) [Kt] | Aucune perte | 2,457 | 5,020 | 12,745 |
| | 30% de pertes (stockage...) | 1,720 | 3,514 | 8,922 |
| | rotation biennale | 0,860 | 1,757 | 4,461 |
| | rotation triennale | 0,573 | 1,171 | 2,974 |
| Rendement total (estimation haute) [Kt] | Aucune perte | 4,219 | 8,104 | 20,478 |
| | 30% de pertes (stockage...) | 2,953 | 5,673 | 14,335 |
| | rotation biennale | 1,476 | 2,836 | 7,167 |
| | rotation triennale | 0,984 | 1,891 | 4,778 |

Tableau 72 - Production en maïs théorique dans le territoire d'exploitation en fonction des pertes et des jachères.

À l'instar du cas d'étude de Mich. 318, en admettant que moins de 50% des maisons fussent contemporaines, le territoire d'exploitation minimal de 1h de marche aller-retour suffirait à sustenter la population (moins de 3700 personnes) dans quasiment tous les cas de figure, excepté celui où la rotation est triennale (Figure 268). Avec 75% des habitats contemporains, l'exploitation d'un territoire au-delà du seuil de 1h est nécessaire, excepté dans le cas de figure où les rendements seraient élevés et où la rotation biennale constituerait

une option suffisante. Avec 100% contemporains, le territoire agricole s'étendrait à plus de 1h de marche, voire 2h dans le cas d'une rotation triennale.

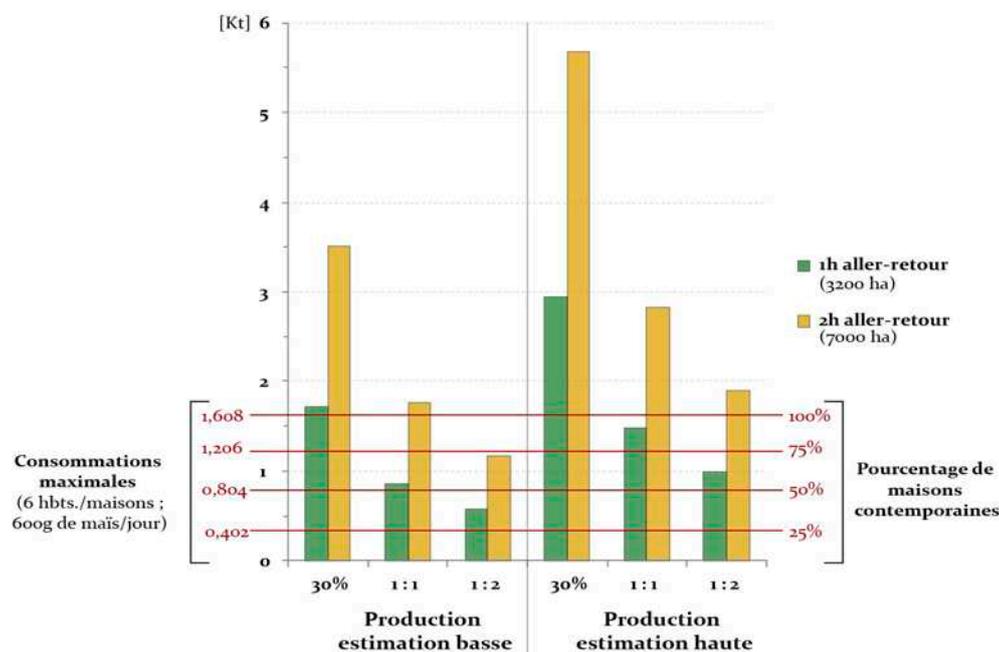


Figure 268 - Diagramme comparatif de la production théorique en fonction de la consommation supposée pour l'Épiclassique.

– Extrapolation de la surface cultivée nécessaire

L'hypothèse la plus risquée (100% des habitats contemporains, 600 g de maïs quotidien, rendements bas, et jachère triennale) impliquerait une consommation de 1,608 Kt pour une production maximale de 2,974 Kt dans l'aire de 17400 ha (4h de marche aller-retour). Il faudrait alors que 54% de cette surface soit exploitée pour subvenir aux besoins de la population ; soit environ 9400 ha.

L'autre extrême (25% contemporains, 500 g/j, rendements hauts, jachère biennale) impliquerait une consommation de 0,279 Kt pour une production maximale de 7,167 Kt. Moins de 4% de la surface seraient alors suffisants pour nourrir tout le monde ; soit environ 680 ha.

En reprenant l'hypothèse que nous considérons comme plausible de 50% des habitats contemporains au maximum et d'une jachère biennale, la consommation tournerait vraisemblablement autour de 0,700 Kt ; soit 15% d'une production potentielle maximale de 4,461 Kt (estimation basse). Dans ces conditions, 2600 ha seraient nécessaires pour nourrir l'ensemble de la population épiclassique ; soit 80% de la surface cultivable à moins de 1h de marche aller-retour (voir Figure 267).

– Conséquences pour la territorialité

Lorsque l'on considère le temps de parcours depuis le centre des principaux sites résidentiels vers leurs environs (Figure 269), on s'aperçoit que les surfaces susceptibles d'être couvertes à pied se recoupent très rapidement. En d'autres termes, dès 20 min de marche, les habitants de différents villages accédaient aux mêmes espaces. Ainsi, au-delà de 10 min de marche, les terres arables étaient potentiellement partagées. En outre, de par leur proximité, Mich. 317 et 427 (et 428 et 38³¹⁵) devaient peut-être partager des espaces cultivables dans un rayon plus réduit encore.

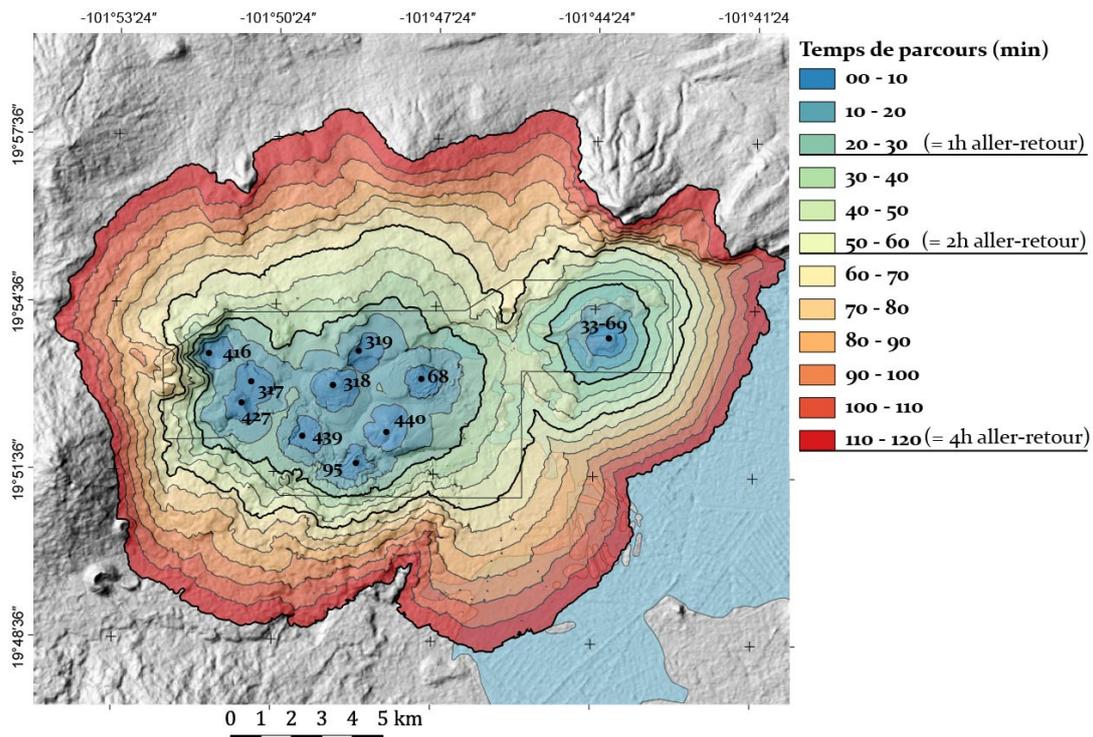


Figure 269 - Temps de parcours théoriques depuis les principaux sites résidentiels épiclassiques vers leurs environs.

Cependant, l'estimation de surface cumulée des territoires d'exploitation (Figure 267) dissimule un point fondamental : tous les sites ne présentent pas le même nombre de structures et, par conséquent, n'avaient pas le même nombre d'habitants (Tableau 73). Par extension, les surfaces nécessaires pour nourrir leur population n'étaient pas les mêmes.

Considérons le cas de figure où 50% des structures contemporaines constitueraient un maximum d'occupation avec rotation biennale des cultures. L'établissement de Mich. 318

³¹⁵ Mich. 428 n'est pas intégré au calcul car très peu d'habitats y ont été identifiés. Mich. 38 n'est pas pris en compte non plus car dans la mesure où le site a été réoccupé au Postclassique moyen, une grande incertitude demeure en ce qui concerne la datation des maisons à l'Épiclassique. L'estimation que nous proposons (voir Tableau 25) est trop hasardeuse pour être pertinente.

compterait alors plus de 1000 personnes, qui devraient mettre plus de 500 ha en culture pour subvenir à leurs besoins. À l'inverse, le site cérémoniel de Mich. 416 ou celui de 319 seraient probablement habités respectivement par moins de 100 personnes³¹⁶ et une trentaine d'hectares cultivés suffiraient à nourrir les villageois. Ainsi, Mich. 318 aurait été susceptible d'entrer en concurrence avec ses voisins, car ses habitants auraient nécessairement dû cultiver à plus de 10 min de chez eux, sur des terres partagées (en rouge sur le Tableau 73). À l'inverse, les agriculteurs de Mich. 319 ne constitueraient guère des concurrents potentiels, car les sols situés à moins de 10 min de leurs maisons auraient suffi à combler leurs besoins (en vert sur le Tableau 73).

| Site | Structures d'habitat occupées | | | Conso. maximale [Kt] 600g/j/pers | Pourcentage de la conso. totale (x) | Surface cultivée nécessaire Sn ¹ [ha] | Surface cultivable disponible dans un rayon de 10 min à pied [ha] |
|--------------|-------------------------------|--------------|-------------|----------------------------------|-------------------------------------|--|---|
| | Str. | 50% des str. | 6 hbts/str. | | | | |
| Mich. | | | | | | | |
| 32 | 4 | 2 | 12 | 0,003 | 0,3 | 8,5 | N.C. |
| 33-69 | 5 | 2,5 | 15 | 0,003 | 0,4 | 10,7 | 57,425 |
| 38 | 100 | 50 | 300 | 0,066 | 8,2 | 213,4 | N.C. |
| 68 | 271 | 135,5 | 813 | 0,178 | 22,1 | 578,4 | (63,397) |
| 71 | 5 | 2,5 | 15 | 0,003 | 0,4 | 10,7 | N.C. |
| 72 | 5 | 2,5 | 15 | 0,003 | 0,4 | 10,7 | N.C. |
| 95 | 43 | 21,5 | 129 | 0,028 | 3,5 | 91,8 | (55,688) |
| 317 | 96 | 48 | 288 | 0,063 | 7,8 | | |
| 427 | 20 | 10 | 60 | 0,013 | 1,6 | 256,1 | 119,391 |
| 428 | 4 | 2 | 12 | 0,003 | 0,3 | | |
| 318 | 400 | 200 | 1200 | 0,263 | 32,7 | 853,7 | 109,146 |
| 319 | 16 | 8 | 48 | 0,011 | 1,3 | 34,1 | 93,904 |
| 416 | 10 | 5 | 30 | 0,007 | 0,8 | 21,3 | 67,935 |
| 430 | 12 | 6 | 36 | 0,008 | 1,0 | 25,6 | N.C. |
| 439 | 160 | 80 | 480 | 0,105 | 13,1 | 341,5 | (50,142) |
| 440 | 73 | 36,5 | 219 | 0,048 | 6,0 | 155,8 | (158,939) |
| Total | 1224 | 612 | 3672 | 0,804 | 100,0 | 2612,4 | |

Tableau 73 - Surface cultivée nécessaire par site à l'Épiclassique.

¹ estimée en extrapolant le pourcentage de la consommation (x) à la surface cultivable du territoire d'exploitation maximum (4h de marche) en jachère biennale, rendements bas : $Sn = x \% \text{ de } 2612,4 \text{ ha}$.

² Sites réunis pour le calcul au regard de leur proximité spatiale (voir Figure 269).

N.C. = non calculé, car le site est mal daté, mal documenté, ou présente très peu d'habitats.

Parenthèses : site mal daté, mais considéré dans le calcul.

Selon cette hypothèse, les sites du bassin lacustre n'ont visiblement pas eu de problème de territorialité. Dans les hautes terres au contraire, les principaux sites résidentiels ont dû partager des terres arables. Cependant, hormis Mich. 439 confiné entre plusieurs

³¹⁶ Même en considérant de possibles maisons en matériaux périssables sur les terrasses résidentielles caractéristiques de ces sites.

établissements et la coulée de l'Infiernillo, tous les autres sites avaient la possibilité d'étendre leur surface cultivée vers d'autres directions, où il n'y aurait pas eu de conflits d'intérêts (Figure 270) :

- Mich. 318 vers le nord ;
- Mich. 317 vers le nord et l'ouest ;
- Mich. 68 vers l'est ;
- Mich. 95 vers le sud et l'est (non représenté sur figure) ;
- Mich. 440 vers l'est.

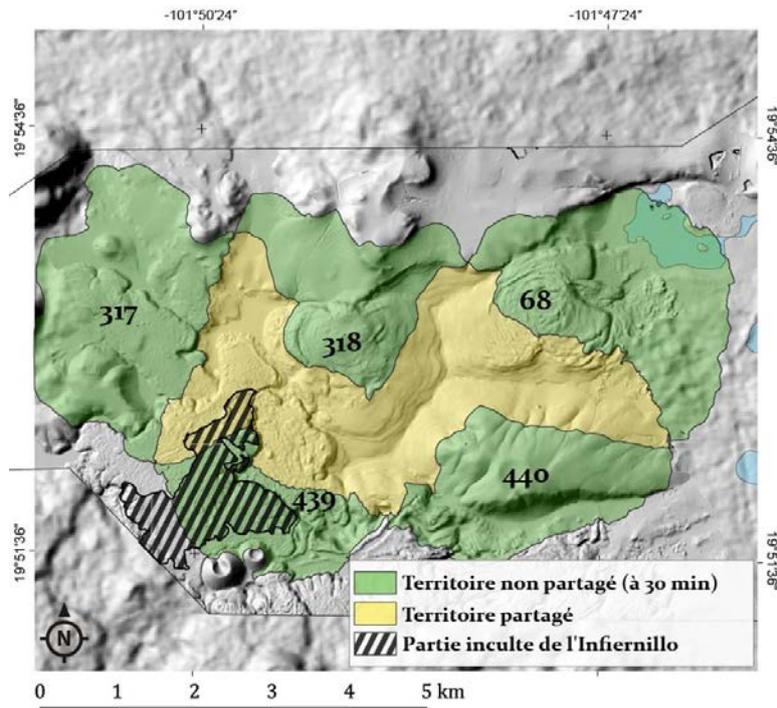


Figure 270 - Territoires partagés et non partagés à l'Épiclassique.

En dépit de ces conditions, bon nombre des aménagements agraires identifiés archéologiquement se concentrent au sein même de ce territoire supposément partagé (Figure 270). De plus, comme nous l'avons évoqué (9.1.1), aucun indice spatial clair de territorialité n'a été mis au jour pour la période. Au contraire, la répartition continue des vestiges dans la zone est la norme. Par conséquent, nous pensons que cette situation reflète une gestion commune des espaces agricoles à l'Épiclassique. Nous défendons ainsi l'idée que le nord du Malpaís et les hautes terres environnantes constituaient une entité relativement homogène à l'époque.

Par ailleurs, passé le seuil de 30 min à pied (1h aller-retour) depuis les principaux sites résidentiels, les vestiges agraires sont très rares. Ce constat corrobore notre hypothèse d'une occupation contemporaine maximale d'environ 50% des vestiges quantifiables.

– Synthèse pour l'Épiclassique

Si notre modèle est pertinent, 50% des maisons ont pu être habitées en même temps à l'apogée démographique épiclassique. Le nord du Malpaís de Zacapu et ses environs comptaient alors 3000 à 4000 personnes. La mise en culture dans un rayon de 1h de marche aller-retour permettait de nourrir la population. Pour cela, les différents établissements se partageaient une partie des terres arables. L'autosuffisance est donc une hypothèse plausible à cette époque, dans une logique d'agriculture localisée principalement à proximité des habitats.

9.2.4.3. Le Postclassique ancien

Comme pour le premier test, l'application du modèle au Postclassique ancien n'est pas très pertinente. Nous renvoyons le lecteur aux commentaires d'ordre général formulés plus haut et aux synthèses des chapitres 7 et 8.

9.2.4.4. Le Postclassique moyen

Pour le Postclassique moyen, nous commençons par considérer le cas bien documenté de Mich. 31 avant d'extrapoler le test à l'ensemble de l'occupation de la phase Milpillás.

- *Cas d'étude : Mich. 31 et ses environs*

Le centre urbain de Mich. 31 domine le plateau du Copalillo. La potentialité d'agriculture intrasite est *quasi* inexistante. Comme évoqué, le site dispose d'établissements satellites qui cultivent son *hinterland* agricole. Les rendements des sols à proximité, sur le plateau et sur les versants du Cerrito Pelón, sont évalués à 700-1000 kg/ha. Au-delà des limites de notre fenêtre, ces valeurs sont extrapolées au reste de la coulée du Copalillo. Nous considérons que seulement 90% de celle-ci sont effectivement exploitables de par la présence d'affleurements (ex. faille), de Leptosols, de Stagnosols, et de zones de *carcavas* dont certaines existaient peut-être déjà à l'époque préhispanique. Vers l'est, les sols du vallon qui conduit à Cuarún présentent des caractéristiques et des rendements comparables, hormis deux poches de Phaeozems d'origine colluvique. Les Cambisols et Andosols du Caracol ont aussi pu être exploités de ce côté de Mich. 31, avec des rendements considérés comme meilleurs (1000-2000 kg/ha), mais des surfaces cultivables beaucoup plus réduites (60%) à cause des affleurements nombreux. Vers l'ouest, la coulée de la Raya présente des sols similaires à celle du Copalillo. Les Andosols, Cambisols, et Phaeozems de la Mesa del Bolsón sont quant à eux comparables à ceux du Caracol.

– Population estimée de Mich. 31 et consommation théorique

La population et la consommation de Mich. 31 et ses environs ont été présentées plus haut (voir 9.2.3.4). Rappelons les valeurs pour le présent développement (Tableau 74) et le fait qu'au paroxysme démographique, 60 à 75% du site ont pu être occupés de façon contemporaine.

| | Pourcentage des structures d'habitat occupées de manière contemporaine | | | | |
|---|---|------------|------------|------------|------------|
| | 100% | 75% | 60% | 50% | 25% |
| Nombre de maisons | 1023 | 716 | 614 | 512 | 256 |
| Nombre d'habitants (5 hbts./maison) | 5115 | 3581 | 3069 | 2558 | 1279 |
| Nombre d'habitants (6 hbts./maison) | 6138 | 4297 | 3683 | 3069 | 1535 |
| Consommation minimum [Kt] (5 hbts./maisons, 500g de maïs par jour) | 0,933 | 0,653 | 0,560 | 0,467 | 0,233 |
| Consommation maximum [Kt] (6 hbts./maisons, 600g de maïs par jour) | 1,344 | 0,941 | 0,807 | 0,672 | 0,336 |

Tableau 74 - Occupation contemporaine théorique de Mich. 31 et le plateau du Copalillo et consommation en maïs associée.

– Le territoire d'exploitation agricole théorique de Mich. 31

En ne considérant que les surfaces effectivement cultivables à l'intérieur des rayons de déplacement à pied, le territoire d'exploitation agricole de Mich. 31 couvre entre 670 ha (1 h de marche aller-retour) et plus de 12000 ha (4 h de marche) (Figure 271). La jachère 1:1 généralisée constitue un minimum sur ces sols principalement considérés *de temporal*, bien que certaines zones spécifiques des hautes terres et des rives aient potentiellement pu être cultivées en continu. Les productions théoriques dans l'intégralité du rayon de 4h de marche s'échelonnent entre 2,043 Kt/an et 9,501 Kt/an (Tableau 75).

| | | Territoire d'exploitation agricole | | |
|--|------------------------------|---|------------------|-------------------|
| | | 1 h (670 ha) | 2 h (3500 ha) | 4 h (12200 ha) |
| Rendement total estimation basse [Kt] | Aucune perte | 0,519 | 2,576 | 8,757 |
| | 30% de pertes (stockage...) | 0,363 | 1,803 | 6,130 |
| | Jachère 1:1 | 0,182 | 0,902 | 3,065 |
| | Jachère 1:2 | 0,121 | 0,601 | 2,043 |
| Rendement total estimation haute [Kt] | Aucune perte | 0,858 | 4,069 | 13,572 |
| | 30% de pertes (stockage ...) | 0,601 | 2,848 | 9,501 |
| | Jachère 1:1 | 0,300 | 1,424 | 4,750 |
| | Jachère 1:2 | 0,200 | 0,949 | 3,167 |

Tableau 75 - Production théorique au sein du territoire d'exploitation agricole de Mich. 31.

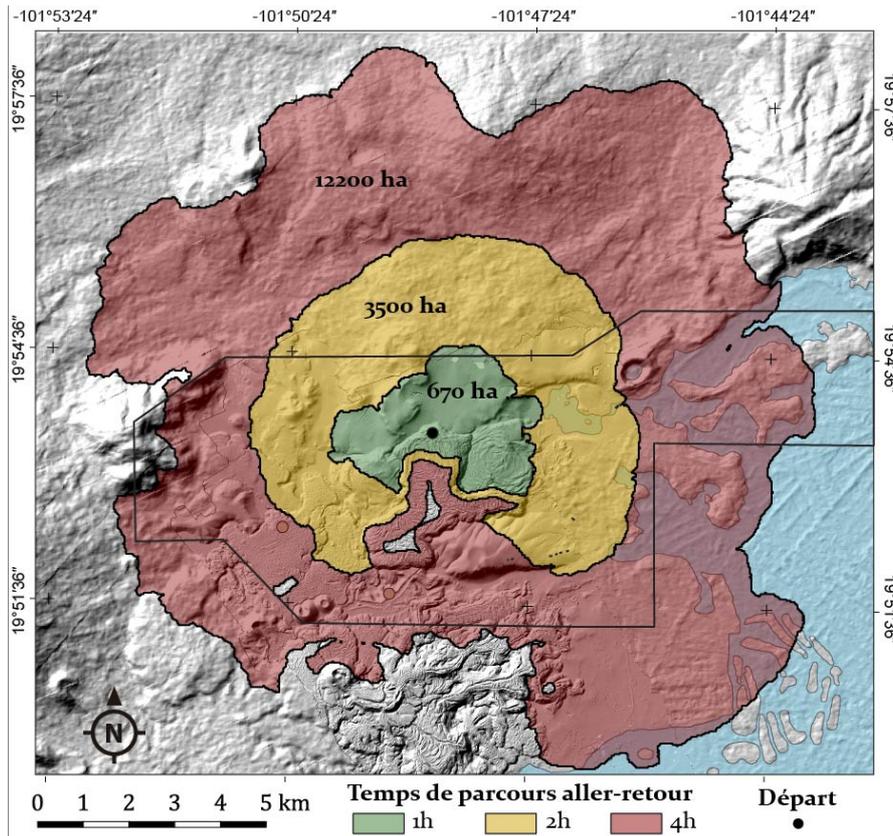


Figure 271 - Territoire d'exploitation agricole théorique de Mich. 31.

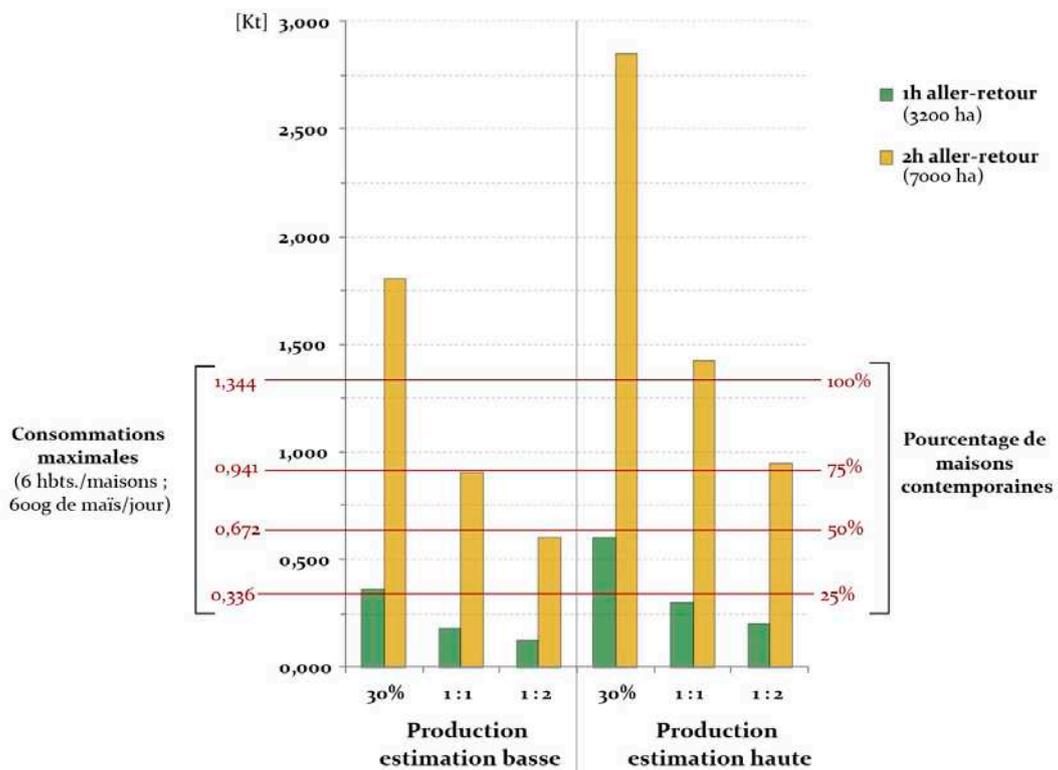


Figure 272 - Diagramme comparatif de la production théorique en fonction de la consommation supposée pour Mich. 31 et ses environs.

Quel que soit le cas de figure considéré, le centre urbain de Mich. 31 avait nécessairement besoin de mettre en culture des terrains au-delà du seuil de 1h de marche aller-retour, voire

au-delà de celui de 2h si 75% des maisons ou plus ont été occupées de façon contemporaine à l'apogée démographique (Figure 272).

– Extrapolation de la surface cultivée nécessaire

Comme précédemment, supposons d'abord l'hypothèse la plus risquée : 100% des maisons contemporaines, 600g de maïs quotidien, des rendements bas, et une jachère triennale. Dans ces conditions, la consommation est estimée à 1,344 Kt/an et la production maximale des 12200 ha du territoire d'exploitation dans un rayon de 4h de marche à 3,167 Kt. Il faudrait cultiver 42% de la surface ; soit quasiment 5200 ha.

À l'autre extrême – 25% contemporains, 500g, rendements hauts et jachère biennale –, la consommation ne dépasserait pas 0,233 Kt, soit 5% de la production maximale dans un rayon de 4h de marche, qui s'élèverait dans ce cas à 4,750 Kt. La surface nécessaire serait alors de 610 ha.

Il est probable qu'aucune de ces deux hypothèses ne corresponde à la réalité, mais la première est celle qui s'en rapproche le plus. En effet, comme nous l'avons évoqué, environ 60 à 75% ont vraisemblablement pu être occupés de manière contemporaine à l'apogée démographique du centre urbain. Avec 60% contemporains, la population de plus de 3000 personnes aurait consommé autour de 0,700 Kt/an (Tableau 74), pour une production maximale (4h de marche) en jachère biennale supérieure à 3 Kt. Au moins 23% de la surface du territoire d'exploitation de 4h (12200 ha) aurait alors dû être exploités ; soit plus de 2800 ha. De telles conditions auraient nécessairement entraîné un ou plusieurs des cas de figure suivants :

- le possible partage de terres arables avec, au minimum, l'établissement urbain voisin de Mich. 38 ;
- dans le cas contraire, la concentration des sols exploités vers le nord et l'est de la zone ;
- ou encore, l'acquisition de ressources agricoles autrement que par la seule mise en culture du milieu environnant (échanges, tributs...).

Pour appréhender la pertinence de ces possibilités, il nous faut maintenant tester le modèle à l'échelle de l'ensemble de l'occupation du nord du Malpaís et ses environs au Postclassique moyen.

▪ *Territoires d'exploitation agricoles au Postclassique moyen*

Nous considérons que les trois centres urbains de Mich. 31, 38, et 95-96 constituent des « bases » pour l'analyse de territoire d'exploitation agricole. Comme il a été évoqué, le compte des structures d'habitats – incluant les sites satellites – s'élève à 3737 ; soit une population de plus de 18000 habitants si toutes les maisons ont été contemporaines. Néanmoins, les indices discutés plus haut nous invitent à considérer ici encore la fourchette de 60 à 75% de vestiges contemporains à l'apogée démographique comme une hypothèse probablement plus proche de la réalité (voir *supra*). Nous proposons plusieurs cas de figure pour la discussion (Tableau 76). En fonction des hypothèses, la consommation totale était comprise entre 0,853 Kt et plus de 4,9 Kt. Dans la démonstration qui suit, nous admettons un instant *t* pendant lequel les trois centres urbains auraient été occupés en même temps.

| | Pourcentage des structures d'habitat occupées de manière contemporaine | | | | |
|---|---|-------------|-------------|-------------|------------|
| | 100% | 75% | 60% | 50% | 25% |
| Nombre de maisons | 3737 | 2616 | 2242 | 1869 | 934 |
| Nombre d'habitants (5 hbts./maison) | 18685 | 13080 | 11211 | 9343 | 4671 |
| Nombre d'habitants (6 hbts./maison) | 22422 | 15695 | 13453 | 11211 | 5606 |
| Consommation minimum [Kt] (5 hbts./maisons, 500g de maïs par jour) | 3,410 | 2,387 | 2,046 | 1,705 | 0,853 |
| Consommation maximum [Kt] (6 hbts./maisons, 600g de maïs par jour) | 4,910 | 3,437 | 2,946 | 2,455 | 1,228 |

Tableau 76 - Pourcentage théorique d'occupation contemporaine des structures d'habitat au Postclassique moyen.

| | | Territoire d'exploitation agricole | | |
|--|-----------------------------|---|-----------------|------------------|
| | | 1h (1300 ha) | 2h (5000 ha) | 4h (15000 ha) |
| Rendement total (estimation basse) [Kt] | Aucune perte | 1,051 | 2,541 | 7,313 |
| | 30% de pertes (stockage...) | 0,736 | 1,779 | 5,119 |
| | rotation biennale | 0,368 | 0,889 | 2,559 |
| | rotation triennale | 0,245 | 0,593 | 1,706 |
| Rendement total (estimation haute) [Kt] | Aucune perte | 1,847 | 3,883 | 11,695 |
| | 30% de pertes (stockage...) | 1,293 | 2,718 | 8,187 |
| | rotation biennale | 0,646 | 1,359 | 4,093 |
| | rotation triennale | 0,439 | 0,906 | 2,729 |

Tableau 77 - Production en maïs théorique dans le territoire d'exploitation en fonction des pertes et des jachères.

L'aire totale cumulée des territoires d'exploitation agricoles des trois centres urbains est comprise entre 1300 ha (1h de marche) et 15000 ha (4h de marche) cultivables (Figure 273). Une fois de plus, la jachère biennale constitue un minimum raisonnable. La production théorique varie entre 1,706 et 8,187 Kt/an, selon les rendements et les types de rotation des cultures considérés (Tableau 77).

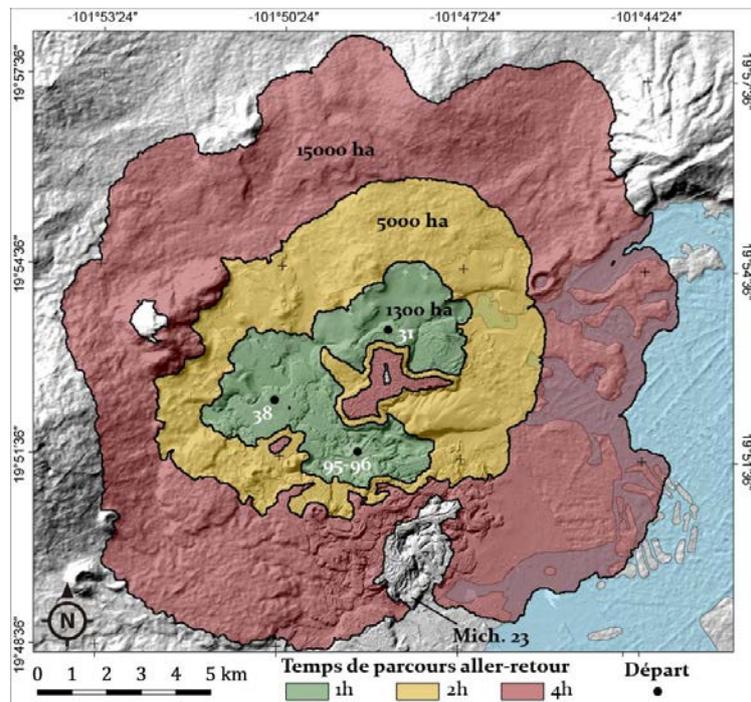


Figure 273 - Territoires d'exploitation agricoles cumulés du Postclassique moyen.

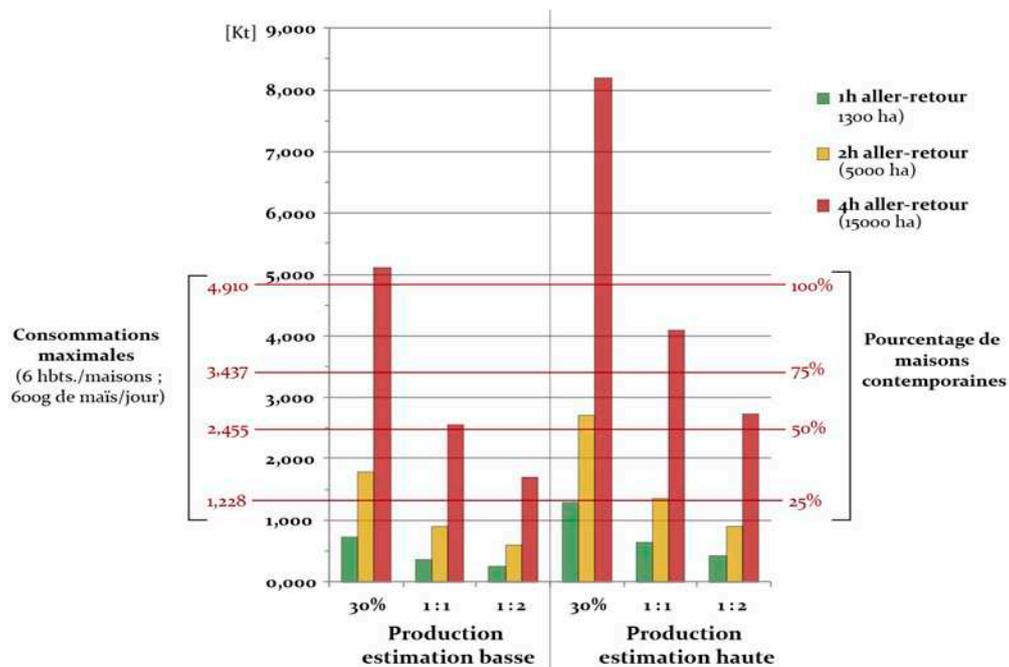


Figure 274 - Diagramme comparatif de la production théorique en fonction de la consommation supposée pour le Postclassique moyen.

Pour le Postclassique moyen, il est clair que l'exploitation d'un vaste territoire agricole était une nécessité. La Figure 274 montre que peu importe la situation considérée, la mise en culture de terrains au minimum dans un rayon supérieur à 2h de marche aller-retour était indispensable. En outre, avec plus de 50% des habitats contemporains – ce qui constitue une hypothèse probable (voir *supra*) –, la production susceptible d'être obtenue en cultivant l'intégralité des 15000 ha (4h de marche) aurait à peine suffi à sustenter toute la population. D'excellents rendements auraient alors été nécessaires. Dans de telles conditions, la moindre récolte pourrie aurait pu s'avérer désastreuse.

– Extrapolation de la surface cultivée nécessaire

Dans l'hypothèse la plus risquée (100% des habitats contemporains, 600 g de maïs quotidien, rendements bas, et jachère triennale), la consommation s'élèverait à plus de 4,9 Kt/an pour une production de 1,706 Kt dans l'aire maximale de 15000 ha. En d'autres termes, il aurait fallu cultiver le triple de cette surface pour combler les besoins de la population ; soit 45000 ha ou 450 km² !

À l'extrême inverse (25% contemporains, 500 g/j, rendements hauts, jachère biennale), la consommation s'élèverait à 0,853 Kt/an pour une production maximale de 4,093 Kt à l'intérieur du rayon de 4h de marche aller-retour. Dans ces conditions, 20% de la surface de 15000 ha permettrait de sustenter la population ; soit environ 3000 ha. Ainsi, même dans cette hypothèse, la mise en culture au-delà du seuil de 2h de marche aller-retour serait inévitable.

Dans l'hypothèse finalement plus probable ou plus de 60% de la zone aurait été occupés de façon contemporaine à l'apogée démographique, la consommation cumulée des trois centres urbains se situerait vraisemblablement autour de 2,5 Kt/an. La production en jachère biennale dans un rayon de 4h de marche serait à peine supérieure dans le cas de rendements bas. L'intégralité des 15000 ha devrait alors être mis en culture et la situation serait risquée face aux potentiels imprévus (maladie des plants, pourrissement...). En outre, ces aléas ne pourraient que difficilement être prévenus dans la mesure où les champs se situeraient à des distances non négligeables des habitations. Dans le cas de rendements élevés, le système de production serait plus durable. Encore faudrait-il que de bons rendements aient pu être maintenus dans les parcelles les plus éloignées des centres urbains.

Ces résultats suggèrent que l'agriculture pratiquée par les habitants du nord du Malpaís ne suffisait peut-être pas à sustenter l'intégralité de la population à la phase Milpillás. Du moins,

la durabilité du système agraire aurait alors nécessité des efforts importants. L'acquisition de ressources agricoles en dehors de la microrégion, *via* des échanges ou un système de tribut, constitue donc une hypothèse plausible. Cependant, des espaces cultivés ont bel et bien été identifiés et clairement associés à cette phase chronologique par la fouille. Aussi une autre question se pose-t-elle : quelles ont été les répercussions de la répartition des terres arables sur la territorialité ?

– Conséquences pour la territorialité aux échelles locale et microrégionale

Nous avons vu plus haut que les trois centres urbains étaient localisés à un peu plus de 30 min de marche seulement les uns des autres (9.1.2.2 et Figure 256 : 612). Par ailleurs, nous venons de voir que la consommation des habitants nécessitait que chacun des établissements mette en culture des terres largement au-delà du seuil de 1h de marche aller-retour. Cette situation impliquait *de facto* le recoupement des territoires d'exploitation agricoles des sites. Nous savons finalement que l'agriculture était tout de même pratiquée, au moins à l'échelle locale, bien que l'acquisition d'une partie des ressources agricoles *via* des échanges ou des taxes soit une éventualité. Ainsi, dans le cas de figure raisonnable où les trois centres urbains auraient un jour été contemporains, il est inévitable qu'une forme de partage des espaces agraires ait été établie.

L'hypothèse de la mise en commun pure et simple des terres arables est difficilement envisageable. Nous avons vu que des *no man's land* existaient entre les trois établissements et qu'aucun n'avait de visibilité directe sur ses voisins (9.1.2.2). Autant d'éléments qui invitent à définir des frontières tacites entre eux. Le cas échéant, elles n'auraient pas été sans répercussions sur les territoires d'exploitation agricoles.

Pour tenter de rendre compte de cette situation, nous proposons une nouvelle analyse de territoire d'exploitation en établissant numériquement des frontières entre les trois centres urbains (Figure 275). Cette démarche conduit à l'élargissement des territoires de chaque site dans la direction de leurs champs de vision respectifs (voir 9.1.2.2) : Mich. 31 vers le nord et l'est, Mich. 38 vers le nord et l'ouest, et Mich. 95-96 vers l'est et l'ouest. Comme précédemment, nous avons procédé au recoupement de ces territoires avec les surfaces cultivables pour donner une idée des ressources en sols et des rendements disponibles pour chaque établissement (Tableau 78).

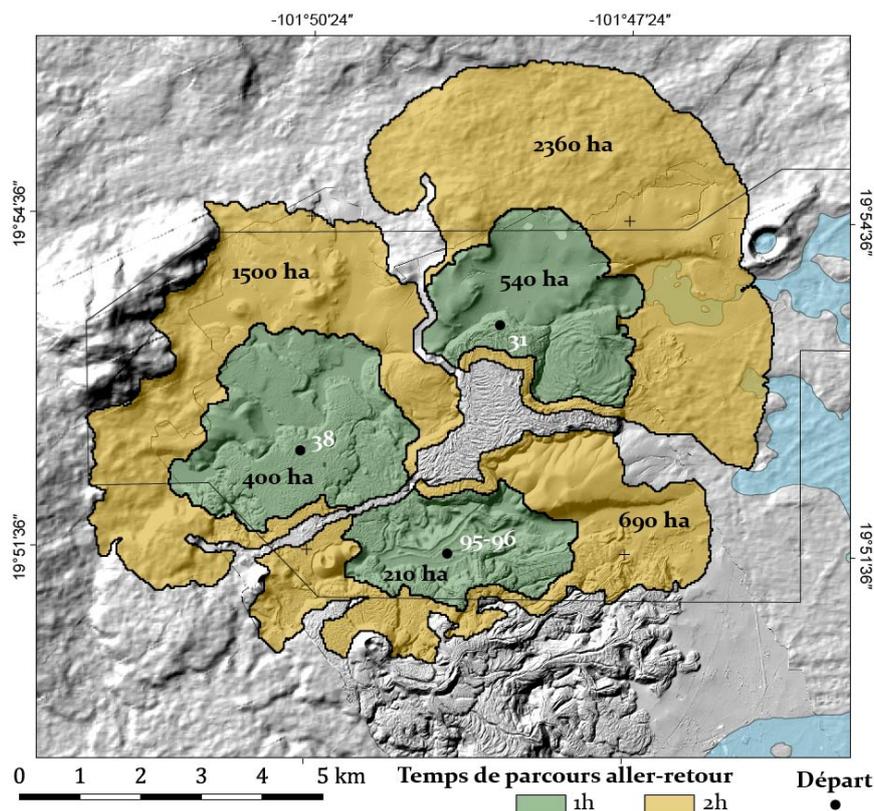


Figure 275 - Territoires d'exploitation agricoles au Postclassique moyen, en considérant des frontières tacites entre les trois centres urbains du nord du Malpaís.

| Zone | Démographie maximale (5 à 6 hbts/maison ; toutes maisons occupées) | Surface cultivable (rayon de 2h) [ha] | Production moyenne* en jachère biennale [Kt] | Consommation moyenne (5 à 6 hbts/maison, 500-600g de maïs par jour) en fonction du pourcentage d'occupation contemporaine [Kt] | | | |
|----------------------|---|---------------------------------------|--|--|--------------|--------------|--------------|
| | | | | 100% | 75% | 60% | 50% |
| Mich. 31 et environs | 6193 | 3401 | 0,764 | 1,239 | 0,929 | 0,743 | 0,619 |
| Mich. 38 et environs | 9482 | 2364 | 0,503 | 1,896 | 1,422 | 1,138 | 0,948 |
| Mich. 95-96 | 4807 | 1503 | 0,234 | 0,961 | 0,721 | 0,577 | 0,481 |
| Totaux | 20482 | 7268 | 4,290 | 4,096 | 3,072 | 2,458 | 2,048 |

Tableau 78 - Production moyenne par site (2h de marche aller-retour) en fonction de leur consommation moyenne selon le pourcentage de contemporanéité des habitats.

*moyenne entre l'estimation de rendement basse et haute.

Les conditions modélisées indiquent que la situation diffère selon le centre urbain considéré (Tableau 78). Les habitants de Mich. 31 semblaient en mesure de subvenir à leurs besoins en cultivant à l'intérieur d'un territoire de 2h de marche aller-retour, si 60% des maisons du site étaient contemporaines. Dans les cas de Mich. 38 et Mich. 95-96, l'agriculture dans un rayon de 2h de marche était insuffisante, quel que soit le scénario de contemporanéité envisagé. En l'absence de données archéologiques de terrain pour juger de l'existence d'une forme de territorialité au-delà des limites de notre fenêtre d'étude – et donc du seuil de 2h

aller-retour –, il nous est difficile d'évaluer avec pertinence les conséquences de ce constat pour ces deux centres urbains.

Une première éventualité serait que les trois sites aient été alliés et aient partagé sols et récoltes malgré les indices de territorialité mis au jour par ailleurs. Dans ces conditions, le territoire d'exploitation agricole cumulé des trois centres (4h de marche aller-retour) pourrait s'avérer suffisant. Mais comme nous l'avons vu, la durabilité du système ne serait alors maintenue qu'au prix d'un investissement important. Par ailleurs, les risques (pourrissement, maladies, vols...) seraient élevés au vu de l'éloignement de nombreuses parcelles. En outre, hormis dans le cas de Mich. 31, aucun site secondaire susceptible de sécuriser le territoire de proche en proche n'a été identifié à ce jour. Finalement, cette situation impliquerait vraisemblablement l'exploitation de sols au coude à coude avec le centre urbain de Mich. 23 (voir Figure 273). Le cas échéant, les terres arables auraient pu constituer une des raisons de l'opposition qui semble se dessiner entre la frange sud et la frange nord du Malpaís (voir 6059.1.2.1).

Une autre éventualité serait d'envisager que les centres de Mich. 38 et 95-96, n'étant pas nécessairement alliés, avaient accès à d'autres terres arables. De fait, Mich. 38 avait la possibilité d'exploiter les pentes fertiles du volcan Tule (Andosols [DETENAL 1979a]), un peu plus éloignées vers l'ouest. Mich. 95-96 pouvait quant à lui vraisemblablement tirer profit des Phaeozems localisés dans la zone soulevée en bordure du lac vers l'est. Ces zones, bien que relativement éloignées, offriraient suffisamment d'hectares cultivables pour combler le déficit de la production dans les limites des 2h de marche (dans l'hypothèse de 60% d'occupation contemporaine des sites). Néanmoins, là non plus aucun établissement secondaire ou vestige identifié dans ces zones n'appuie cette hypothèse³¹⁷. Le maintien du système agraire impliquerait par ailleurs de lourds efforts. Dans cette perspective, la répartition des terrains agricoles aurait pu constituer une source d'opposition, voire de conflit. Néanmoins, l'absence d'indice d'occupation postclassique sur un site comme Mich. 318 – où les sols sont intéressants, proches des centres urbains, et où les aménagements agraires sont déjà présents depuis l'Épiclassique – s'accorde mal avec cette hypothèse. Pourquoi ne pas exploiter un tel espace quand le système agraire est par ailleurs si difficile à renouveler ?

³¹⁷ Exception faite du petit site de Mich. 329 sur le versant est du Tule mais dont la datation est incertaine (Migeon 1991).

– Conséquences pour la territorialité à l'échelle régionale

En réponse à l'incapacité relative des trois centres urbains à fonctionner de concert sur la base d'un système agraire microrégional, une dernière possibilité serait l'existence de réseaux d'approvisionnement à plus large échelle. Nous avons vu que de tels réseaux existaient pour les matières premières (Darras 1999 ; Jadot 2016 ; Darras *et al.* 2017 ; voir 4.3.2.2). Par ailleurs, nous savons que le système du tribut aux échelles régionale et supra-régionale constituait la base de l'économie dans le royaume tarasque, qui émerge alors même que les centres urbains zacapenses périclitent (Alcalá 2000 ; Gorenstein et Pollard 1983 ; Warren 1985 ; Pollard 1993, 2008). Il est envisageable que ces derniers aient pu avoir mis en place un système de tribut embryonnaire dès le XIII^e siècle apr. J.-C.

Cette hypothèse expliquerait mieux le délaissement des sols téphriques disponibles sur la Mesa del Bolsón, à l'interface entre Mich. 31 et 38. Elle fournirait par ailleurs une possible explication à la nette différence entre l'Épiclassique et le Postclassique moyen en termes de quantité d'aménagements agraires. Mais cette différence pourrait aussi correspondre à une évolution des pratiques culturelles. En revanche, elle remettrait en question la relative autonomie du reste des hautes terres occidentales proposée par Migeon (1991).

– Synthèse pour le Postclassique moyen

Au Postclassique moyen, nous estimons que 60 à 75% des habitats ont pu être occupés en même temps. À l'apogée démographique, plus de 10000 personnes devaient habiter le nord du Malpaís et ses environs. L'existence d'un système agraire microrégional autosuffisant aurait alors été envisageable, mais les conditions de sa durabilité auraient été difficiles à entretenir. Il aurait par ailleurs impliqué le partage des terres arables et, par extension, une situation vraisemblablement conflictuelle.

Le cas d'étude de Mich. 31 indique néanmoins que l'agriculture dans un rayon limité de 2h de marche aller-retour pouvait fournir tout ou partie des ressources agricoles nécessaires à la population de ce site. Par extrapolation et au regard des aménagements agraires identifiés dans et autour des trois établissements urbains, nous émettons l'hypothèse que tous ont pratiqué l'agriculture dans ce cadre restreint. Chacun exploitait alors un territoire qui lui était propre. Pour combler l'inévitable déficit – notamment pour Mich. 38 et 95-96 –, le recours à des stratégies d'acquisition des ressources agraires à l'échelle régionale constitue une hypothèse probable.

9.3. SYNTHÈSE : MISE EN REGARD ENTRE AGRICULTURE, SOCIÉTÉ, ET TERRITORIALITÉ

Épiclassique.

Le Malpaís et les hautes terres qui l'environnent sont colonisés au début du VII^e siècle apr. J.-C. La population est vraisemblablement assez importante dès l'origine. Elle tourne peut-être alors autour de 2000 personnes. Rien n'indique de développement préalable *in situ*. Il s'agit donc d'une arrivée probablement rapide. À partir de ce substrat initial, la croissance démographique s'opère pendant les phases Lupe et La Joya, jusqu'à atteindre un nombre maximal d'habitants qui s'élève peut-être à 3000 ou 4000. Environ 50% des vestiges sont probablement occupés en même temps lors de cet apogée démographique.

Pour nourrir tout le monde, un système agraire s'organise. Dans l'état actuel des connaissances, il est difficile de savoir si l'intensification agricole a été progressive ou si les très nombreux aménagements agraires ont été construits dès les premiers temps de l'occupation. Notre modèle suggère que de potentielles difficultés à renouveler le système agraire auraient pu apparaître au-delà de 4000 habitants. En admettant un pourcentage d'occupation contemporaine des structures plus élevé que 50%, ce seuil aurait pu être passé au cours du IX^e siècle (*cf.* Figure 262). Il marque peut-être un tournant dans l'intensification agricole correspondant à la multiplication des terrasses. L'apparente courte durée d'occupation d'un site intensément aménagé comme Mich. 318 pourrait aller dans ce sens. Ce site aurait alors été édifié pendant la seconde moitié de l'Épiclassique, en réponse à une certaine croissance de la population. Néanmoins, la construction de terrasses constitue une réponse pratique à la géomorphologie locale. Elle a sans doute été initiée bien avant qu'une quelconque pression démographique ne s'exprime.

Quels qu'aient été les pas de temps de l'intensification, les agriculteurs épiclassiques ont progressivement colonisé une surface de plus en plus étendue. Prioritairement localisés à côté des maisons, les champs s'étalent ensuite en de vastes réseaux de terrasses ordonnés. La répartition quasiment continue des vestiges dans le paysage évoque une logique d'étalement progressif de la surface cultivée, en réponse à l'augmentation des besoins au cours du temps. Nonobstant cette stratégie, la majorité des zones exploitées restent dans un rayon d'une trentaine de minutes de marche depuis les habitats.

La quantité des vestiges et la régularité des parcelles indiquent que leur construction est le fruit d'un effort communautaire. La prise de décision par une élite dirigeante est envisageable, mais loin d'être l'unique possibilité. Selon nous, la grande adaptabilité des aménagements aux contextes géomorphologiques suggère davantage le caractère pratique de leur construction. Les agriculteurs définissent vraisemblablement d'un commun accord la mise en culture des espaces sur la base de connaissances empiriques de la géomorphologie et de la pédologie.

En outre, la répartition continue des vestiges suggère l'absence de compétition entre les sites épiclassiques. Cette idée est corroborée par la visibilité et la proximité entre les établissements des hautes terres. Tous les espaces sont connectés en moins d'une heure de marche. Par ailleurs, aucun système de défense n'est attesté pour l'époque. Plus généralement, peu de marqueurs de stress sont perceptibles. Tous ces indices nous laissent penser que les hautes terres constituent alors une zone partagée par un groupe humain relativement homogène, dont l'économie repose sur un système agraire durable.

Postclassique ancien.

L'éruption du Malpaís Prieto bouleverse l'ordre épiclassique. Toutefois, il est aussi possible que la pression démographique ait eu son importance dans l'abandon de la zone. Notre modèle indique en effet que le renouvellement du système agraire s'est peut-être avéré plus risqué à partir de la seconde moitié du IX^e siècle apr. J.-C. Avec la disparition de plusieurs centaines d'hectares de terres arables à la suite de l'éruption, le changement semblait inévitable.

Les quelques sites qui continuent d'être occupés au Postclassique ancien perpétuent un système agraire similaire à celui de l'Épiclassique. Les risques sont toutefois minimes et aucune compétition entre établissements n'est perceptible. La période demande cependant à être précisée par la recherche future.

Postclassique moyen.

Au milieu du XIII^e siècle apr. J.-C., les groupes allochtones qui recolonisent les hautes terres et le Malpaís représentent une population très nombreuse. Elle compte peut-être plus de 10000 personnes dès l'origine. L'agriculture est toujours au cœur de la subsistance. Cependant, pour nourrir la population nombreuse, les stratégies agricoles sont différentes de celles qui avaient cours cinq siècles auparavant. Une partie de la production est concentrée à

proximité de l'habitat urbain dans des systèmes de culture intensifs (terrasses, possibles parcellaires sur coulée de lave récente). Il est pourtant impossible que ces champs matérialisés par des aménagements aient suffi à nourrir la population. Le développement parallèle d'une agriculture plus extensive ayant laissé peu de traces est très probable. La mise en culture est pratiquée au minimum dans un rayon de 2h de marche aller-retour et fournit les premières ressources vivrières.

Plusieurs indices de territorialité font par ailleurs leur apparition. Ils semblent en partie liés à la répartition des espaces agricoles. Les trois centres urbains forment assez clairement des entités distinctes. Outre le caractère défensif des emplacements choisis et l'ostentation de certaines constructions, les champs de vision respectifs suggèrent que chaque établissement est préférentiellement orienté vers une zone cultivable qui lui est propre. Cette idée est corroborée par la répartition des vestiges agraires de façon probante pour le cas de Mich. 31, seul bénéficiant d'un *hinterland* agricole clairement identifiable. Par ailleurs, l'investissement des citadins est important pour l'entretien de ces espaces agraires très proches de leurs résidences, voire intégrés à la trame urbaine. Si son caractère agricole est avéré, le parcellaire d'épierrements/dégagements qui jonche la surface de Mich. 38 constituerait une matérialisation probante de cet investissement.

Néanmoins, ces surfaces visiblement privilégiées ne suffisent pas à nourrir la population. L'approvisionnement des centres urbains passe nécessairement par une expansion des surfaces cultivées en dehors de la limite de l'échelle locale. La mise en place d'échanges à moyenne et longue distances constitue une hypothèse plus que valable. Les systèmes de stockage sophistiqué au sein des établissements matérialisent peut-être ces stratégies.

Nous pensons par ailleurs qu'à cette échelle supra-locale, la distinction entre les centres urbains s'estompe pour laisser place à une forme d'alliance. Outre l'évidente proximité spatiale des trois grands sites du nord du Malpaís, la répartition des ouvrages défensifs ou ostentatoires semble les encercler pour délimiter une plus vaste entité. La communication vers le paléolac de Zacapu à l'est est particulièrement bien contrôlée. À cet égard, les trois centres urbains du nord s'opposent donc vraisemblablement à la frange sud du Malpaís et du bassin.

Ainsi, au Postclassique moyen, la territorialité s'exprime à différentes échelles. À l'échelle locale, des espaces propres à chaque centre urbain sont tacitement délimités en fonction des zones agricoles. À l'échelle régionale, d'autres facteurs que les sols entrent en jeu. Ce sont peut-être ces mêmes facteurs qui sont à l'origine des démonstrations de violence que l'on observe sur les squelettes.

Y decía al cacique nuevo: "no ansí, fácilmente, se hacían caciques a todos, mas aquellos que fuertemente tienen las azadas, quienes hacían las sementeras de los cazonçies y eran muy obidientes. Trabaja, ¿con qué has de regir la gente si no entiendes de hacer sementeras? ¿Qué has de dar de comer a los que entraren en tu casa?".

*Relación de Michoacán, DE LA MUERTE DE LOS
CACIQUES Y COMO SE PONÍAN OTROS, folio 23*

(Alcalá 2000 [c. 1540] : 286)

CONCLUSION

Les Tarasques préhispaniques sont des tailleurs de flèches, des chasseurs de cerfs, des guerriers, des aigles et leur dieu tutélaire se nourrit du sang des victimes et du feu des autels (Alcalá 2000). Pourtant, devant toute autre qualité, un bon chef tarasque doit savoir tenir fermement la houe, maîtriser les semailles et être en mesure d'offrir à manger à ceux qui passent le seuil de sa porte. Cet incontestable pragmatisme du quotidien est à l'origine de notre travail et de notre choix d'étudier l'agriculture, plus que tout autre aspect des sociétés qui peuplaient le Malpaís de Zacapu il y a plus de cinq siècles.

Cette thèse est le fruit de la maturation de notre réflexion à cet égard. Fermement ancrée dans l'archéologie, elle intègre des méthodes des sciences de la Terre et de l'ethnographie. Elle constitue une étude d'archéologie agraire à dominante spatiale, portée par une approche géoarchéologique. Les méthodes et concepts de l'archéogéographie (Chouquer 2008) servent la caractérisation des paysages façonnés et vécus par les paysans du Malpaís de Zacapu. Le lien entre humains et sols cultivables est approché en convoquant les paradigmes de l'archéopédologie (Courty *et al.* 1989 ; Fedoroff et Courty 2002) et de la géopédologie appliquée (Zinck 1988 ; 2012). La société et son rapport à l'environnement sont perçus au travers du prisme de l'écologie (Steward 1955 ; Sanders *et al.* 1979 ; Netting 1993).

Le croisement des approches a permis de mettre en lumière des trajectoires changeantes dans la gestion des sols cultivables sur plus de huit siècles. Il dessine des territoires agricoles, partagés ou exclusifs. La vie des habitants du Malpaís n'était pas la même à l'Épiclassique et au Postclassique moyen, mais les terres fertiles du « mauvais pays » ont, à toute époque, attiré les agriculteurs.

Synthèse des apports

Cette thèse se fonde d'abord sur l'élaboration d'une cartographie archéologique et géopédologique fine du Nord-Ouest du bassin de Zacapu. Elle bénéficie de l'apport essentiel du LiDAR et d'une collaboration avec le laboratoire de pédologie de la UNAM. Du point de vue pédologique, ce travail réaffirme la diversité locale des sols et précise leur répartition. Surtout, il rétablit la juste valeur agronomique du Malpaís de Zacapu en l'envisageant non plus comme une entité monolithique, mais comme la mosaïque qu'il est de coulées volcaniques aux

caractéristiques géopédologiques variées. Archéologiquement, il permet une révision profonde de l'anthropisation du Malpaís et de ses environs. Inscrit au sein du projet Uacúsecha et appuyé par les découvertes de toute l'équipe, il dévoile un foyer de peuplement épiclassique et précise l'inscription des centres urbains postclassiques dans leur environnement. Il met par ailleurs en lumière une désertion entre le X^e et le XIII^e siècle et contribue à esquisser une continuité d'occupation inédite en phase Tariácuri (XV^e-XVI^e) puis à l'époque coloniale, malgré l'abandon massif de la zone au début du XV^e siècle.

Sur le plan culturel, la mise en regard des sols et des aménagements humains pour les exploiter souligne d'abord un choix : celui de cultiver et d'habiter les hautes terres et les *malpaises* au détriment du bassin lacustre dans les limites de notre fenêtre d'étude. Ce constat remet en question les *a priori* antérieurs qui faisaient du Malpaís une zone marginale, colonisée en dernier recours au seul bénéfice de son caractère intrinsèquement défensif.

Épiclassique (600-900 apr. J.-C.). Dès le VII^e siècle au moins, les reliefs rocheux des coulées de lave pléistocènes sont aménagés pour l'habitat. Les communautés qui s'installent connaissent au préalable la fertilité des sols téphriques environnants (riches en nutriments, bien aérés, bien drainés, dotés d'une propension à conserver l'humidité). Les aménagements agraires attestent une connaissance empirique de la dynamique des versants et la manipulation de sol à l'échelle des formes du terrain. Des terrasses pallient les principales restrictions physiques des sols téphriques (drainage et érosion). En réseaux à côté de l'habitat, elles assurent une grande partie de la subsistance pour une population qui compte peut-être plus de 2000 personnes lors de l'installation, et 3000 à 4000 à l'apogée démographique. D'autres espaces non aménagés complètent la production, mais restent proches des sites. La répartition continue des structures et l'intervisibilité indiquent la cohésion spatiale. Parallèlement, le modèle agricole suggère le partage des espaces cultivés et l'autosuffisance.

Les hautes terres de l'ouest du bassin de Zacapu constituent alors une entité homogène où les indices d'insécurité internes sont rares. Néanmoins, la position dominante des habitats est indéniable. L'ostentation des zones civiques, monumentales et couronnant les reliefs, et celle des tombes (Pereira 1999 ; 2007) sont peut-être les expressions matérielles d'une identité locale et d'un rayonnement plus large. Au sommet de l'échelle sociale, une élite enterrée en grande pompe, au pouvoir peut-être avant tout idéologique (Pereira 1999), assure vraisemblablement la cohésion d'une société essentiellement agricultrice.

Postclassique ancien (900-1250 apr. J.-C.). La fin de l'Épiclassique est marquée par l'éruption du Malpaís Prieto et l'abandon généralisé de la zone. Des groupes réduits perpétuent les stratégies agraires antérieures, tout en se rapprochant du lac et de ses ressources. La durée de ces établissements est difficile à évaluer, mais la zone est pratiquement déserte au début du Postclassique moyen.

Postclassique moyen (1250-1450 apr. J.-C.). Avec l'urbanisation, les coulées les plus chaotiques sont aménagées pour l'habitat comme jamais auparavant. Certains sols téphriques continuent d'être cultivés, mais les stratégies agraires changent. Les sols d'altération ancienne sont davantage mis à profit et l'utilisation accrue des zones planes sans aménagement agricole évident semble incontournable. Au vu des besoins de la population urbaine, l'exploitation des terrasses n'assure plus qu'une petite partie de la production. Plus largement, les rendements locaux ne permettent plus l'autosuffisance. L'agriculture supra-locale et le développement d'autres stratégies d'acquisition des denrées agricoles deviennent des nécessités. La gestion des ressources dépasse le strict cadre domestique et l'économie se réorganise pour impliquer une plus large gamme d'acteurs. De nouvelles institutions voient potentiellement le jour. Peut-être ces conditions préfigurent-elles le système du tribut, qui structure l'entité politique tarasque au Postclassique récent (Gorenstein et Pollard 1983 ; Warren 1985 ; Pollard 1993, 2008) ? Peut-être même l'inaugurent-elles ?

Le caractère défensif des *malpaises* n'est pas remis en question. La territorialité se dessine à l'échelle locale, entre les centres urbains. Des *no man's land* et une intervisibilité réduite les séparent. Le désir d'ostentation des sites est clair, l'insécurité palpable (regroupement des populations, traces de conflits). Chaque centre a son identité propre. Chacun cultive une zone de réserve qu'il contrôle. Néanmoins, les interactions entre voisins sont inévitables. En outre, des aménagements stratégiques sont établis en périphérie des trois centres du nord du Malpaís (possibles chemins de ronde, reliefs fortifiés...). Ils esquissent – ou plutôt réaffirment – l'idée d'une cohésion entre les trois sites. Des concurrents existent vraisemblablement au-delà de ces limites et les indices invitent à les chercher au sud du bassin de Zacapu, en écho à l'ethnohistoire.

Postclassique récent (1450-1522 apr. J.-C.) et époque coloniale. Au début du XV^e siècle, la zone est massivement abandonnée. Les récentes découvertes ébauchent néanmoins une probable continuation timide de l'occupation au nord-est du Malpaís.

Finalement, la construction du site de Mich. 415 matérialise peut-être de façon inédite une réduction espagnole précoce (Lefebvre et Quezada 2016).

Limites et perspectives

Les données acquises sont nombreuses et inédites, mais ce travail demeure une simple étape d'une recherche plus vaste dans laquelle beaucoup reste à faire. Le tableau que nous dressons est encore incomplet. Nous n'évoquons ici que quelques-unes des limites et perspectives futures.

Au niveau archéologique, notre étude met d'abord en évidence des espaces dont l'étude de terrain reste à mener : comment s'organisaient Mich. 439, 440, l'est de Mich. 95 ou le sud de Mich. 68 ? À quelle(s) époque(s) ont-ils été occupés ? Jusqu'où s'étend le foyer de peuplement épiclassique qui semble se développer à l'ouest du Capaxtiro ? Notre travail souligne aussi d'évidentes lacunes dans notre compréhension de la zone lacustre. Elle ne peut raisonnablement pas avoir été aussi dénigrée que le laisse entendre le net contraste avec les hautes terres.

Des espaces clefs ressortent de par leur profondeur chronologique. Mich. 68, 317, les aménagements à l'est de Mich. 95 et le nord-ouest de Mich. 38 sont des candidats de choix pour une meilleure définition de la séquence chronologique régionale. De façon similaire, les occupations du Postclassique ancien, récent et de l'époque coloniale aux alentours de Cuarún constituent des découvertes majeures pour aborder ces périodes mal définies.

À plus large échelle, les échanges suggérés et la territorialité au Postclassique moyen invitent au développement d'axes de recherche sur ces questions, notamment par une nouvelle approche régionale. Il en va de même à l'Épiclassique pour replacer le foyer de peuplement découvert dans les dynamiques culturelles aux échelles régionales et supra-régionales (nature des relations avec les Lomas, le bassin de Pátzcuaro, le Bajío...).

Au niveau méthodologique, le recul qu'offrent les avancées technologiques actuelles (images satellites, LiDAR, photogrammétrie, SIG...) ouvre un très large champ de possibilités pour la cartographie. La précision nouvelle dans l'acquisition des données est amenée à réviser en profondeur les paradigmes de l'archéologue, à commencer par la redéfinition de la notion même de site. La typo-chronologie des espaces à large échelle s'ébauche, ainsi que le suivi de l'évolution géomorphologique pour l'étude et la conservation des sites. Ces avancées invitent par ailleurs à se réappropriier des approches d'archéologie spatiale délaissées, faute de

précision (*site catchment analysis, site territorial analysis*). De manière plus pragmatique, le LiDAR pose la question de la vérification *in situ* de la masse de données.

Finalement, la principale originalité de notre étude est le regard porté sur la fabrique de sols cultivables dans les hautes terres de Zacapu. Notre thèse atteste le savoir pédologique empirique des agriculteurs anciens et leur capacité à mettre à profit à la main des espaces aux restrictions physiques certaines. Les nombreux aménagements agraires témoignent de leur conscience et de leur aptitude à gérer au minimum certains des inconvénients agronomiques de ces sols. La question des restrictions chimiques (rétention des phosphates) demeure problématique. Plus largement, notre thèse apporte de nouveaux jalons pour la recherche sur les Anthrosols (ou Anthrosols) dans la Ceinture Volcanique Transmexicaine. De tels sols cultivables façonnés par les humains sont connus et étudiés archéologiquement dans les zones humides des Hautes Terres du Mexique – *chinampas* de Mexico (West et Armillas 1950 ; Rojas Rabiela *et al.* 1974 ; Wilken 1985 ; Gonzáles 1992 entre autres) – ou plus largement en milieu tropical humide – Anthrosols mayas (Hansen *et al.* 2002 ; Castanet *et al.* 2016), *terras pretas* amazoniennes (Sombroek 1966 ; Sombroek *et al.* 1993 ; Smith 1980 ; Lima *et al.* 2002). Bien que documentés (Krasilnikov *et al.* 2013), les Anthrosols des Hautes Terres tempérées du Mexique sont moins bien définis et rarement pris en compte de manière systématique en archéologie. La fabrique de sol sur coulées volcaniques chaotiques est quant à elle largement inexplorée. Les aménagements agraires de ces zones (peut-être sur l’Infiernillo) comme les terrasses révélées à Zacapu constituent autant de cas d’étude d’une richesse encore mal cernée, qui nécessitent d’être analysés en détail.

Pour finir

À manière de conclusion générale, cette thèse aborde de nombreux sujets, certains très spécifiques, d’autres plus larges. Notre ambition était avant tout d’apporter une meilleure compréhension du rapport à l’environnement des groupes humains qui ont vécu à Zacapu, de reconnecter leurs réalités à notre actualité en tentant de reconstruire quelques aspects pragmatiques de leur quotidien. L’introduction de cette thèse soulignait le lien entre humains et sols dans les communautés indigènes actuelles du Mexique. À son échelle, ce travail en démontre l’héritage préhispanique.

Bibliographie

- Acosta Baladón A. N., A. Gioda & P. Fontanel 1991 – L'importance des précipitations occultes sous les tropiques secs : un essai de synthèse, *Science et changements planétaires/Sécheresse*, 2(2) : 132-135.
- Acuña R. (ed.) 1987 – *Relaciones geográficas del siglo XVI : Michoacán*, Instituto de investigaciones antropológicas, serie Antropológica : 74, UNAM, Mexico.
- Ahrens C. 2013 – *Cuexcomate or Temezcal ? : Deciphering The Circular Architectural Features at Angamuco, Michoacán, Mexico*, Master thesis non publiée, Colorado State University, Fort Collins.
- Álcala fray J. de 2000 [c. 1540] – *Relación de las cerimonias y rictos y población y gobernación de los indios de la provincia de Mechuacan hecha al Ilustrísimo señor don Antonio de Mendoza, virrey y gobernador desta Nueva España por Su Majestad*, M. F. Mendoza (coord.), paleografía C. Martínez Ibáñez y C. Molina Ruiz, El Colegio de Michoacán, Gobierno del Estado de Michoacán, México.
- Alcorn J. B 1984 – Development policy, forests and peasant farms: reflections on Huastec-managed forests' contributions to commercial production and resource conservation, *Economic Botany*, 38 : 389–406.
- Allen R. G., L. S. Pereira, D. Raes & M. Smith 1998 – *Crop Evapotranspiration (guidelines for computing crop water requirements)*, FAO Irrigation and Drainage Paper n°56, FAO, Rome.
- Altieri M.A. 1995 – *Agroecology : The Science of Sustainable Agriculture*, Boulder, Westview Press.
- Ahmad N. & A. Mermut 1996 – *Vertisols and technologies for their management*, Developments in Soil Sciences, Elsevier, Amsterdam.
- Arbeitsgemeinschaft Bodenkunde (AGB) 1982 – *Bodenkundliche Kartieranleitung*, Herausgegeben von der Bundesanstalt für Bodenforschung und den geologischen Landesämtern der Bundesrepublik Deutschland, Bundesanstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe und Geologische Landesämter 3, Hannover.
- Arnauld M.-C. 1983 - *Mich. 33, 34, 69 - Fiches d'enregistrement des sites*, Archives CEMCA non publiées, México.
- 1996 – Investigaciones paleoambientales en la cuenca lacustre de Zacapu : programas "Michoacán II" y "Laguna", en E. Williams & P. C. Weigand (eds.) 1996 – *Las cuencas del Occidente de México: Epoca prehispánica*, ORSTOM/El Colegio de México/CEMCA, México et Zamora : 61-82.
- Arnauld M.-C. & P. Carot 1995 – *Informe de los trabajos arqueológicos realizados alrededor de la laguna de Zacapu, Michoacán 11-26 de abril de 1995, proyecto Zacapu (Michoacán III) CEMCA, operación 2-3 : subproyecto laguna "medio ambiente y evolución antrópica"*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- Arnauld M.-C. & B. Faugère 1998 – Evolución de la ocupación en el Centro-norte de Michoacán y la emergencia del Estado Tarasco. en Darras V. (coord.) *Génesis, culturas y espacios en Michoacán*. CEMCA ,Mexico : 13-34
- Arnauld M.-C., P. Carot & M.-F. Fauvet-Berthelot 1993 – *Arqueología de las Lomas en la cuenca lacustre de Zacapu, Michoacán, México*. CEMCA ,Mexico.
- 1994 – Introducción en Petrequin P.(coord) *8000 años de la Cuenca de Zacapu : evolución de los paisajes y primeros desmontes*. CEMCA ,Mexico : 7-28.
- Arnauld M.-C., P. Carot, M.-F. Fauvet-Berthelot, M. Magny, S. Metcalfe, P. Pétrequin, O. J. Polaco, H. Richard, M. M. de los Ríos Paredes & M. S. Xelhuantzi 1994 – 8000 años de la cuenca de Zacapu.

- Evolución de los paisajes y primeros desmontes, en Petrequin P.(coord.) *8000 años de la Cuenca de Zacapu : evolución de los paisajes y primeros desmontes*, CEMCA, Mexico : 123-40.
- Arnauld M.-C., S. E. Metcalfe & P. Petrequin 1997 – Holocene climatic change in the Zacapu Lake Basin, Michoacan: synthesis of results, *Quaternary International*, 43 : 173-79.
- Arnauld P. et L. Simon 2007 – *Géographie de l'environnement*, collection Atouts géographie, Belin, Paris.
- Armillas P. 1949 – “Notas sobre sistemas de cultivo en Mesoamérica. Cultivos de riego y de humedad en la Cuenca del Río de las Balsas”, *Anales del INAH*, t. III, México.
- 1961 – Land use in pre-Columbian America, in L. D. Stamp (ed.) *A History of Land Use in Arid Regions*, UNESCO, Paris : 255-276.
- 1964 – Condiciones ambientales y movimientos de pueblos en la frontera septentrional de Mesoamérica, en Seminario de Estudios Americanistas, *Homenaje a Fernando Marquez-Miranda, arqueologo y historiador de América*, Universidad de Madrid y Sevilla : 62-82.
- 1971 – Gardens on Swamps, *Science* 174(4010) : 653–66.
- Baden W.W. & C.S. Beekman 2011 - The Cultivation of Maize and its Regional Impact : Soil Exhaustion in the La Venta Corridor, Jalisco. en Williams E. & P. C. Weigand (eds.), *Patrones de asentamiento y actividades de subsistencia en el Occidente de México, reconocimiento a la Dra. Helen P. Pollard*. Colegio de Michoacán, Zamora.
- Bahuchet S. 2000 – *Forêts des tropiques, forêts anthropiques: sociodiversité, biodiversité ; un guide pratique*. Avenir des peuples des forêts tropicales, APFT, Bruxelles.
- Bailey G. 2005 – Site Catchment Analysis, in C. Renfrew & P. Bahn (eds.), *Archaeology, The Key Concepts*, Routledge, Londres et New York : 172-6.
- Baize D. & M.C. Girard (coords.) 2008 – *Référentiel pédologique*, Association Française pour l'Étude des Sols, Quae, Paris.
- Bayliss-Smith T. P. 1978 – Maximum populations and standard populations : The carrying capacity question, in D.C. Green, C. Haselgrove & M. Spriggs (eds.), *Social Organization and Settlement*, British Archaeological Reports Supplemental Series 47 : 129-151.
- Baker J. L. 1998 – The State and Wetland Agriculture in Mesoamerica, *Culture & Agriculture*, vol. 20, n°2/3 : 78-86
- Bardintzeff J.-M. 2002 – L'Homme et les volcans de la Préhistoire à l'Antiquité et à nos jours, dans J.-C. Miskovsky (dir.) *Géologie de la Préhistoire*, Association pour l'étude de l'environnement géologique de la préhistoire, Paris : 267-76.
- 2004⁴ – *Volcanologie*, Dunod, Paris.
- Barrera-Bassol N. 2016 – Linking Ethnopedology and Geopedology: A Synergistic Approach to Soil Mapping. Case Study in an Indigenous Community of Central Mexico, in J. A. Zinck J. A., G. Metternicht, G. Bocco & H. F. Del Valle (eds.) 2015 – *Geopedology: an integration of geomorphology and pedology for soil and landscape studies*, Springer : 167-81
- Barrera-Bassol N. & A. Zinck 2000 – *Ethnopedology in a Worldwide Perspective: An Annotated Bibliography*, ITC, Enschede.
- 2003 – Ethnopedology : a worldwide view on the soil knowledge of local people, *Geoderma* 111 : 171–195.

- Barrera-Bassol N., A. Zinck & E. Van Ranst 2006a – Local soil classification and comparison of indigenous and technical soil maps in a Mesoamerican community using spatial analysis, *Geoderma* 135 : 140-62.
- 2006b – Symbolism, knowledge and management of soil and land resources in indigenous communities: Ethnopedology at global, regional and local scales, *Catena* 65 : 118–37
- Barrientos I. & H. Goudiaby 2016 – El Grupo Sur: sondeos (UT105 y 106), en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, V. Darras, B. Faugère, L.Barba, M. Stevanato, O. Quezada & J. Blanca – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 7 (2014-15)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 62-66.
- Beals R. L. 1946 – *Cheran: a Sierra Tarascan Village*, Smithsonian Institute, Institute of Social Anthropology, Publication n°2, Greenwood Press, Westport.
- Beaumont fray P. de 1932 [c. 1777] – *Crónica de Michoacán*, Edición del Archivo General, México.
- Beck C. & R. Delort (dir.) 1993 – *Pour une histoire de l'environnement*, Éditions du CNRS, Paris.
- Beekman C. S. 2010 – Recent Research in Western Mexican Archaeology, *Journal of Archaeological Research*, 18 : 41-109.
- Bélizal E. de, V. Fourault-Cauët, M.-A. Germaine & E. Temple-Boyer 2017 – *Géographie de l'environnement*, Armand Colin, Paris.
- Bellwood P. 2005 – *First farmers: the origins of agricultural societies*, Blackwell, Malden.
- Belshaw M. 1967 – *A Village Economy: Land and People of Huecorio*, Columbia University Press, New York.
- Bertrand R. 1972 – Morphopédologie et orientations culturelles des régions soudaniennes du Siné-Saloum (Sénégal), *L'Agronomie Tropicale*, 27 : 1115-90.
- Bertrand G. 1975 – Pour une histoire écologique de la France rurale, in Duby G. et A. Wallon (dir.), *Histoire de la France rurale*, Tome 1, Des origines à 1340. Seuil, « Points histoire », Paris : 39-118
- Binford L.R. 1981 – *Bones: ancient men and modern myths*, Academic Press, New York.
- Blanchemanche P. 1990 – *Bâtisseurs de paysages : terrassement, épierrement et petite hydraulique agricoles en Europe, XVIIème-XIXème siècles*, Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris.
- Blanton R.E. 1978 – *Monte Albán. Settlement Patterns at the Ancient Zapotec Capital*, Academic Press, New York-San Fransisco-London.
- Blanton R.E., S. Kowalewski, G. Feinman, & J. Appel (eds.) 1982 – Monte Alban's hinterland. Pt. I. The prehispanic settlement patterns of the central and southern parts of the Valley of Oaxaca, Mexico, *Memoirs of the University of Michigan Museum of Anthropology* 15, Ann Arbor.
- Blanton, R. E., G. M. Feinman, S. A. Kowalewski & P. N. Peregrine 1996 – A Dual-Processual Theory for the Evolution of Mesoamerican Civilization, *Current Anthropology* 37: 1–14, 47–86.
- Bloomfield K. 1975 – A late-Quaternary monogenetic volcano field in central Mexico, *Geologische Rundschau*, 64(1), 476-497.
- Blume H.-P. (ed.) 1990 – *Handbuch des Bodenschutzes. Bodenökologie und -belastung. Vorbeugende und abwehrende Schutzmaßnahmen*, Ecomed, Landsberg.
- Bocco G. 1991 – Gully erosion: processes and models, *Progress in physical geography*, 15(4) : 392-406.

- Boehner J., R. Koethe, O. Conrad, J. Gross, A. Ringeler, & T. Selige 2002 – Soil Regionalisation by Means of Terrain Analysis and Process Parameterisation, in E. Micheli, F. Nachtergaele & L. Montanarella (ed.) *Soil Classification 2001, European Soil Bureau, Research Report No. 7*, EUR 20398 EN, Luxembourg : 213-222.
- Böhner J. & O. Antonić 2009 Land-surface parameters specific to topo-climatology, in T. Hengl & H. Reuter (eds.), *Geomorphometry - Concepts, Software, Applications*, Developments in Soil Science, Volume 33, Elsevier :195-226.
- Boissinot P. et J.-E. Brochier 1997 – Pour une archéologie du champ, in Chouquer G. (ed.), *Les formes des paysages*, Errance, Paris : 35–56.
- Borejsza A. 2006 – *Agricultural Slope Management and Soil Erosion in Tlaxcala*, Mexico, PhD dissertation, University of California, Los Angeles.
- Borejsza A., C. D. Frederick & R. G. Lesure 2011 – Swidden agriculture in the tierra fría? Evidence from sedimentary records in Tlaxcala, *Ancient Mesoamerica*, 22(1) : 91-106.
- Borejsza A., I. Rodríguez López, C.D. Frederick, M. D. Bateman 2008 – Agricultural slope management and soil erosion at La Laguna, Tlaxcala, Mexico, *Journal of Archaeological Science* 35, 1854–66.
- Bortot S. 2007 – *Les structures souterraines du Cerro Barajas (Guanajuato, Mexique, 650-900 apr. J.-C.) et la question du stockage*, thèse de doctorat non publiée, Université de Paris 1, Paris.
- 2012 – Las estructuras subterráneas del almacenamiento del Cerro Barajas (Guanajuato), en S. Bortot, V. Darras et D. Michelet (eds.), *Almacenamiento prehispánico, del Norte de México al Altiplano central*, Laboratoire Archéologie des Amériques/Universidad Autónoma de San Luis Potosí/Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne/CEMCA, México : 109-20.
- Bortot S., V. Darras & D. Michelet (eds.) 2012 – *Almacenamiento prehispánico, del Norte de México al Altiplano central*, Laboratoire Archéologie des Amériques/Universidad Autónoma de San Luis Potosí/Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne/CEMCA, México.
- Boserup E. 1965 – *The Conditions of Agricultural Growth The Economics of Agrarian Change Under Population Pressure*, George Allen & Unwin Ltd., Londres.
- 1981 – *Population and technological change: a study of long-term trends*, University of Chicago Press, Chicago.
- Boserup E. & T. P. Schultz 1990 – *Economic and demographic relationships in development*, Johns Hopkins University Press, Baltimore.
- Bradbury J. P. 2000 – Limnologic history of Lago de Pátzcuaro, Michoacán, Mexico for the past 48,000 years: impacts of climate and man, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology* 163 : 69–95.
- Braudel F. 1949 – *La Méditerranée et le monde méditerranéen à l'époque de Philippe II*, Armand Colin, Paris.
- 1979 – *Civilisation matérielle, économie et capitalisme*, tome 3 : " Le temps du monde ", Armand Colin, Paris.
- Brand D. D. 1951 – *Quiroga, A Mexican Municipio*, Institute of Social Anthropology, Publication 11, DC : Smithsonian Institution, Washington.
- Brand, D. D., G. E. Ekholm & I. Bernal 1971 – Ethnohistoric synthesis of western Mexico, in West R. C. (ed.) *Handbook of Middle American Indians* vol. 11, University of Texas Press, Austin : 632-56.

- Braniff B. 1972 – Secuencias arqueológicas en Guanajuato y la cuenca de Mexico : intento de correlacion. *Teotihuacán. XI Mesa Redonda* : 237-323. Sociedad Mexicana de Antropología, México.
- 1989 – Oscilación de la frontera norte mesoamericana : un nuevo ensayo. *Arqueología (Segunda época)* 1 : 99-114
- 2000 – La frontera septentrional de Mesoamérica. en Manzanilla L. & L. López Luján, *Historia Antigua de México. Volumen I : El México antiguo, sus áreas culturales, los orígenes y el horizonte Preclásico*. INAH, México : 133-143.
- 2005 – Los Chichimecas a la caída de Teotihuacan y durante la conformación de la Tula de Hidalgo, en L. Manzanilla (ed.), *Reacomodos demográficos del Clásico al Posclásico en el centro de Mexico*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México : 45-56.
- Braniff B. & M.A. Hers 1998 – Herencias chichimecas, *Arqueología* (2nd series), 19 : 55-80
- Bravo-Espinosa M., M. E. Mendoza, L. Medina-Orozco, Ch. Prat, F. García-Oliva & E. López-Granados 2009 – Runoff, soil loss, and nutrient depletion under traditional and alternative cropping systems in the Transmexican Volcanic Belt, Central Mexico, *Land degradation & development*, 20(6) : 640-53.
- Brinkman R. 1970 – Ferrollysis, a hydromorphic soil forming process, *Geoderma*, 3(3) : 199-206.
- Brookfield H. C. 1984 – Intensification revisited, *Pacific Viewpoint* 25: 15-44.
- Brown K. M. & T. W. Stanton (eds.) 2003 – *Ancient Mesoamerican Warfare*, Rowman Altamira.
- Brunet R., R. Ferras & H. Théry 2005 – *Les mots de la géographie : dictionnaire critique*, Reclus La Documentation Française, Paris.
- Buffet 2018 – *Entre le broyer et le broyé. Étude tracéologique de l'outillage de mouture préhispanique de la région de Zacapu, Michoacán, Mexique*, Master 2, Université de Paris 1, Paris.
- Bush J. W. 2012 – *Architectural Patterning in the Purepecha Heartland: an Intrasite Settlement Study at the Urban Center Of Sacapu Angamuco, Michoacán, México*, Master degree thesis, Colorado State University.
- Butzer K. W. 2012 – Collapse, Environment, and Society, *PNAS USA*, Vol. 109, N° 10 : 3632-3639
- Butzer K. W. & G. H. Endfield 2012 – Critical Perspective on Historical Collapse, *PNAS USA*, Vol. 109, N° 10 : 3628-31.
- Byers D. (ed.) 1967 – *The Prehistory of the Tehuacan Valley, vol. I Environment and Subsistence*, University of Texas Press, Austin/London.
- Caballero J. 1982 – Notas sobre el uso de los recursos naturales entre los antiguos purepecha. *Biotica*, vol. 7, n°1 : 31-42.
- Caballero J. & C. Mapes 1985 – Gathering and Subsistence Patterns Among the Purhepecha Indians of Mexico, *Journal of Ethnology* 5 (1) : 31-47.
- Cabrera Castro R. 1995 – Objetos de molienda de Carapan, Michoacán, que sugieren relaciones con culturas de Centroamérica, en E. Williams & C. P. Weigand (eds.), *Arqueología del occidente y norte de México*, El Colegio de Michoacán, Zamora.
- Campy M., J.-J. Macaire & C. Grosbois 2013³ – *Géologie de la surface. Érosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux*, Sciences Sup, Dunod, Paris.
- Caradonna J.L. 2014 – *Sustainability : A History*, Oxford University Press, Oxford et New York.

- Caravajal A. de 1523 – Fragmentos de la visitación [...], en J. B. Warren 1977 – *La conquista de Michoacán 1521-1530*, Colección estudios michoacanos IV, Fimax publicistas, Morelia.
- Cárdenas García E. 1996 – La Tradición Arquitectónica de los Patios Hundidos en la Vertiente del Lerma Medio, E. Williams & P. Weigand (eds.), *Las Cuencas del Occidente de Mexico: Epoca Prehispanica* : 157-83.
- 1999 – *El Bajío en el Clásico : análisis regional y organizacion política*, El Colegio de Michoacán, Zamora.
- Carneiro R.L. 1970 – Theory of the Origin of the State, *Science*, New Series, Vol. 169, Issue 3947 : 733-38.
- Carot P. 1993 – *Le site de Loma Alta, Lac de Zacapu, Michoacan, Mexique*, Thèse de doctorat, Université Paris 1.
- 2001 – *Le site de Loma Alta, Lac de Zacapu, Michoacan, Mexique*. Archaeopress, Oxford.
- 2005 – Reacomodos demográficos del Clásico al Posclásico en Michoacán: el retorno de los que se fueron, en L. Manzanilla (ed.), *Reacomodos demograficos del Clasico al Posclasico en el centro de Mexico*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México : 103-122
- Carot P. & M.-F. Fauvet-Berthelot 1996 – La monumentalidad del sitio de Loma Alta, Michoacán, revelada por métodos de prospección geofísica, en Williams E. & P. C. Weigand (eds.) – *Las cuencas del Occidente de México (época prehispánica)*, El Colegio de Michoacán/CEMCA/ORSTOM, Zamora/Mexico : 83-104.
- Carot P. & A. Susini 1989 – Una práctica funeraria insólita en occidente : la cremación y pulverización de osamentas humanas, *Trace 16*, CEMCA, Mexico : 112-115.
- Carpentier V. & C. Marcigny 2012 – *Des hommes aux champs. Pour une archéologie des espaces ruraux du Néolithique au Moyen Âge*, Presses Universitaires de Rennes, Rennes.
- Carter W.E. 1969 – New lands and old traditions. Kekchi cultivators in the Guatemalan lowlands. *Latin American Monographs*. University of Florida Press, Gainesville.
- Caso A. 1930 – Informe preliminar de las exploraciones efectuadas en Michoacán. *Anales del Museo Nacional de México* 4^a época, 6(2), Mexico : 446-452.
- Castañeda C. *et al.* 1989 – Poblamiento prehispánico en el centro norte de la frontera mesoamericana, *Antropología* 28, INAH, Mexico : 34-43.
- Castañeda A. 2018 – Análisis de los materiales cerámicos procedentes de las excavaciones de Rincón de Las Flores, en G. Pereira, D. Michelet, M. Forest, O. Quezada, C. Gillot, J. Sion, D. Perla, I. Barrientos, A. Castañeda, V. Darras, E. Jadot, C. Mireles, J. Blancas & A. Ortiz 2018 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2016-17)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 250-275.
- (thèse de doctorat en préparation) *Interactions et mobilités entre la plaine alluviale du Lerma et les zones lacustres du Michoacán : le point de vue des productions céramiques*, Université de Paris 1, Paris.
- Castanet C., L. Purdue, E. Lemonnier & P. Nondédéo 2016 – Dynamiques croisées des milieux et des sociétés dans les basses terres tropicales mayas : hydrosystème et agrosystème à Naachtun (Guatemala), *Les nouvelles de l'archéologie*, 142 : 32-7.

- Chase A. F., D. Z. Chase, C. T. Fisher, S. J. Leisz & J. F. Weishampel 2012 – Geospatial revolution and remote sensing LiDAR in Mesoamerican archaeology, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109(32), 12916-21.
- Chauvin A., G. Pereira & M. Gomez-Paccard 2016 – Archaeomagnetic Study of pre-Hispanic sites in Michoacán Mexico, *41st International Symposium on Archaeometry, ISA 2016*, May 2016, Kalamata, Greece.
- Chevrel M. O., C. Siebe, M. N. Guilbaud & S. Salinas 2016 – The AD 1250 El Metate shield (Michoacán): Mexico's most voluminous Holocene eruption and its significance for archaeology and volcanic hazards, *The Holocene* 26 (3) : 471–88.
- Childe V. G. 1936 – *Man Makes Himself*, Spokesman, London.
- Chouquer G. 1996a (ed.) – *Les formes du paysage –tome 1. Etudes sur les parcellaires*, Errance, Paris.
- 1996b (ed.) – *Les formes du paysage –tome 2. Archéologie du parcellaire*, Errance, Paris.
- 1997 (ed.) – *Les formes du paysage – tome 3. L'analyse des systèmes spatiaux*, Errance, Paris.
- 2008 – *Traité d'archéogéographie*, Errance, Paris.
- Chouquer G. & M. Watteaux 2013 – *L'archéologie des disciplines géohistoriques*, Errance, Paris.
- Ciesas 1988 – Algunas implicaciones de los cambios en los patrones de asentamiento indígena durante el siglo XVI : especulación aritmética e historia conjetural, in T. Calvo & G. López (coord.), *Movimientos de población en el Occidente de México*, CEMCA/ColMich, Mexico/Zamora : 103-22.
- Clarke D. L. 1968 – *Analytical Archaeology*, Methuen, Londres.
- Croke, B., & Jakeman, A. 2007 – Use of the IHACRES rainfall-runoff model in arid and semi-arid regions. In H. Wheater, S. Sorooshian, & K. Sharma (Eds.), *Hydrological Modelling in Arid and Semi-Arid Areas*, International Hydrology Series, Cambridge, Cambridge University Press : 41-48
- Cochet H. 2011 – Système agraire, dans P. Morlon (dir.) *Les mots de l'agronomie - Histoire et critique*, INRA-SAD <http://mots-agronomie.inra.fr/mots-agronomie.fr/index.php/Syst%C3%A8me_agraire>
- Codex Azcatitlan* [c. 1575], D. Michelet (ed.) 1995 – *Codex Azcatitlan. Commentaire et fac-similé*, BNF et Société des Américanistes, Paris.
- Codex Kingsborough* [c. 1550], Paso y Troncoso F. del (ed.) 1912 – *Codex Kingsborough : Memorial de los indios de Tepetlaoztoc al monarca español contra los encomenderos del Pueblo*. Hauser & Menet, Madrid.
- Codex Mendoza* [c. 1540], version numérique consultable <<https://codicemendoza.inah.gob.mx/inicio.php>>, visité la dernière fois le 28/06/2019.
- Cohen A. 2016 – *Creating an Empire : Local Political Change at Angamuco, Michoacan, Mexico*, PhD Dissertation, Université de Washington.
- Combey 2017 – *Rapport d'activité stage SIG-LIDAR « Las Milpillas »*, rapport d'activité non publié, Archives MAE, Nanterre.
- Cook S. F. 1949 – *Soil erosion and population in central Mexico*, University of California Press, Berkeley.
- Correa-Metrio A., S. Lozano-García, S. Xelhuantzi-López, S. Sosa-Nájera & S.E. Metcalfe 2012 – Vegetation in western Central Mexico during the last 50 000 years: modern analogs and climate in the Zacapu Basin. *Journal of Quaternary Science*, 27(5) : 509-518.

- Cortés H. 2007 [1520] – *La Conquête du Mexique*, collection Littérature et Voyages, La Découverte, Paris.
- Coste N., J. Guilaine & J.-C. Revel 1988 – Archéologie et pédologie : essai de reconnaissance des territoires d'exploitation autour des sites néolithiques. *Bulletin de la Société préhistorique française*, vol. 85 : 390-411.
- Courty M. A., P. Goldberg, & R. Macphail 1989 – *Soil and Micromorphology in Archaeology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Cowgill G. L. 1975 – On Causes and Consequences of Ancient and Modern Population Changes, *American anthropologist* 77(3) : 505-25.
- Dalrymple J. B., R. J. Blong & A. J. Conacher 1968 – A hypothetical nine-unit landsurface model, *Zeitschrift für Geomorphologie*, N.F. 12 (1) : 60-76.
- Darras V. 1991 – *Techniques préhispaniques de l'obsidienne : les centres d'exploitation de Zináparo-Prieto, Michoacán, Mexique*, Thèse de doctorat, Université Paris 1.
- 1998 – La obsidiana en la *Relación de Michoacán* y en la realidad arqueológica : del símbolo al uso y del uso de un símbolo. en Darras V. (coord.) *Génesis, culturas y espacios en Michoacán*. CEMCA, México.
- 1999 – *Tecnologías prehispánicas de la obsidiana : los centros de producción de la región de Zináparo-Prieto, Michoacán, México*. CEMCA, México.
- 2008 - Estrategias para la producción de Navajas en la región de Zacapu y la Vertiente del Lerma (Michoacán, México) entre el Epiclásico y el Posclásico tardío, *Ancient Mesoamerica* 19 (2), Cambridge University Press : 243-64.
- 2012 - Development of Pressure Blade Knapping in North-Central and West Mexico Desrosiers, in P. M. Desrosier & N. Rahmani (eds), *The Emergence of Pressure Knapping: From Origin to Modern Experimentation*, Springer : 417-62.
- Darras V. & B. Faugère 2005 – Cronología de la cultura Chupícuaro. Estudio del sitio La Tronera, Puruagüita, Guanajuato. En Williams E. et al. (ed.), *El antiguo occidente de México. Nuevas perspectivas sobre el pasado prhispanico*, El Colegio de Michoacán, Zamora.
- 2007 – Chupícuaro, entre el Occidente y el Altiplano central. Un balance de los conocimientos y las nuevas aportaciones, en B. Faugère (coord.), *Dinámicas culturales entre el Occidente, el Centro-Norte y la Cuenca de México del Preclásico al Epiclásico*, CEMCA/Colegio de Michoacán, México : 51-84 .
- 2008 – Chupícuaro. Dynamique d'une culture formative dans l'Ouest mexicain (600 av. J.-C. à 250 apr. J.-C.), *Les Nouvelles de l'archéologie* 111/112 : 76-82.
- Darras V., C. Mireles & O. Quezada 2015 – La zona Caurio : levantamiento de los talleres de andesita y revision de los sitios vecinos, en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, V. Darras, B. Faugère, L.Barba, M. Stevanato, O. Quezada & J. Blanca 2015 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 7 (2014-15)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- Darras V., C. Mireles, C. Siebe, O. Quezada, A. Castañeda & N. Reyes-Guzmán 2017 – The other stone. Dacite quarries and workshops in the prehispanic Tarascan territory, Michoacán, Mexico, *Journal of Archaeological Science: Reports* 12 : 219–231.
- Davies S. J. et al. 2004 – Environmental Changes in the Zirahuén Basin, Michoacán, Mexico, During the Last 1000 Years, *Journal of Paleolimnology* 31 : 77-98

- Del Amo S, R. Aguilar Lojero & M. Delgado Rueda 1988 – *The tecallis: A traditional cultivation system. Global Perspectives on Agroecology and Sustainable Agriculture*, Proceedings of the Sixteenth International Scientific Conference of the International Federation of Organic Movements (IFOAM), University of Santa Cruz, California.
- Demant A. 1981 – *L’Axe néo-volcanique transmexicain : étude volcanologique et pétrographique, signification géodynamique*, Thèse de Doctorat de l’Université Aix-Marseille III.
- 1992 – Marco Geológico regional de la laguna de Zacapu, Michoacán, México. en Michelet D. (coord.) El Proyecto Michoacán 1983-1987: medio ambiente e introducción a los trabajos arqueológicos. *Cuadernos de estudios michoacanos* 4 : 53-72. CEMCA, Mexico.
- Demarest A. 2004 – *Ancient Maya : The Rise and Fall of a Rainforest Civilisation*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Denevan W.M. 1980 – Tipología de configuraciones agrícolas prehispánicas, *América Indígena* 40: 619-52.
- Denevan W. M. & B. L. Turner 1974 – Forms, Functions and Associations of Raised Fields in Old World Tropics, *Journal of Tropical Geography*, 39 : 24-33.
- Devisme L. 2013 – Planification, dans J. Lévy & M. Lussault 2013 – *Dictionnaire de géographie et de l’espace des sociétés*, La Documentation Française : 789-90.
- Dirección de Estadística del Territorio Nacional (DETENAL) 1977 – *Carta Topográfica E14A11 Zacapu*, Escala 1:50 000, México.
- 1978 – *Carta Geológica E14A11 Zacapu*, Escala 1:50 000, México.
- 1979a – *Carta Edafológica E14A11 Zacapu*, Escala 1:50 000, México.
- 1979b – *Carta Edafológica F14C81 Angamacutiro*, Escala 1:50 000, México.
- 1979c – *Carta Edafológica E14A22 Pátzcuaro*, Escala 1:50 000, México.
- 1979d – *Carta Geológica F14C81 Angamacutiro*, Escala 1:50 000, México.
- 1979e – *Carta Geológica E14A32 Villa Escalante*, Escala 1:50 000, México.
- 1982a – *Carta Edafológica E14A12 Coeneo de la Libertad*, Escala 1:50 000, México.
- 1982b – *Carta Edafológica E14A21 Cherán*, Escala 1:50 000, México.
- Dodgshon R. A. 1973 – The Nature and Development of Infield-Outfield in Scotland, *Transactions of the Institute of British Geographers* : 1-23.
- Doneus M. 2013 – Openness as Visualization Technique for Interpretative Mapping of Airborne Lidar Derived Digital Terrain Models, *Remote Sensing* 5 : 6427-42.
- Donkin R. A. 1979 – *Agricultural Terracing in the Aboriginal New World*, University of Arizona Press, Tucson.
- Doolittle W. 1990 – *Canal Irrigation in Prehistoric Mexico: The Sequence of Technological Change*, University of Texas Press, Austin.
- Dorison A. 2012 – *Les territoires d’exploitation des sites pré-tarasques au sud du Lerma, région de Zacapu, Michoacán, Mexique*. Mémoire de master 1, Université de Paris 1, Paris.

- 2013 – *Entre terroir et territoire : subsistance agricole au Postclassique récent chez les tarasques du site de Malpaís Prieto, région de Zacapu, Michoacán, Mexique*. Mémoire de master 2, Université de Paris 1, Paris.
- 2016 – Dorison A. – Du terroir au territoire. Approche environnementale de l'organisation territoriale des sites préhispaniques de la région de Zacapu (Mexique) entre Epiclassique et Postclassique, dans A. Delvoye *et al.* (eds.), *Archéo.Doct 9, Archéologie de la frontière*, Publications de la Sorbonne, Paris.
- 2017 – People, Fields and Territoriality in the Prehispanic Period. A Geoarchaeological Approach of the Zacapu Region, Michoacán, Mexico, between the 7th and the 15th century A.D., in J. Binnberg, C. Marini & R. O'Sullivan, *Archaeological Approaches to Breaking Boundaries: Interaction, Integration and Division*, proceedings of the Graduate Archaeology at Oxford Conferences 2015-2016, BAR Publishing : 267-278.
- Dorison A. & D. Michelet 2015 – La Zona Cuenca Noroeste : el entorno de los grandes asentamientos del noroeste de la cuenca de Zacapu, en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, V. Darras, B. Faugère, L.Barba, M. Stevanato, O. Quezada & J. Blanca – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 7 (2014-15)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 52-124.
- Dorison A., G. Pereira & M. Forest 2018 – Thirty Years Later : revisiting the tarascan city of Las Milpillas, Zacapu, Session "Tarascan Archaeology", *Annual Meeting of the Society for American Archaeology (SAA)*, avril 2018, Washington.
- Drennan R. D. 1984 – Long-distance Transport Costs in pre-Hispanic Mesoamerica, *American Anthropologist* 86(1) : 105-112.
- Dubus I. 1997 – *La rétention du phosphore dans les sols: principes d'étude, modélisation, mécanismes et compartiments du sol impliqué*, Sciences de la Terre Agropédologie, Documents scientifiques et technique III3, ORSTOM, Nouméa.
- Duchaufour P. 1970³ – *Précis de pédologie*, Masson, Paris.
- 1977 (dir.) – *Pédologie 1. Pédogénèse et classification*, Masson, Paris.
- 2001⁶ – *Introduction à la science du sol : sol, végétation, environnement*, Science sup, Dunod, Paris.
- Duchaufour P., P. Faivre & M. Gury 1976 – *Atlas écologique des sols du monde*, Masson, Paris.
- Dunning N. P. 1992 – The Implication of Folk Soil Taxonomies for Agricultural Change in Middle America, *Yearbook. Conference of Latin Americanist Geographers*, 17/18 : 243–247.
- Dupey Garcia E. 2015 – The materiality of color in pre-columbian codices: Insights from cultural History. *Ancient Mesoamerica* 28 (1), Cambridge University Press : 21–40.
- Dupouey J.-L., E. Dambrine, C. Dardignac, & M. Georges-Leroy 2007 – *La mémoire des forêts*, Actes du colloque "Forêt, archéologie et environnement" 14-16 décembre 2004, Office National des forêts / Institut National de la Recherche Agronomique / DRAC de Lorraine.
- Dussol L. 2017 – *Feux et forêts mayas. Usages et gestion des combustibles ligneux dans les Basses Terres centrales mayas à la période Classique. Le cas du site de Naachtun, Petén, Guatemala : approche anthracologique*, Thèse de doctorat de l'Université de Paris 1, Paris.
- Elliott M. 2005 – Evaluating Evidence for Warfare and Environmental Stress in Settlement Pattern Data from the Malpas Valley, Zacatecas, Mexico. *Journal of Anthropological Archaeology* 24 : 297-315.

- 2012 – Los restos paleobotánicos, en G. Pereira, M. Forest, D. Michelet, E. Jadot, L. Barba, B. Faugère, M. Elliott & A. Manin 2012 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 4 (2011-2012)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 98-101.
- Entwistle J. A. & P. W. Abrahams 1998 – Multi-element analysis of soils from Scottish historical sites. Interpreting land-use history through the physical and geochemical analysis of soil, *Journal of Archaeological Science* 25(1) : 53-68.
- Entwistle J. A., P. W. Abrahams & R. A. Dodgshon 2000 – The geoarchaeological significance and spatial variability of a range of physical and chemical soil properties from a former habitation site, Isle of Skye, *Journal of Archaeological Science*, 27(4) : 287-303.
- Espejel C. 2008 – *La justicia y el fuego: dos claves para leer la Relación de Michoacán*, El Colegio de Michoacán, Zamora.
- 2011 – Distribución de la población en el centro de Michoacán a la llegada de los españoles. Análisis de la visita de Antonio de Carvajal (1523-1524), in E. Williams y Ph. Weigand (eds.) *Patrones de asentamiento y actividades de subsistencia en el occidente de México*, El Colegio de Michoacán, Zamora : 73-100.
- 2014 – Historia de la arqueología en Michoacán, en C. Espejel (ed.), *La investigación arqueológica en Michoacán. Avances, problemas y perspectivas*, Zamora, El Colegio de Michoacán, Zamora : 13-101.
- European Soil Bureau Network - European Commission (ESBN-EC) 2005 – *Soil Atlas of Europe*, Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Evans S. 1985 – The Cerro Gordo Site: A rural Settlement of the Aztec Period in the Basin of Mexico. *Journal of Field Archaeology* 12 : 1-18.
- 1990 – The productivity of Maguey Terrace Agriculture in Central Mexico during the Aztec Period, *Latin American Antiquity* 1(2) : 117-32.
- Faugère B. 1990 – *Entre nomades et sédentaires : archéologie du versant méridional du Lerma au Michoacán, Mexique*. Thèse de doctorat, Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, Paris.
- 1991 – San Antonio Carupo (centro-norte de Michoacán, México) : nuevas evidencias de ciertas transformaciones en el inicio del Postclásico. *Journal de la Société des Américanistes*, vol. 77 : 45-61. Paris
- 1996 – *Entre Zacapu y Río Lerma : culturas en una zona fronteriza*, CEMCA, Mexico.
- 1997 – *Las representaciones rupestres del centro norte de Michoacán*. CEMCA, Mexico.
- 2006 – *Cueva de los Portales : un sitio arcaico del norte de Michoacán, México*, CEMCA/INAH, Mexico.
- 2007 (coord.) – *Dinámicas culturales entre el Occidente, el Centro-Norte y la cuenca de México, del Preclásico al Epiclásico*. CEMCA ,Mexico/El Colegio de Michoacán, Zamora.*
- 2009 – Sociedad y poder en el centro-norte de Mesoamerica (700-1200 D.C.). El caso del norte de Michoacán en Williams E. *Las sociedades complejas del occidente de México en el mundo mesoamericano : homenaje al Dr. Phil C. Weigand*, El Colegio de Michoacán, Zamora.
- Favory F. (ed.) 2003 – *Actualité de la recherche en histoire et archéologie agraires*, actes du colloque AGER V, 19-20 septembre 2000, Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon.

- Favory F. & J.-L. Fiches 1994 (eds.) – *Les campagnes de la France méditerranéenne dans l'Antiquité et le haut Moyen Âge*, Éditions de la Maison des sciences de l'homme, Paris.
- Fedoroff N. & M. A. Courty 2002 – Paléosols et sols reliques, in J.-C. Miskovsky (ed.), *Géologie de la Préhistoire*, Géopré, Presses Universitaires de Perpignan, Perpignan : 277-316.
- Fernández Villanueva E. 1992 – *Informe de actividades. Proyecto Ciénega de Zacapu, Michoacán*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- Ferrari L, T. Orozco Esquivel, V. Manea & M. Manea 2012 –The dynamic history of the Trans-Mexican Volcanic Belt and the Mexico subduction zone, *Tectonophysics* 522-23 : 122-49.
- Fieldes M. & K.W. Perrott 1966 – The nature of Allophane in soils. 3. Rapid field and laboratory test for allophane, *New Zealand Journal Science* 9 : 623-29.
- Fisher C.T. 2000 – *Landscapes of the Lake Pátzcuaro Basin*, PhD dissertation, University of Wisconsin.
- 2005 – Abandoning the Garden: Demographic and Landscape Change in the Lake Pátzcuaro Basin, Mexico, *American Anthropologist*, vol. 107 : 87-95.
- Fisher, C. T., Pollard, H. P. and Frederick, C. 1999 – Intensive agriculture and socio-political development in the Lake Pátzcuaro Basin, Michoacán, Mexico, *Antiquity* 73(281), Cambridge University Press : 642-9.
- Fisher C.T., H.P. Pollard, I. Israde-Alcántara, V.H. Garduño-Munroy & S.K. Banerjee 2003 – A reexamination of human-induced environmental change within the Lake Pátzcuaro Basin, Michoacán, Mexico, *PNAS*, vol. 100, n° 8 : 4957-4962.
- Fisher, C.T. & S. E. Leisz 2013 – New Perspectives on Purépecha Urbanism Through the Use of LiDAR at the Site of Angamuco, Mexico, in D. Comer & M. Harrower, *Space Archaeology: Mapping Ancient Landscapes with Air and Spaceborne Imagery*, Springer, New York : 191-202.
- Fisher C.T., A. Cohen, J.C. Fernández-Díaz et S. Leisz 2017 – The application of airborne mapping LiDAR for the documentation of ancient cities and regions in tropical regions, *Quaternary International*, vol. 448 : 129-138.
- Flannery K.V. 1968 – Archaeological systems theory and early Mesoamerica, in B.J. Meggers (ed.) *Anthropological archaeology in the Americas*, Anthropological Society of Washington, Washington D.C. : 67-87.
- 1972 – The cultural evolution of civilizations, *Annual Review of Ecology and Systematics* 3 : 399- 426.
- 1976a (ed.) – *The Early Mesoamerican Village*, Academic Press, New York.
- 1976b – Empirical Determination of Site Catchment in Oaxaca and Tehuacán in Flannery K. V. - *The Early Mesoamerican Village*, Academic Press, New York : 103-117.
- 1983 – “The origins of the state in Oaxaca”, in K.V. Flannery & J. Marcus (eds.) *The Cloud People : Divergent Evolution of the Zapotec and Mixtec Civilizations*, Academic Press, New York.
- Flannery K.V. & J. Marcus 1976 – Evolution of the public building in Formative Oaxaca, in C.E. Cleland (ed.), *Cultural change and continuity: Essays in honor of James Bennett Griffin*, Academic Press, New York : 205-22.
- 1983 (eds.) – *The Cloud People : Divergent Evolution of the Zapotec and Mixtec Civilizations*, Academic Press, New York.

- Flannery K.V., A.V. Kirkby, M.J. Kirkby & A.N. Williams 1967 – Farming Systems and Political Growth in Ancient Oaxaca: Physiographic features and water-control techniques contributed to the rise of Zapotec Indian civilization, *Science*, 158(3800) : 445-454.
- Food and Agriculture Organization (FAO) & United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO) 1974 – *Soil Map of the World 1 : 5000000, volume 1, Legend*, FAO-Unesco, Rome.
- Food and Agriculture Organization (FAO) & World Health Organization (WHO) 1973 – *Energy and Protein Requirements, Report of a Joint FAO/WHO Ad Hoc Expert Committee*, FAO Nutrition Meetings Report Series No. 52 and WHO Technical Report Series No. 522, FAO, Rome.
- Forest M. 2008 – *Identification et utilisation des espaces du site El Malpaís Prieto, Michoacán, Mexique*, Mémoire de M2, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne
- 2011 – Les centres publics des sites urbains du malpais de Zacapu, Michoacán, Mexique : exemples d'espaces hiérarchisés et/ou hiérarchisant ? 4^{ème} journée doctorale d'archéologie de Paris 1 : « Les marqueurs de pouvoir ».
- 2014 – *L'organisation sociospatiale des agglomérations urbaines du Malpaís de Zacapu, Michoacán, Mexique [1250-1450 après .J.-C.]*, Thèse de doctorat, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne.
- 2018 – Mapeo y sondeos en El Palacio (Mich. 23), en G. Pereira, D. Michelet, M. Forest, O. Quezada, C. Gillot, J. Sion, D. Perla, I. Barrientos, A. Castañeda, V. Darras, E. Jadot, C. Mireles, J. Blancas & A. Ortiz – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2016-17)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 133-76.
- Forest M. & E. Jadot 2012 – La Unidad de Trabajo 3 : excavación de la estructura M238: una “casa grande” en contexto doméstico, en G. Pereira, M. Forest, D. Michelet, E. Jadot, L. Barba, B. Faugère, M. Elliott & A. Manin 2012 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 4 (2011-2012)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- Forest & Lefebvre 2010 – La unidad de trabajo 2 (UT2), en G. Pereira & M. Forest 2010 – *Informe técnico sobre las operaciones realizadas en la temporada 3 (Febrero-Mayo del 2010)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 70-96.
- Foster G. M. 1948 – *Empire's Children: The people of Tzintzuntzan*, Smithsonian Institution, Institute of Social, Anthropology Publication n° 6.
- 1967 – *Tzintzuntzan: Mexican Peasants in a changing world*. Boston, Little, Brown.
- Foster M. S. & S. Gorenstein 2000 coord.) – *Greater Mesoamerica : the archaeology of West and Northwest Mexico*. University of Utah Press, Salt Lake City.
- Foshag W.F. & R. González 1956 – Jenero, The birth and development of Paricutin volcano, *U.S. Geological Survey Bulletin* 965 D : 335-489.
- Francis C. A. (ed.) 1986 – *Multiple Cropping Systems*, MacMillan, New York.
- Francis C.A., C.A. Flor & M. Prager 1978 – Effects of Bean Association on Yields and Yield Components of Maize, *Crop Science* 18 : 760-4.
- Francis P. & C. Oppenheimer 2004² – *Volcanoes*, Oxford University Press, Oxford.
- Freddolino M. K. 1973 – *An Investigation into the “Pre-Tarascan” Cultures of Zacapu, Michoacán, México*. Ph. D. dissertation, Department of Anthropology, University of Yale, New Haven.

- Frederick C.D. 2007 – Chinampa cultivation in the Basin of Mexico: observations on the evolution of form and function, in T. L. Thurston & C. T. Fisher (eds.), *Seeking a Richer Harvest : The Archaeology of Subsistence Intensification, Innovation and Change*, Springer, New York : 107–24.
- Frederick C., B. Winsborough & V. Popper 2005 – Geoarchaeological investigations in the northern Basin of Mexico, in Brumfiel E. (ed.), *Production and Power at Postclassic Xaltocan*, INAH, Mexico :71-116.
- Gaffiot F. 2016 – *Dictionnaire Latin-Français*, Hachette, Paris.
- García E. 2004 – *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen*, Serie Libros 6, Instituto de Geografía UNAM, México.
- George P. & F. Verger (dir.) 2004 – *Dictionnaire de la géographie*, Quadrige, Paris.
- Gelaro R., W. McCarty, M. J. Suárez, R. Todling, A. Molod, L. Takacs, C. A. Randles, A. Darmenov, M. G. Bosilovich, R. Reichle, K. Wargan, L. Coy, R. Cullather, C. Draper, S. Akella, V. Buchard, A. Conaty, A. M. Da Silva, W. Gu, G.-K. Kim, R. Koster, R. Lucchesi, D. Merkova, J. E. Nielsen, G. Partyka, S. Pawson, W. Putman, M. Rienecker, S. D. Schubert, M. Sienkiewicz & B. Zhao 2017 – The modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2 (MERRA-2). *Journal of Climate*, 30(14) : 5419-54.
- Gilberti M. 1990 [1559] – *Vocabulario en lengua Mechuacan*, Notas de Juan Luis Mutiozabal, Fimac-Condumex, México.
- Gillot C, D. Michelet & J.-F. Cuenot 2016 – Levantamiento topográfico del conjunto monumental de “El Pilastrón” y de “Las Majadas”, en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, B. Faugère, O. Quezada, K. Lefebvre, M. Forest, I. Medina, I. Barrientos, H. Goudiaby, L. Barba, J. Blancas, A. Ortiz & C. Gillot – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2015-16)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 166-74.
- Girard M.-C., C. Schwartz, & B. Jabiol 2011a – *Étude des sols. Description, cartographie, utilisation*, Science sup, Dunod, Paris.
- Girard M.-C., C. Walter, J.-C. Rémy, J. Berthelin, & J.-L. Morel 2011^{2b} – *Sol et environnement*, Science sup, Dunod, Paris.
- Gliessman S. R. 1998 – *Agroecology : Ecological Process in Sustainable Agriculture*, Ann Arbor Press, Michigan.
- Gliessman S. R. & E.W. Engles 2015³ – *Agroecology : The Ecology of Sustainable Food Systems*, Taylor & Francis, Boca Raton/Londres/New York.
- Goldberg P. & R. Macphail 2006 – *Practical and Theoretical Geoarchaeology*, Blackwell Publishing, Oxford.
- González C. J. (coord.) 1992 – *Chinampas Prehispanicas*, INAH, Mexico.
- Gorenstein S. 1985 – Acambaro : Frontier Settlement on the Tarascan-Aztec Border. *Vanderbilt University Publications in Anthropology* 32, Nashville.
- Gorenstein S. & H. P. Pollard 1983 – The Tarascan Civilisation : A Late Prehispanic Cultural System. *Vanderbilt University Publications in Anthropology* 28, Nashville.
- Goudie A. 1995 – *The Changing Earth : Rates of Geomorphological Processes*, Blackwell, Oxford and Cambridge.

- Gougeon O. 1991 – El noroeste de Michoacán : un paisaje en busca de identidad, en C. Reyes & O. Gougeon, *Paisajes rurales en el Norte de Michoacán*, cuaderno de estudios michoacanos 3, CEMCA, México : 53-101.
- Gras R. 1994 – *Sols caillouteux et production végétale*, Quae, Paris.
- Grove D. C. 1984 – *Chalcatzingo: Excavations on the Olmec Frontier. New Aspects of Antiquity*, Thames and Hudson, London.
- Guilaine J. (dir.) 1991 – *Pour une archéologie agraire : à la croisée des sciences de l'homme et de la nature*, Armand Colin, Paris.
- Guisan A., S.B. Weiss & A.D. Weiss 1999 – GLM versus CCA spatial modeling of plant species distribution, *Plant Ecology*, 143 : 107-22.
- Guzmán Ávila J. N. 2002 – De como se descubrieron las tierras. Crónica de la desecación de la ciénega de Zacapu, en M. Sánchez Rodríguez (ed.), *Entre campos de esmeralda: la agricultura de riego en Michoacán*, El Colegio de Michoacán, Zamora : 103-34.
- Haas J. 2001 – Warfare and the Evolution of Culture, in G.M. Feinman and T.D. Price (eds), *Archaeology at the millenium*, Kluwer Academic Publishers, New York, pp. 329-50.
- Hansen R. D., S. Bosarth, J. Jacob, D. Wahl & Th. Schreiner 2002 – Climatic Changes and Environmental Variability in the rise of Maya Civilization : A Preliminary Perspective from Northern Peten, *Ancient Mesoamerica*, 13 : 273-95.
- Harman J. 2011 – "Using DStretch to investigate paintings in Cueva San Borjitas, Baja California Sur, Mexico", presentation à la 76^{ème} rencontre annuelle de la SAA, Sacramento (CA), *Symposium Enriching Archaeological Studies : The Contributions of Rock Art to the Archaeological Understanding in the Prehistoric Western United States and the Pacific Rim*, Gillette D. et N. Olsen (org.).
- Hasenaka T. & I.S.E. Carmichael 1985a – The Cinder Cones of Michoacán – Guanajuato, Central Mexico : Their Age, Volume and Distribution, and Magma Discharge, *Journal of Volcanology and Geothermal Resources*, 25, Amsterdam : 105-124.
- 1985b – A compilation of location, size, and geomorphological parameters of volcanoes of the Michoacan-Guanajuato volcanic field, central Mexico, *Geofisica International*, v. 24 : 577-607.
- Helms M. W. 1993 – *Craft and the Kingly Ideal: Art, Trade and Power*, University of Texas Press, Austin.
- Hengl T. & H.I. Reuter (eds.) 2009 – *Geomorphometry : Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science*, vol. 33, Elsevier.
- Hernández F. 1615 – *Quatro libros. De la naturaleza, y virtudes de las plantas, y animales que estan receuidos en el uso de medicina en la Nueva España, y la methodo, y correccion, y preparacion, que para administrallas se requiere con lo que el doctor Francisco Hernandez escriuio en lengua latina : Muy util para todo genero de gente q[ue] vive en esta[n]cias y pueblos, de no ay medicos, ni botica*, édition par Peñafiel A. (1888), Secretaria del Fomento, México.
- Hers M. A. 1988 – Caracterización de la cultura Chalchihuites, *Primera Reunión sobre las Sociedades Prehispánicas en el Centro-Occidente de México, Memoria*, Centro Regional de Querétaro, Cuaderno de Trabajo 1 : 23-39.
- 1989 – *Los Toltecas en Tierras chichimecas*, Instituto de Investigaciones Estética, UNAM, México.

- 2005 – Imágenes norteñas de los guerreros tolteca-chichimecas, en L. Manzanilla (ed.), *Reacomodos demográficos del Clásico al Posclásico en el centro de México*, Instituto de Investigaciones Antropológicas, UNAM, México : 11-44.
- Hesse R. 2010 – LiDAR-derived Local Relief Models : a new tool for archaeological prospection, *Archaeological Prospection* 17 : 67-72.
- Higgs E.S. & C. Vita-Finzi 1972 – Prehistoric economies : a territorial approach, in E.S. Higgs (ed.), *Papers in economic prehistory*, Cambridge University Press, Cambridge : 27-36.
- Hiller J.K. & M. Smith. 2008 – Residual relief separation : digital elevation model enhancement for geomorphological mapping. *Earth Surface Processes and Landforms* 33 : 2266-76.
- Hodell D. A., J. H. Curtis & M. Brenner 1995 – Possible Role of Climate in the Collapse of Classic Maya Civilization, *Letters to Nature* 375 : 391-4.
- Hodell, D. A., M. Brenner & J. H. Curtis 2005 – Terminal Classic drought in the northern Maya lowlands inferred from multiple sediment cores in Lake Chichancanab (Mexico), *Quaternary Science Reviews*, 24(12-13) : 1413-27.
- Holliday V. T. (ed) 1992 – *Soils in Archaeology, Landscape Evolution and Human Occupation*, Smithsonian Institution Press, Washington and London.
- 2004 – *Soils in Archaeological Research*, Oxford University Press, Oxford.
- Hugget R. 2007² – *Fundamentals of geomorphology*, Routledge, London.
- Humme A., R. Lindenbergh & C. Sueur. 2006 – Revealing Celtic fields from LiDAR data using kriging based filtering, in *Proceedings of the ISPRS Commission V Symposium*, Dresden, 25-27 September 2006, Vol. XXXVI, part 5, ISPRS, Dresden.
- Hutchinson G. E., R. Patrick & E. S. Deevey 1956 – Sediments of Lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico, *Geological Society of America Bulletin* 67(11) : 1491-504
- Inomata T., F. Pinzón, J.L. Ranchos, T. Haraguchi, H. Nasu, J.C. Fernandez-Diaz, K. Aoyama & H. Yonenobu. 2017 – Archaeological application of airborne LiDAR with object-based vegetation classification and visualization techniques at the lowland Maya site of Ceibal, Guatemala, *Remote Sensing*, vol. 9 : 1–27.
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI) 1992 – Índice de cartas 1:50000, *Inventario de Información Geográfica*, México.
- 1998 – *Carta Topográfica E14A11 Zacapu, versión 2*, Escala 1:50 000, México.
- 2005 – *Guía para la interpretación de cartografía, Climatológica*, México.
- International Union of Soil Sciences (IUSS) Working Group WRB 2015 – World Reference Base for Soil Resources 2014, update 2015 International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps, *World Soil Resources Reports No. 106*, FAO, Rome.
- Ivanhoe F. 1978 – Diet and Demography in Texcoco on the Eve of the Spanish Conquest : A Semiquantitative Reconstruction from Selected Ethnohistorical Texts. *Revista Mexicana de estudios antropológicos*, 34 (2) : 137-146
- Jadot E. 2016a – *Productions céramiques et mobilités dans la région tarasque de Zacapu (Michoacán, Mexique)*, *Continuités et ruptures techniques entre 850 et 1450 apr. J.-C.*, Thèse de doctorat non publiée, Université de Paris 1 Panthéon-Sorbonne, Paris.

- 2016b – *La céramique de Zacapu, rapport d'étude 2016 (projet Uacúsecha/ANR Mésomobile)*, archives CNRS, Nanterre (Rapport non publié).
- Jadot E., M. Forest, A. Manin & G. Pereira 2013 – Unidad de Trabajo 3 (UT3): Complementos de trabajo en la estructura M238, en G. Pereira, D. Michelet, E. Jadot, A. Manin, M. Elliott & M. Forest, 2013 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 5 (2012)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- Jahn, R. & K. Stahr, 1996 – Development of soils and site qualities on basic volcani-clastics with special reference to the semiarid environment of Lanzarote, Canary Islands, Spain, *Revista Mexicana de Ciencias Geológicas* 13 : 104-12.
- Jenny H. 1941 – *Factors Of Soil Formation. A System Of Quantitative Pedology*, Dover Publications Inc., New York
- Jiménez Moreno W. 1959 – Síntesis de la historia pre-tolteca de Mesoamérica, en C. Cook de Leonard (ed.) *Esplendor del México Antiguo* 2, Centro de Investigaciones Antropológicas de México, México: 1109-1196.
- Joyce, R. J., J. E. Janowiak, P. A. Arkin & P. Xie 2004 – CMORPH: A Method That Produces Precipitation Estimates from Passive Microwave and Infrared Data at High Spatial and Temporal Resolution. *Journal of Hydrometeorology*, 5(3) : 487-503.
- Kelly I. 1945 – The Archaeology of the Autlán-Tuxcacuesco Area of Jalisco : the Autlán Zone. *Ibero-Americana* 26. University of California Press, Berkeley/Los Angeles
- Kilian J. 1972 – Les inventaires morphopédologiques, conceptions, applications au développement agricole, *L'Agronomie Tropicale* 27 : 930-8.
- Killion T.W. (ed.) 1992a – *Gardens of Prehistory. The Archaeology of Settlement Agriculture in Greater Mesoamerica*, The University of Alabama Press, Tuscaloosa et Londres.
- 1992b – The Archaeology of Settlement Agriculture, in T.W. Killion (ed.) *Gardens of Prehistory. The Archaeology of Settlement Agriculture in Greater Mesoamerica*, The University of Alabama Press, Tuscaloosa et Londres.
- Kirkby A. V. 1973 – *The use of land and water resources in the past and present Valley of Oaxaca, Mexico*, Memoirs of the Museum of Anthropology n°5, University of Michigan Press, Ann Arbor.
- Kirchhoff P. 1943 – Mesoamérica : sus límites geográficos, composición étnica y caracteres culturales, *Acta Americana*, 1(1) : 92-107.
- 1956 – La Relación de Michoacán como fuente para la historia de la sociedad y cultura tarascas, en *La Relación de Michoacán*, Madrid, Aguilar Editores : XIX-XXXIII.
- Kolb C.C., T. H. Charlton, W. DeBoer, R. Fletcher, P. F.Healy, R. R. Janes, R. Naroll & D. Shea 1985 – Demographic Estimates in Archaeology : Contributions from Ethnoarchaeology on Mesoamerican Peasants, *Current Anthropology* 26, p.581-599
- Krause F. 1932 – *Vida Económica de los pueblos*, Colección Labor, Barcelona.
- Kshirsagar P., C. Siebe, M.N.Guilbaud, S. Salinas & P.W. Layer 2015 – Late Pleistocene Alberca de Guadalupe maar volcano (Zacapu basin, Michoacán): Stratigraphy, tectonic setting, and paleo-hydrogeological environment, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 304 : 214-36.
- Kshirsagar P., C. Siebe, M.N.Guilbaud & S. Salinas, 2016 – Geological and environmental controls on the change of eruptive style (phreatomagmatic to Strombolian-effusive) of Late Pleistocene El Caracol

- tuff cone and its comparison with adjacent volcanoes around the Zacapu basin (Michoacán, México), *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, vol. 318 : 114-33.
- Krasilnikov P. & J. Tabor 2010 – Ethnopedology and Folk Soil Taxonomies, in W. H. Verheye (ed.), *Soils, Plant Growth and Crop Production. Volume III*, EOLSS Publications : 135-60.
- Krasilnikov P., J.-J. Ibáñez Martí, R. Arnold, S.Shoba (eds.) 2009 – *A Handbook of Soil Terminology, correlation and classification*, Earthscan, London.
- Krasilnikov P., M.d.C. Gutiérrez-Castorena, R.J. Ahrens, C.O. Cruz-Gaistardo, S. Sedov & E. Solleiro-Rebolledo (eds.) 2013 – *The Soils of Mexico*, World Soils Book Series, Springer, The Netherlands.
- Labat J.-N. 1985 – Estudio bioclimatológico del Estado de Michoacán, México, según la clasificación de Bagnouls y Gaussen, *Trace* 8 : 36-45.
- 1992 – Fitogeografía de la región de Zacapu. en Michelet D. (coord.) El Proyecto Michoacán 1983-1987: medio ambiente e introducción a los trabajos arqueológicos. *Cuadernos de estudios michoacanos* 4, CEMCA, Mexico.
- 1995 – *Végétation du nord-ouest du Michoacán, Mexique*. Instituto de Ecología A.C., Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro.
- Lathrop M. 2007 – *Vocabulario del idioma purépecha*, Instituto Lingüístico de Verano, Tlalpan.
- Lefebvre K. & O. Quezada 2016 – Las Iglesias (Mich. 415), en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, B. Faugère, O. Quezada, K. Lefebvre, M. Forest, I. Medina, I. Barrientos, H. Goudiaby, L. Barba, J. Blancas, A. Ortiz & C. Gillot 2016 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2015-16)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 10-33.
- Leng M.J., S.E. Metcalfe & S.J. Davies 2005 - Investigating Late Holocene climate variability in central Mexico using carbon isotope ratios in organic materials and oxygen isotope ratios from diatom silica within lacustrine sediments, *Journal of Paleolimnology* n°34 : 413-31.
- Leroi-Gourhan A. 1945 – *Evolution et Technique*, tome 2 - Milieu et techniques, Albin Michel, Paris.
- Lesure R. G., T. A. Wake, A. Borejsza, J. Carballo, D. M. Carballo, I. R. López & M. de Ángeles Guzmán 2013 – Swidden agriculture, village longevity, and social relations in Formative central Tlaxcala: towards an understanding of macroregional structure, *Journal of Anthropological Archaeology*, 32(2) : 224-41.
- Linares O. F. 1976 – "Garden hunting" in the American tropics, *Human ecology* 4(4) : 331-349.
- Littre E. 1878 – Dictionnaire de la langue française, Hachette, Paris (version électronique créée par François Gannaz <<http://www.littre.org>>)
- Logan M.H. & W.T. Sanders 1976 – “The model”, in E. R. Wolf (ed.), *The Valley of Mexico*, University of New Mexico Press, Albuquerque, 31-58.
- Lovell W. G. 1992 – “Heavy shadows and black night”: disease and depopulation in colonial Spanish America, *Annals of the Association of American Geographers*, 82(3), 426-43.
- Lozano-García M. & M. S. Xelhuantzi-López 1997 – Some problems in the late Quaternary pollen records of Central México: Basins of México and Zacapu. *Quaternary International*, 43 : 117-123.
- Lumholtz C. 1987 [1904] – *Unknown Mexico. A Record of five Years Exploration among the Tribes of the Western Sierra Madre ; in the Tierra Caliente of Tepic and Jalisco ; and among the Tarascos of Michoacan*, 2 vol., Scribner’s Sons, New York.

- Lumholtz C. & A. Hrdlička 1898 – Marked Human Bones from a Prehistoric Tarasco Indian Burial Place in the State of Michoacan, Mexico, *Bulletin of the American Museum of Natural History* 5 : 61-79.
- MacNeish R. S. 1964 – The food-gathering and incipient agriculture stage of prehistoric Middle American, in R. Wauchope & R. C. West (eds.) *Handbook of Middle American Indians*, vol. 1, *Natural Environment and Early Cultures*, University of Texas Press, Austin : 413-26.
- MacMillan, R. A. & P. A. Shary 2009 – Landforms and landform elements in geomorphometry, in T. Hengl & H.I. Reuter (eds.) – *Geomorphometry : Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science*, vol. 33, Elsevier : 227-254.
- Mahgoub A.N., N. Reyes Guzmán, H. Boehnel, C. Siebe, G. Pereira et A. Dorison 2018 – Paleomagnetic constraints on the ages of the Holocene Malpaís de Zacapu lava flow eruptions, Michoacán (México) : Implications for archeology and volcanic hazards, *Holocene*, SAGE Publications 28 (2) : 229-45.
- Maldonado-Koerdell M. 1964 – Geohistory and paleogeography of Middle America, in R. C. West (ed.), *Handbook of Middle American Indians, Vol 1. Natural Environments and Early Cultures*, University of Texas Press, Austin, Texas : 3–32.
- Malthus T. R. 1986 [1798] – An essay on the principle of population, in E. A. Wrigley & D. Souden (eds.) *The Works of Thomas Robert Malthus*, Pickering & Chatto, London : 1-139.
- Maussion A. 2003 – Implantation humaine et mise en valeur des sols, chez les Bituriges Cubi, dans l'Antiquité gallo-romaine, in F. Favory (ed.) *Actualité de la recherche en histoire et archéologie agraires*, actes du colloque AGER V, 19-20 septembre 2000, Presses universitaires franc-comtoises, Besançon : 357-64.
- Mangelsdorf P. C., R. S. MacNeish & G. R. Willey 1964 – Origins of agriculture in Mesoamerica, in R. Wauchope & R. C. West (eds.) *Handbook of Middle American Indians*, vol. 1, *Natural Environment and Early Cultures*, University of Texas Press, Austin : 427-45.
- Manin A. 2013 – Unidad de trabajo 7, en G. Pereira, D. Michelet, E. Jadot, A. Manin, M. Elliott & M. Forest, 2013 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 5 (2012)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- 2015 – *Aspects matériels et symboliques de l'utilisation des animaux dans le nord de la Mésoamérique, entre le Classique et la Conquête (200 - 1521 ap. J.-C.)*, Thèse de doctorat non publiée, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- Manin A., E. Corona-M, M. Alexander, A. Craig, E. Kennedy Thornton, D. Y. Yang, M. Richards & C. F. Speller 2018 – Diversity of management strategies in Mesoamerican turkeys : Archaeological, isotopic and genetic evidence, *Royal Society open science*, 5(1), 171613.
- Mannion A. M. 1995 – *The origins of agriculture : an appraisal*, University of Reading, Reading.
- Manzanilla Lopez R. 1984 – *Loma de Santa María I, Morelia, Michoacán. Un sitio del periodo clásico mesoamericano*. Thèse de licenciatura non publiée, ENAH, Mexico.
- Marten G.G. & P. Vityakon 1986 – Soil Management in Traditional Agriculture. In Marten G.G. (coord.), *Traditional Agriculture in Southeast Asia : A Human Ecology Perspective*, Westview Press, Boulder : 199-22.
- Maussion A. 2003 – Implantation humaine et mise en valeur des sols, chez les Bituriges Cubi, dans l'Antiquité gallo-romaine, en F. Favory (ed.) – *Actualité de la recherche en histoire et archéologie agraires*, actes du colloque AGER V, 19-20 septembre 2000, Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon : 357-64.

- Mazin O. 2005 – *L'Amérique espagnole XVI-XVII^e siècle*, Guides Belles Lettres, Belles Lettres, Paris.
- Mazoyer M. & F. Roudart 1997 – *Histoire des agricultures du monde. Du néolithique à la crise contemporaine*, Le Seuil, Paris.
- McBratney, A. Mendonça Santos, M.L., Minasny, B., 2003 – On digital soil mapping. *Geoderma* 117, 3–52.
- McClung De Tapia E. 2000 – Prehispanic Agricultural Systems in the Basin of Mexico, in Lentz D. (ed.), *An Imperfect Balance. Landscape Transformations in the Precolumbian Americas*, Columbia University Press, New York : 121-146.
- McClung de Tapia E. & J. Zurita Noguera 2001 – Las primeras sociedades sedentarias, en Manzanilla L. & L. López Luján, *Historia Antigua de México, Vol. I : El horizonte Preclásico*, INAH, Mexico : 255-89.
- McCourt D. 1955 – Infield and outfield in Ireland, *The Economic History Review* 7(3) : 369-376.
- Metcalf 1992 – *Changing environments of the Zacapu basin, central Mexico: A diatom-based history spanning the last 30,000 years*, Research Paper 48, School of Geography, Oxford.
- 1995 Holocene environmental change in the Zacapu Basin, Mexico : a diatom-based record. *The Holocene*, 5(2) : 196-208.
- 2006 – Late Quaternary Environments of the Northern Deserts and Central Transvolcanic Belt of Mexico, *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 93(2) : 258-274
- Metcalf, S. E., S. L. O'Hara, M. Caballero & S. J. Davies 2000 – Records of Late Pleistocene–Holocene climatic change in Mexico – a review, *Quaternary Science Reviews*, 19(7) : 699-721.
- Metcalf, S. E., J. A. Barron & Davies, S. J. 2015 – The Holocene History of the North American Monsoon: 'known knowns' and 'known unknowns' in understanding its spatial and temporal complexity, *Quaternary Science Reviews*, 120 : 1-27.
- Metcalf, S. E., S. J. Davies, J. D. Braisby, M. J. Leng, A. J. Newton, N. L. Terrett & S. L. O'Hara 2007 – Long and short-term change in the Pátzcuaro Basin, central Mexico, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 247(3-4) : 272-295.
- Michelet D. 1983 – *Mich. 68, 71 et 72 - Fiches d'enregistrement des sites, Fiche d'enregistrement des sites*, Archives CEMCA non publiées, México.
- 1989 – Histoire, mythe et apologue : notes de lecture sur la seconde partie de la Relación de Michoacán, en D. Michelet (ed.), *Enquêtes sur l'Amérique moyenne : mélanges offerts à Guy Stresser-Péan*, CEMCA/INAH, Mexico.
- 1990 – El Centro-Norte de Michoacán en el Clásico : algunas reflexiones, en A. Carlos de Méndez (coord.), *La época Clásica : nuevos hallazgos, nuevas ideas*, INAH, Mexico : 279-91.
- 1992 – El centro-norte de Michoacán : características generales de su estudio arqueológico regional. en Michelet D. (coord.) *El Proyecto Michoacán 1983-1987 : medio ambiente e introducción a los trabajos arqueológicos. Cuadernos de estudios michoacanos 4* : 9-52 CEMCA, Mexico.
- 1995 – *Informe de los trabajos realizados en el Malpaís de Zacapu, octubre-noviembre de 1994*, Proyecto Zacapu etapa III, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- 1998 – Topografía y prospección sistemática de los grandes asentamiento del malpaís de Zacapu : claves para un acercamiento a las realidades sociopolíticas. en Darras V. (coord.) *Génesis, culturas y espacios en Michoacán*. CEMCA ,Mexico.

- 2008 – Vivir Diferentemente. Los sitios de la fase Milpillas (1250–1450 dC) en el malpaís de Zacapu (Michoacán), en A. G. Mastache, R. H. Cobean, Á. G. Cook & K. G. Hirth (eds.), *El Urbanismo en Mesoamérica/Urbanism in Mesoamerica*, 2 : 447-99.
- 2010 – De palabras y piedras: reflexiones en torno a las relaciones entre arqueología e historia en el Michoacán protohistórico, sector de Zacapu, *Istor: revista de historia internacional*, 11(43), 27-43.
- 2013 – Cerámicas del Centro-Norte de Michoacán entre el Clásico y el Posclásico, dans C. Pomédio, G. Pereira et E. Fernández Villanueva (éd.), *Tradiciones cerámicas del Epiclásico en el Bajío y regiones aledañas: cronología e interacción*, BAR International Series, Archaeopress, Oxford.
- 2016 – Sondeos en la plaza de “El Pilastrón” y sobre la plataforma principal oeste de “Las Majadas”, en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, B. Faugère, O. Quezada, K. Lefebvre, M. Forest, I. Medina, I. Barrientos, H. Goudiaby, L. Barba, J. Blancas, A. Ortiz & C. Gillot – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2015-16)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 175-83.
- Michelet D. & M. Forest 2012 – Almacenar en el Malpaís de Zacapu, Centro-Norte de Michoacán (1250-1450 dC), en S. Bortot, D. Michelet & V. Darras (eds.), *Almacenamiento prehispánico del Norte de México al Altiplano Central*, CEMCA, Mexico : 109-18.
- Michelet D., M.-C. Arnauld & M.-F. Fauvet-Berthelot 1989 – El proyecto del CEMCA en Michoacán. Etapa 1: un balance, *Trace* 16 : 70-87.
- Michelet D., A. Ichon & G. Migeon 1988 - Residencias, barrios y sitios en el malpaís de Zacapu, Michoacán. *Primera reunión sobre las sociedades prehispánicas en el centro occidente de México. Memoria*, Centro Regional de Querétaro, Cuaderno de trabajo 1, INAH, Querétaro : 177-191.
- Michelet D. & J.-F. Cuenot 2015 – Levantamiento topográfico del Grupo principal del sitio Mich. 318, en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, V. Darras, B. Faugère, L. Barba, M. Stevanato, O. Quezada & J. Blanca – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 7 (2014-15)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 72-4.
- Michelet D. & J. Saumur 2015 – Mich. 416, Rincón del Cerro de Las Flores, en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, V. Darras, B. Faugère, L. Barba, M. Stevanato, O. Quezada & J. Blanca 2015 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 7 (2014-15)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 120-4.
- Michelet D. & O. Quezada 2016 – Grupo Sur : mapeo y sondeos, en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, V. Darras, B. Faugère, L. Barba, M. Stevanato, O. Quezada & J. Blanca – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 7 (2014-15)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 75-81.
- Michelet D., G. Pereira & G. Migeon 1996 – *Informe de los trabajos realizados en el Malpaís de Zacapu, octubre-noviembre de 1995*, Proyecto Zacapu etapa III, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- 2005 – La llegada de los uacúsechas a la región de Zacapu, Michoacán : datos arqueológicos y discusión. en Manzanilla L. (ed.) *Reacomodos demográficos del Clásico al Posclásico en el centro de México*. UNAM-Instituto de investigaciones antropológicas, México.

- Mijangos-Cortes J. O. *et al.* 2007 – Differentiation among maize (*Zea mays* L.) landraces from the Tarasca Mountain Chain, Michoacan, Mexico and the Chalqueño complex, in *Genetic Resources and Crop Evolution*, vol. 54 : 309-325
- Migeon G. 1984 – L’habitat postclassique dans la région de Zacapú, Michoacán : répartition et typologie des sites, première approche, *Trace* 6 : 38-52.
- 1991 - *Archéologie en pays Tarasque : structure de l’habitat et ethno-préhistoire des habitations tarasques de la région de Zacapu (Michoacan, Mexique) au postclassique récent*. Thèse de doctorat, Université Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, Paris.
- 1998 – El poblamiento del Malpaís de Zacapu y sus alrededores, del Clásico al Posclásico en Darras (coord.), *Génesis, culturas y espacios en Michoacán*, CEMCA, Mexico : 35-45.
- 2015 – *Residencias y estructuras cívico-ceremoniales posclásicas de la región de Zacapu (Michoacán, México)*, Paris Monographs in American Archaeology 40, BAR international Series 2729, Archaeopress, Oxford.
- 2016 – *Patrones de asentamiento del Malpaís de Zacapu (Michoacán, México) y de sus alrededores en el Posclásico*, Paris Monographs in American Archaeology 46, Archaeopress, Oxford.
- Miskovsky J.-C. (dir.) 2002 – *Géologie de la Préhistoire*, Géopré, Presses Universitaires de Perpignan, Perpignan.
- Monnier G., P. Stengel et J.C. Fiès 1973 – Une méthode de mesure de la densité apparente de petits agglomérats terreux. Application à l’analyse des systèmes de porosité du sol. *Ann. Agro.* 24 (5) : 533-545.
- Morehart C. 2012 – Mapping Ancient Chinampa Landscapes in the Basin of Mexico: A Remote Sensing and GIS Approach, *Journal of Archaeological Science* 39 : 2541-51.
- Morrison 1994 – The intensification of production: archaeological approaches, *Journal of archaeological Method and Theory*, 1(2) : 111-59.
- Motte-Florac E. 1988 – Le maïs chez les P’urhépecha de la "Sierra Tarasca" (Michoacán, Mexique). In : *Cahiers du Lacito - Revue d’Ethnolinguistique* n°3 : 33-80.
- Nelson B. A. 1997 – Chronology and Stratigraphy at La Quemada, Zacatecas, Mexico. *Journal of Field Archaeology* 24 : 85-109.
- Netting, R. M. 1993 – *Smallholders, householders: farm families and the ecology of intensive, sustainable agriculture*, Stanford University Press, Stanford.
- Newton, A. J., S. E. Metcalfe, S. J. Davies, G. Cook, P. Barker & R. J. Telford 2005 – Late Quaternary volcanic record from lakes of Michoacán, central Mexico. *Quaternary Science Reviews*, 24(1-2) : 91-104.
- Nichols D.L. 1987 – Risk, Uncertainty, and Prehispanic Agricultural Intensification in the Northern Basin of Mexico, *American Anthropologist* 89 : 596-616.
- Nichols D.L., M.W. Spence & M.D. Borland 1991 – Watering the Fields of Teotihuacan: Early Irrigation at the Ancient City, *Ancient Mesoamerica*, 2 : 119-129.
- Niederberger C. 1987 – *Paléo-paysages et archéologie pré-urbaine du Bassin de Mexico*, CEMCA, collection « Études Mésoaméricaines » I-11, México, 2 volumes.
- Nieto Jiménez L. et M. Alvar Ezquerro (eds.) 2007 – *Nuevo tesoro lexicográfico del español (s. XIV-1726)*, vol. 6, Arco Libros, Madrid

- Noguera E. 1931 – Exploraciones arqueológicas en las regiones de Zamora y Pátzcuaro, Estado de Michoacán. *Anales del Museo Nacional de México* 4^a época, 7, Mexico : 89-103
- Noguez X. 2001 – La zona del Altiplano central en el Posclásico : la etapa tolteca, en L. Manzanilla L. & L. López Luján, *Historia Antigua de México, Vol. III : El horizonte Posclásico*, INAH, Mexico : 199-235.
- Norman D. W. 1980 – *The Farming System Approach : Relevancy for the Small Farmer*, Michigan State University, East Lansing.
- 2002 – The farming systems approach: A historical perspective, Présentation tenue au 17th Symposium of the International Farming Systems Association, Lake Buena Vista, Floride, EU.
- Norman M. J. T., C. J. Pearson & P. G. E. Searle 1995² – *The Ecology of Tropical Food Crops*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Nye P. H. & D. J. Greenland 1960 – The soil under shifting cultivation, Technical Communication No. 51. Commonwealth Bureau of Soils Harpenden, Commonwealth Agricultural Bureaux.
- O'Brien M.J., D.E. Lewarch, R.D. Mason & J.A Neely 1980 – Functional Analysis of Water Control features at Monte Albán, Oaxaca, Mexico, *World Archaeology* 11 (3) : 342-355.
- O'Connor T. & J.G. Evans 2005² – *Environmental Archaeology : Methods and Principles*, Sutton Publishing, Stroud.
- O'Hara S. L., F. A. Street-Perrott & T. P. Burt 1993 – Accelerated Soil Erosion around a Mexican Highland Lake Caused by Prehispanic Agriculture. *Nature*, 362 : 48-51.
- Obregón Rodríguez M. C. 2001 – La zona del Altiplano Central en el Posclásico: la etapa de la Triple Alianza, en L. Manzanilla & L. López Luján (coords.), *Historia antigua de Mexico*, vol. III, El Horizonte Posclásico, INAH/UNAM/Miguel Ángel Porrúa, México : 265-306.
- Offner J. 1980 – Archival Reports of Poor Crop Yields in the Early Postconquest Texcocan Heartland and Their Implications for Studies of Aztec Period Population. *American Antiquity* 45 : 848–856.
- Olaya, V. 2004 – *A gentle introduction to SAGA GIS*, The SAGA User Group e.V., Gottingen, Germany.
- Olaya V. & O. Conrad 2009 – Geomorphometry in SAGA, in T. Hengl & H. I. Reuter (eds.), *Geomorphometry : Concepts, Software, Applications. Developments in Soil Science*, vol. 33, Elsevier : 293–308.
- Ortega B., C. Caballero, S. Lozano, I. Israde & G. Vilaclara 2002 – 52 000 years of environmental history in Zacapú basin, Michoacán, Mexico: the magnetic record. *Earth and Planetary Science Letters*, 202(3-4) : 663-675.
- Ortega B., G. Vázquez, M. Caballero, I. Israde, S. Lozano-García, P. Schaaf & E. Torres 2010 – Late Pleistocene : Holocene Records of Environmental Changes in Lake Zirahuén, Central Mexico, *Journal of Paleolimnology* 44 : 745-760.
- Ortiz de Montellano B. R. 1978 – Aztec cannibalism : an ecological necessity ?, *Science*, 200(4342) : 611-7
- Pagel H., J. Enzmann & H. Mutscher 1982 – *Pflanzennährstoffe in tropischen Böden - ihre Bestimmung und Bewertung*, VEB Deutscher Landwirtschaftsverlag, Berlin.
- Palerm 1962 – Distribución del regadío prehispánico en el área cenral de Mesoamérica, *Revista interamerica del ciecias sociales*, epoca 2, 1(2) : 242-67.
- 1967 – Agricultural systems and food patterns, in M. Nash (ed.) *Handbook of Middle American Indians*, vol. 6, University of Texas Press, Austin : 26-52.

- 1973 - *Obras hidráulicas prehispánicas en el sistema lacustre del Valle de México*, Secretaría de Educación Pública/INAH, México.
- Palerm A. & E. Wolf 1972 – *Agricultura y civilización en Mesoamérica*, Secretaría de educación pública, Mexico
- Parcevaux S. D. de & L. Huber 2007 – *Bioclimatologie : Concepts et applications*, Quae, Paris.
- Parsons D., L. Ramirez-Aviles, J. H. Cherney, Q. M. Ketterings, R. W. Blake & C. F. Nicholson 2009 – Managing maize production in shifting cultivation milpa systems in Yucatan, through weed control and manure application, *Agriculture, ecosystems & environment*, 133(1-2) : 123-34.
- Peña-Ramírez V., L. Vázquez-Selem et Chr. Siebe 2015 – Rates of pedogenic processes in volcanic landscapes of late Pleistocene to Holocene age in Central Mexico, *Quaternary International* 376 : 19-33
- Pereira G. 1996 – *Potrero de Guadalupe: anthropologie funéraire d'une communauté pré-tarasque du nord du Michoacán, Mexique*, Thèse de doctorat de l'Université de Paris 1.
- 1999 – *Potrero de Guadalupe: anthropologie funéraire d'une communauté pré-tarasque du nord du Michoacán, Mexique*, B.A.R. International Series 816, Oxford
- 2007 – Le destin post-mortem du guerrier : pratiques funéraires et statut social dans le Michoacán ancien, Mexique, dans L. Baray, P. Brun & A. Testart (dir.), *Pratiques funéraires et sociétés: nouvelles approches en archéologie et en anthropologie sociale*, actes du colloque interdisciplinaire de Sens, 12-14 juin 2003, Editions Universitaires de Dijon : 371-90.
- 2008 – L'archéologie de la Mésoamérique septentrionale vue depuis le Cerro Barajas (Guanajuato), *Les Nouvelles de l'Archéologie n° 111-112* : 101-106
- 2012 – *Projet Uacúsecha. Aux origines du royaume Tarasque, Michoacán, Mexique, Rapport d'activités sur les opérations de terrain et sur les analyses de laboratoire menées en 2011*, Archives MAEE, Paris.
- 2013 – *Projet Uacúsecha. Aux origines du royaume Tarasque, Michoacán, Mexique, rapport quadriennal (2010, 2011, 2012, 2013)*, Archives MAEE, Paris.
- 2017 – *Projet Uacúsecha. Aux origines du royaume Tarasque, Michoacán, Mexique, rapport sur les opérations menées en 2016-17 et rapport quadriennal (2014-17)*, Archives MAEE, Paris.
- Pereira G., I. Barrientos & S. Natahi 2018b – El mundo de los muertos, en G. Pereira & E. F. Padilla Gutiérrez (eds.) *La Ciudad Perdida. Raíces de los soberanos tarascos*, INAH/CEMCA, Mexico.
- Pereira G. & D. Michelet 2018 – El recinto sagrado : espacio de los dioses y de los muertos, en G. Pereira & E. F. Padilla Gutiérrez (eds.) *La Ciudad Perdida. Raíces de los soberanos tarascos*, INAH/CEMCA, Mexico.
- Pereira G. & G. Migeon 2005 – Barajas et la Mésoamérique septentrionale dans Ministère des Affaires étrangères (ed.), *Archéologies. 20 ans de recherches françaises dans le monde*, Maisonneuve et Larose et ADPF.ERC : 664-67.
- 2007 – Cerro Barajas, Guanajuato, *Arqueología Mexicana* 87 : 77-82.
- Pereira G. & E. F. Padilla Gutiérrez (eds.) 2018 – *La Ciudad Perdida. Raíces de los soberanos tarascos*, INAH/CEMCA, Mexico.
- Pereira G., Forest M., Jadot E., & V. Darras (sous presse) – Ephemeral cities ? The Longevity of the Postclassic Tarascan Urban Sites of Zacapu Malpaís and its Consequences on the Migration Process,

in M.-C. Arnauld, G. Pereira & C. Beekman (eds.), *Ancient Mesoamerican Cities: Populations on the move*, University Press of Colorado, Denver, USA.

Pereira G., D. Michelet & G. Migeon 2001 – Archéologie du massif du Barajas. Premières données sur l'évolution des sociétés préhispaniques du sud-ouest du Guanajuato, Mexique. *Journal de la Société des Américanistes*, 87 : 267-281

2005 – Transformaciones demográficas y culturales en el Centro-Norte de México en vísperas del Posclásico : los sitios de Cerro Barajas (suroeste de Guanajuato) en Manzanilla L. (ed.) *Reacomodos demográficos del Clásico al Posclásico en el centro de México*. UNAM-Instituto de investigaciones antropológicas, México.

Pereira G. & M. Forest 2009a – *Informe sobre los trabajos de campo realizados en el sitio El Malpaís Prieto, Michoacán, México: temporada 1 (3-24 de Marzo 2008)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.

2009b – *Informe sobre los trabajos de campo realizados en el sitio El Malpaís Prieto, Michoacán, México: temporada 2 (marzo-abril 2009)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.

2010 – *Informe técnico sobre las operaciones realizadas en la temporada 3 (Febrero-Mayo del 2010)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.

Pereira G., M. Forest, D. Michelet, E. Jadot, L. Barba, B. Faugère, M. Elliott & A. Manin 2012 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 4 (2011-2012)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.

Pereira G., D. Michelet, E. Jadot, A. Manin, M. Elliott & M. Forest, 2013 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 5 (2012)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.

Pereira G., M. Forest, D. Michelet, M. Stevanato, A. Dorison, E. Jadot & A. Manin 2014 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 6 (2013)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.

Pereira G., D. Michelet, A. Dorison, V. Darras, B. Faugère, L.Barba, M. Stevanato, O. Quezada & J. Blanca 2015 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 7 (2014-15)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.

Pereira G., D. Michelet, A. Dorison, B. Faugère, O. Quezada, K. Lefebvre, M. Forest, I. Medina, I. Barrientos, H. Goudiaby, L. Barba, J. Blancas, A. Ortiz & C. Gillot 2016 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2015-16)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.

Pereira G., D. Michelet, M. Forest, O. Quezada, C. Gillot, J. Sion, D. Perla, I. Barrientos, A. Castañeda, V. Darras, E. Jadot, C. Mireles, J. Blancas & A. Ortiz 2018a – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2016-17)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.

Pereira G. & H. Goudiaby 2016 – Recorrido y sondeos (UT 108, 109, 112) al pie de la colada de Malpaís Prieto, en G. D. Michelet, A. Dorison, B. Faugère, O. Quezada, K. Lefebvre, M. Forest, I. Medina, I.

- Barrientos, H. Goudiaby, L. Barba, J. Blancas, A. Ortiz & C. Gillot – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2015-16)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 67-72.
- Pérez-Pérez J. 2003 – *La agricultura en Teotihuacan. Una forma de modificación al paisaje*, tesis de maestría, UNAM, Instituto de Investigaciones Antropológicas/Facultad de Filosofía y Letras, México.
- 2007 - *Agricultura en terrazas en el cerro San Lucas, Valle de Teotihuacán*, FAMSI.
- Petrequin P. (coord.) 1994 – *8000 años de la Cuenca de Zacapu : evolución de los paisajes y primeros desmontes*. CEMCA ,Mexico.
- Piña Chan R. & K. Oi 1982 – *Exploraciones arqueológicas in Tingambato, Michoacán*. INAH, México.
- Pioli, L., E. Erlund, E. Johnson, K. Cashman, P. Wallace, M. Rosi & H. D. Granados 2008 – Explosive dynamics of violent Strombolian eruptions: the eruption of Parícutin Volcano 1943–1952 (Mexico). *Earth and Planetary Science Letters*, 271(1-4) : 359-368.
- Piperno D. R. & K. V. Flannery 2001 – The earliest archaeological maize (*Zea mays* L.) from highland Mexico: new accelerator mass spectrometry dates and their implications, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 98(4) : 2101-3.
- Plet F. 2013² – Agriculture, in Levy et Lussault (dir.), *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*, Belin, Paris.
- Plunket, P. & G. Uruñuela 1998 – Preclassic household patterns preserved under volcanic ash at Tetimpa, Puebla, Mexico, *Latin American Antiquity*, 9(4) : 287-309.
- Polaco O. J. 1994 – La Fauna, en P. Petrequin (coord.) 1994 – *8000 años de la Cuenca de Zacapu : evolución de los paisajes y primeros desmontes*. CEMCA ,Mexico.
- Pollard H. P. 1972 – *Prehispanic Urbanism at Tzintzuntzan, Michoacan*. Ph. D. Dissertation. Department of Anthropology, Columbia University.
- 1980 – Central Places and Cities. A Consideration of the Protohistoric Tarascan State. *Society for American Archaeology*, vol. 45, n°4 (oct. 1980) : 677-696
- 1982 – Ecological variation and economic exchange in the Tarascan state. *American Ethnologist*, vol. 9 : 250-268. Blackwell.
- 1993 – *Tariácuri's legacy : the prehispanic Tarascan state*. University of Oklahoma Press, Norman.
- 2000 – “Tarascans and Their Ancestors. Prehistory of Michoacán” in Foster M. S. & S. Gorenstein, *Greater Mesoamerica. The Archaeology of West and Northwest Mexico*, University of Utah Press, Salt Lake City.
- 2003 – Central places and cities in the core of the Tarascan State. In W. T. Sanders, A.G. Mastache & R.H. Cobean (eds.) *Urbanism in Mesoamerica*, bilingual edition : 345-390. INAH/Pennsylvania University Press, México.
- Pollard H. P. & S. Gorenstein 1980 – Agrarian Potential, Population, and the Tarascan State, *Science*, New Series, vol. 209, n°4453 : 274-277.
- Porter Noé M. 1948 – *Pipas precortesianas*, Acta Antropológica II (2), Mexico.
- Puaux, O. 1989 – *Les pratiques funéraires tarasques (approche archéologique et ethnohistorique)*. Thèse de doctorat. Université de Paris 1

- Quezada O. 2016 – Las Minas (Mich. 428), en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, B. Faugère, O. Quezada, K. Lefebvre, M. Forest, I. Medina, I. Barrientos, H. Goudiaby, L. Barba, J. Blancas, A. Ortiz & C. Gillot 2016 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2015-16)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 156-65.
- Quezada O., D. Michelet & G. Pereira 2016 – El Grupo Sur: descripción general y levantamiento topográfico en G. Pereira, D. Michelet, A. Dorison, V. Darras, B. Faugère, L. Barba, M. Stevanato, O. Quezada & J. Blanca – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 7 (2014-15)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico : 56-62.
- Quezada O. & V. Darras 2018 – Recorridos y excavaciones en *Las Minas* (Mich. 428), en G. Pereira, D. Michelet, M. Forest, O. Quezada, C. Gillot, J. Sion, D. Perla, I. Barrientos, A. Castañeda, V. Darras, E. Jadot, C. Mireles, J. Blancas & A. Ortiz 2018 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 8 (2016-17)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- Ramírez-Herrejón J. P., N. Mercado-Silva, M. Medina-Nava & O. Domínguez-Domínguez 2012 – Validación de dos índices biológicos de integridad (IBI) en la subcuenca del río Angulo en el centro de México, *Revista de Biología Tropical*.
- Rathje W. L. 1971 – The origin and development of Lowland Classic Maya civilization, *American Antiquity*, 36(3) : 275-285.
- Rea fray A. de la 1882 [1639] – *Crónica de la Orden de N. Seráfico P.S. Francisco, provincia de San Pedro y San Pablo de Mechoacán en la Nueva España*, edición de la « Voz de México », México.
- Reid L. M. et al. 1990 – Taxonomy of Mexican landraces of maize, *Zea mays*, based on their resistance to European corn borer, *Ostrinia nubilalis*, in *Euphytica*, vol. 46, Kluwer Academic Publisher : 119-131.
- Renfrew C. & J. Cherry (eds.) 1986 – *Peer Polity Interaction*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Renger M., G. Wessolek, B. List & R. Seyfert 1987 – Beziehung zwischen Bodenfarbe und Humusgehalt, *Mitteilgn. Dtsch. Bodenkundl. Gesellsch*, 55 : 821-826.
- Reyes C. 1991 – Tierras en la cuenca de Zacapu: del siglo XVI a la reforma agraria, en C. Reyes & O. Gougeon, *Paisajes rurales en el Norte de Michoacán*, cuaderno de estudios michoacanos 3, CEMCA, México : 11-51.
- Reyes García L. & L. Odena Güemes 2001 – La zona del altiplano central en el Posclásico: la etapa chichimeca, en L. Manzanilla & L. López Luján (coords.), *Historia antigua de Mexico*, vol. III, El Horizonte Posclásico, INAH/UNAM/Miguel Ángel Porrúa, México : 237-76.
- Reyes-Gúzman N. 2017 – *Geología volcánica de la región occidental de la cuenca lacustre de zacapu, michoacán y su importancia para la arqueología*, tesis de licenciatura, UNAM, Facultad de ciencias, México.
- Reyes-Guzmán N., C. Siebe, M. O. Chevrel, M. N. Guilbaud, S. Salinas & P. Layer 2018 – Geology and radiometric dating of Quaternary monogenetic volcanism in the western Zacapu lacustrine basin (Michoacán, México): implications for archeology and future hazard evaluations, *Bulletin of Volcanology*, 80(2), 18.
- Richer de Forges, A. R., C. Feller, M. Jamagne & D. Arrouays 2008 – Perdus dans le triangle des textures, *Etudes et Gestion des Sols*, 15(2) : 97-111.

- Robert S. 2003a – *L'analyse morphologique des paysages entre archéologie, urbanisme et aménagement du territoire : exemples d'études de formes urbaines et rurales dans le Val-d'Oise*, Thèse de doctorat de l'Université de Paris 1.
- 2003b – Archéologie préventive et morphologie : deux points de vues scientifiques différents, dans F. Favory (ed.), *Actualité de la recherche en histoire et archéologie agraires*, actes du colloque AGER V, 19-20 septembre 2000, Presses Universitaires de Franche-Comté, Besançon : 53-66.
- 2012 – Les dynamiques spatiales à la croisée de l'archéologie et de la géographie, *L'Espace géographique* 4 (Tome 41) : 289-294.
- Robinson G. M. 2004 – *Geographies of agriculture : globalisation, restructuring and sustainability*, Prentice Hall, Harlow.
- Rojas Rabiela T. 1988 – *Las siembras de ayer ; la agricultura indigena del siglo XVI*, Secretaría de Educación Pública, CIESAS, Mexico.
- 1991 – *La agricultura en tierras mexicanas desde sus orígenes hasta nuestros días*, No. 080 L6 v. 71, Consejo Nacional para la Cultura y las Artes, México.
- 2001 - La tecnología agrícola, en L. Manzanilla & L. López Luján (eds.), *Aspectos fundamentales de la tradición cultural mesoamericana. Historia Antigua de México IV*, INAH-UNAM-Miguel Ángel Porrúa, México : 13-68
- Rojas Rabiela, T., & Sanders, W. T. 1985 – *Historia de la Agricultura: Epoca Prehispánica— Siglo XVI*, vol. 2, INAH, México.
- Rojas Rabiela T., K. Strauss, A. Rafael & J. Lameiras 1974 – *Nuevas noticias sobre las obras hidráulicas prehispánicas y coloniales en el Valle de México*, INAH, México.
- Romero-Peñaloza J. 1995 – Configuración agrícola regional y zonas agrícolas. en Pulido S., P. Romero & V. Nuñez (eds.), *La producción agropecuaria y forestal de la región Sierra Purépecha, Michoacán*, Universidad Autónoma, Chapingo : 69-82.
- Ropelewski C. F., D. S. Gutzler, R. W. Higgins & C. R. Mechoso 2005 – The North American Monsoon System, in C. P. Chang, B. Wang, N.C.G. Lau (eds.), *The global monsoon system: research and forecast. Report of the International Committee of the Third International Workshop on Monsoons (IWM-III) 2-6 November 2004, Hangzhou, China*, Secretariat of the World Meteorological Organization, Genève.
- Roper D. C. 1979 – The Method and Theory of Site Catchment Analysis : A Review. *Advances in Archaeological Method and Theory*, vol. 2 : 119-140.
- Rossmann D. L. 1976 – A Site Catchment Analysis of San Lorenzo, Veracruz in FLANNERY K. V. (ed.) – *The Early Mesoamerican Village*, Academic Press, New York : 95-103
- Rubin J. 1972 – Expulsion from the garden (Boserup and Malthus), *Peasant Studies Newsletter* 1 : 35-8.
- Ruhe R. V. 1975 – *Geomorphology: geomorphic processes and surficial geology*, Houghton Mifflin, Boston.
- Rzedowski J. 1978 – *Vegetación de México*, Limusa, México.
- Rzedowski J. & G. Calderón de Rzedowski 1987 – El bosque tropical caducifolio de la región mexicana del Bajío, *Trace* 12 : 12-21
- Sahagún Fray B. de 1577 – *Historia general de las cosas de nueva espagna*, 12 volumes, version consultable en ligne : < <https://www.wdl.org/fr/item/10622/> > consulté pour la dernière fois le 29/06/2019.

- 1880 [1577] – *Histoire générale des choses de la Nouvelle Espagne / par le R. P. Fray Bernardino de Sahagun*, traduite et annotée par D. Jourdanet et par Rémi Siméon, Masson, Paris.
- Salem B. B. 1989 – Arid zone forestry: a guide for field technicians, *FAO Conservation Guide*, (20), FAO, Rome.
- Sanchez G. J. J. & M. M. Goodman 1992 – Relationships Among the Mexican Races of Maize, in *Economic Botany*, vol. 46(1), The New York Botanical Garden Press, New York : 72-85
- Sanchez G. J. J., M. M. Goodman & C. W. Stuber 2000 – Izomatic and Morphological Diversity in the Races of Maize in Mexico, in *Economic Botany*, vol. 54(1), The New York Botanical Garden Press, New York : 43-59
- Sanders, W. T. 1957 – *Tierra y Agua (Soil and Water): A Study of the Ecological Factors in the Development of Meso-American Civilization*, Harvard University Press.
- 1972 – The Agricultural History of the Basin of Mexico, in WOLF E. R. (ed.), *The Valley of Mexico*, University of New Mexico Press, Albuquerque : 101-159.
- Sanders, W. T. & C. N. Murdy 1982 – Cultural Evolution and Ecological Succession in the Valley of Guatemala: 1500 BC—AD 1524, in K. V. Flannery (ed.), *Maya subsistence: Studies in memory of Dennis E. Puleston*, Academic Press, New York : 19-63.
- Sanders W. T. & B. J. Price 1968 – *Mesoamerica : the Evolution of a Civilization*, Random House, New York.
- Sanders W. T., J. R. Parsons & R. S. Santley 1979 – *The basin of Mexico. ecological processes in the evolution of a civilization*, Academic Press, New York/San Francisco.
- Sandor, J. A. 1992 - Long-term effects of prehistoric agriculture on soils: examples from New Mexico and Peru, in V. T. Holliday (ed.), *Soils in archaeology : Landscape evolution and human occupation*, Smithsonian Institution Press, Washington and London : 217-245.
- 1998 – *Steps toward soil care : ancient agricultural terraces and soils*, Proceedings of the 16th World Congress of Soil Science, Montpellier, France.
- 2006 – Ancient agricultural terraces and soils, in B. P. Warkentin (ed.), *Footprints in the soil : People and Ideas in Soil History*, Elsevier : 505-534.
- Sandor, J. A., A. M. G. WinklerPrins, N. Barrera-Bassols & A. J. Zinck 2006 – The heritage of soil knowledge among the world's cultures, in B. P. Warkentin (ed.), *Footprints in the soil : People and Ideas in Soil History*, Elsevier : 43-84.
- Santley R. S. & E. K. Rose 1979 – Diet, nutrition and population dynamics in the Basin of Mexico, *World Archaeology*, 11(2) : 185-207.
- Sayre N. F. 2008 – The genesis, history, and limits of carrying capacity, *Annals of the Association of American Geographers*, 98(1) : 120-134.
- Schaetzl R. & S. Anderson 2005 – *Soils : Genesis and Geomorphology*, Cambridge University Press, Cambridge.
- Scott J. C. & N. Bhatt (eds.) 2001 – *Agrarian Studies. Synthetic Work at the Cutting Edge*, Yale University Press, New Haven et Londres.
- Seidl I. & C. A. Tisdell 1999 – Carrying capacity reconsidered: from Malthus' population theory to cultural carrying capacity, *Ecological economics*, 31(3) : 395-408.

- Segerstrom 1950 – *Erosion studies at Parícutin, State of Michoacan, Mexico*, UNAM/US Geological Survey.
- Selby M. J. 1974 – Dominant geomorphic events in landform evolution, *Bulletin of the International Association of Engineering Geology*, 9(1) : 85-9.
- Sheets P. (ed.) 2002 – *Before the volcano erupted, the ancient Cerén village in central America*, University of Texas Press, Austin
- Sheets P. & M. Woodward 2002 – Cultivating Biodiversity : Milpas, Gardens and the Classic Period Landscape, in Sheets P. (ed.) – *Before the volcano erupted, the ancient Cerén village in central America*, University of Texas Press, Austin : 184-191.
- Shoji S., M. Nanzyo & R. A. Dahlgren 1993 – *Volcanic Ash Soils: Genesis, Properties and Utilization*, Elsevier, Amsterdam.
- Shoji S., M. Nanzyo, R. A. Dahlgren & P. Quantin 1996 – Evaluation and proposed revisions of criteria for Andosols in the World Reference Base for Soil Resources, *Soil Science*, 161(9) : 604-615.
- Siebe Ch., R. Jahn & K. Stahr 2006 – *Manual para la descripción y evaluación ecológica de suelos en el campo*, Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, México.
- Siebe C., M.-N. Guilbaud, S. Salinas & C. Chédeville-Monzo 2012 – Eruption of Alberca de los Espinos tuff cone causes transgression of Zacapu lake ca. 25,000 yr BP in Michoacán, México, in K. Arentsen, K.Németh & E. Smid (eds.) *Fourth International Maar Conference a multidisciplinary congress on monogenetic volcanism*, Auckland, New Zealand 20-24 February 2012, Abstract volume : 74-75.
- Siebe C., M.-N. Guilbaud, S. Salinas, P. Kshirsagar, M. O. Chevrel, J. R. de la Fuente, A. Hernández Jiménez, & L. Godínez 2014 – *Monogenetic volcanism of the Michoacán-Guanajuato Volcanic Field: Maar craters of the Zacapu basin and domes, shields, and scoria cones of the Tarascan highlands (Paracho-Parícutin region)*, Pre-meeting field guide for the 5th International Maar Conference, Querétaro, México.
- Sigaud F. 1975 – *L'Agriculture et le feu. Rôle et place du feu dans les techniques de préparation du champ de l'ancienne agriculture européenne*, CNRS/EHESS/Mouton, Paris.
- Sillitoe P. 1998 – Knowing the land: soil and land resource evaluation and indigenous knowledge, *Soil Use and Management* 14 (4) : 188-93.
- Sluyter A. 1994 – Intensive wetland agriculture in Mesoamerica : Space, time, and form, *Annals of the Association of American Geographers*, 84(4) : 557-584.
- Small E. 2011 – *Alfalfa and Relatives. Evolution and Classification of Medicago*, NRC Research Press, Ottawa.
- Smith, C. E. Jr 1967 – Plant remains, in D. Byers (ed.), *The Prehistory of the Tehuacan Valley, vol. I Environment and Subsistence*, University of Texas Press, Austin/London : 220-225
- Smith M. E. 2014 – Peasant Mobility, Local Migration and Premodern Urbanization, *World Archaeology* 46(4) : 516-533.
- Smith M. E. & J. T. Jeffrey Price 1994 – Aztec-Period Agricultural Terraces in Morelos, Mexico: Evidence for Household level Agricultural Intensification, *Journal of Field Archaeology*, 21(2) : 169-79.
- Smith M. E., A. Borejsza, A. Huster, C. D. Frederick, I. R. López & C. Heath-Smith 2013 – Aztec period houses and terraces at Calixtlahuaca: the changing morphology of a Mesoamerican hilltop urban center, *Journal of Field Archaeology*, 38(3) : 227-43.

- Smith N. J. 1980 – Anthrosols and human carrying capacity in Amazonia, *Annals of the Association of American Geographers*, 70(4) : 553-566.
- Soil Survey Division Staff 1993 – *Soil Survey Manual*, USDA Handbook 18, US Government Printing Office, Washington DC.
- 1999² – *Soil taxonomy: A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys*, USDA Handbook 436, Natural Resources Conservation Service, Washington DC.
- Sombroek, W. G. 1966 – *Amazon soils: A reconnaissance of the soils of the Brazilian Amazon region*, Centre for Agricultural Publications and Documentation, Wageningen.
- Sombroek W. G., F. O. Nachtergaele & A. Hebel 1993 – Amounts, dynamics and sequestering of carbon in tropical and subtropical soils, *Ambio*, 22(7) : 417-26.
- Spence M. W., 2000 – From Tzintzuntzan to Paquimé, Peers or Peripheries in Greater Mesoamerica ? in Foster M. S. & S. Gorenstein, *Greater Mesoamerica. The Archaeology of West and Northwest Mexico*, University of Utah Press, Salt Lake City.
- Sponagel H., W. Grottenthaler, K.-J. Hartman, R. Hartwich, P. Janetzko, H. Joisten, D. Kühn, K.-J. Sabel & R. Traidl 1982 – *Bodenkundliche Kartieranleitung*, Hanovre.
- Stahle, D. W., J. V. Diaz, D. J. Burnette, J. C. Paredes, R. R. Heim, F. K. Fye, R. Acuna Soto, M. D. Therrell, M. K. Cleaveland & D. K. Stahle 2011 – Major Mesoamerican droughts of the past millennium. *Geophysical Research Letters*, 38(5).
- Stevanato M. 2014 – Las estructuras de combustión en el Malpaís Prieto, en Pereira G., M. Forest, D. Michelet, M. Stevanato, A. Dorison, E. Jadot & A. Manin 2014 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 6 (2013)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- 2015 - Fogones en contexto doméstico, en Pereira G., D. Michelet, A. Dorison, V. Darras, B. Faugère, L.Barba, M. Stevanato, O. Quezada & J. Blanca 2015 – *Informe técnico sobre los trabajos de campo llevados a cabo en Malpaís Prieto y otros asentamientos de la región de Zacapu, Michoacán. Temporada 7 (2014-15)*, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- Stevens P. R., & T. W. Walker 1970 – The chronosequence concept and soil formation, *The quarterly review of biology*, 45(4) : 333-350.
- Steward J. (ed.) 1955 – *Theory of Culture Change: The Methodology of Multilinear Evolution*, Board of Trustees of the University of Illinois Press, Chicago.
- Street-Perrott F. A., R. A. Perrott & D. D. Harkness 1989 – Anthropogenic soil erosion around Lake Patzcuaro, Michoacan, Mexico, during the Preclassic and late Postclassic-Hispanic periods, *American Antiquity* 54(4) : 759-765.
- Sugiura Y. 2001 – La zona del Altiplano Central en el Epiclásico, en L. Manzanilla & L. López Luján (eds.) *El horizonte Clásico. Historia Antigua de México II*, INAH-UNAM-Miguel Ángel Porrúa, México : 347-390.
- Suter M., M. López-Martínez, O. Quintero-Legorreta & M. Carrillo-Martínez 2001 – Quaternary Intra-arc Extension in the Central Trans-Mexican Volcanic Belt, *Geological Society of America Bulletin* 113(6) :693–703.

- Takahashi T., M. Nanzyo & S. Shoji 2004 – Proposed Revisions to the Diagnostic Criteria for Andic and Vitric Horizons and Qualifiers of Ardosols in the World Reference Base For Soil Resources, *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(3) : 431-7.
- Taladoire E. 1989 – “Las canchas de juego de pelota de Michoacán (CEMCA : Proyecto Michoacán),,, *Trace*, n°16, CEMCA, México : 88-99.
- Tansley A. G. 1935 – The use and abuse of vegetational concepts and terms, *Ecology*, 16(3) : 284-307.
- Tapia L. M., M. Tiscareño, J. Salinas, M. Velázquez, A. Vega & H. Guillén 2002 – Respuesta de la cobertura residual del suelo a la erosión hídrica y la sostenibilidad del suelo, en laderas agrícolas, *TERRA latinoamericana*, 20(4).
- Tellez J. A. 1884 – *Carte du Michoacán*, échelle 1 : 400000, collection Orozco y Berra, n°1715-OYB-7234-A.
- Therrell M. D., D. W. Stahle & R. Acuna Soto 2004 – Aztec drought and the “curse of one rabbit”. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85(9) : 1263-72.
- Thomas M.F. 1994 - *Geomorphology in the Tropics : A Study of Weathering and Denudation in Low Latitudes*, Wiley & Sons, Chichester (UK).
- Toledo Y. M., J. Caballero, C. Mapes, N. Barrera, A. Argueta & M. A. Nunez 1980 – Los Purepechas de la Cuenca del Lago de Patzcuaro: una aproximación ecológica, *América Indígena* 40(1) : 17-55.
- Tricart A. 1965 – Principes et méthodes de la géomorphologie, *Soil Science* 100(4) : 300.
- 1968 – *Précis de géomorphologie 1 : Géomorphologie structurale*, Société d’Édition d’Enseignement Supérieur, Paris.
- 1977 – *Précis de géomorphologie 2 : Géomorphologie dynamique générale*, Société d’Édition d’Enseignement Supérieur, Paris.
- 1992 – « La Cuenca lacustre de Zacapu : un accertamiento geomorfológico » en Michelet D. (coord.) El Proyecto Michoacán 1983-1987 : medio ambiente e introducción a los trabajos arqueológicos, *Cuadernos de estudios michoacanos* 4, CEMCA, Mexico : 9-52
- Tricart J. & M. M. Ríos Paredes 1985 – L’ancien lac de Zacapu, mise en évidence d’une transgression lacustre au Quaternaire récent. *Trace*, 8 : 46-51.
- Trigger 1972 – Determinants of urban growth in pre-industrial societies, in P. J. Ucko, R. Tringham & G. W. Dimbleby (eds.), *Man, Settlement and Urbanism*, Duckworth, London : 575-99.
- Trombold, Charles D. & I. Israde-Alcantara 2005 – Paleoenvironment and plant cultivation on terraces at La Quemada, Zacatecas, Mexico: the pollen, phytolith and diatom evidence, *Journal of Archaeological Science* 32(3) : 341-353.
- Turner B. L. & W. M. Denevan 1985 – Prehistoric manipulation of wetlands in the Americas: a raised field perspective, *Prehistoric intensive agriculture in the Tropics* 232 : 11-30.
- Turner B. L. & W. E. Doolittle 1978 – The concept and measure of agricultural intensity, *The Professional Geographer* 30(3) : 297-301.
- Turner B. L., R. Q. Hanham & A. V. Portararo 1977 – Population pressure and agricultural intensity, *Annals of the Association of American Geographers* 67(3) : 384-396.
- Ulrich B. 1991 – *Soil acidity*, Springer, Berlin.

- Université Nationale Autonome de Mexico 2012 – *Gran Diccionario Náhuatl* [en ligne], <<http://www.gdn.unam.mx>>
- Van Reeuwijk L. P. 2002 – *Procedures for soil analysis*, International Soil Reference and Information Centre, Technical Paper 9, Wageningen.
- Vázquez G., B. Ortega, S. J. Davies & B. J. Aston 2010 – Registro sedimentario de los últimos ca. 17000 años del lago de Zirahuén, Michoacán, México. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 62(3) : 325-43.
- Velasco R. de 1897 – Plano de la ciénega de Zacapu. Proyecto de desecación y deslinde hecho por orden de D. Eduardo Noriega, en E. Noriega & Cía 1923, *La desecación de la ciénega de Zacapu y las leyes agrarias. Caso especial y único en el país*, México.
- Viers G. 1974 – *Éléments de géomorphologie*, Nathan, Paris.
- Vita-Finzy C. & E. S. Higgs 1970 – Prehistoric Economy in the Mount Carmel Area of Palestine : Site Catchment Analysis. *Proceedings of the Prehistoric Society*, XXXVI : 1-37.
- Walker G. P. 1981 – Generation and dispersal of fine ash and dust by volcanic eruptions, *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 11(1) : 81-92.
- Warren J.B. 1977 – *La conquista de Michoacán 1521-1530*, Colección estudios michoacanos IV, Fimax publicistas, Morelia.
- 1985 – *The conquest of Michoacán. The Spanish domination of the Tarascan kingdom in Western Mexico. 1521-1530*. University of Oklahoma Press, Norman.
- Warkentin B. P. (ed.) *Footprints in the soil : People and Ideas in Soil History*, Elsevier.
- Waters M.R. 1992 – *Principles of Geoarchaeology : A North American Perspective*, University of Arizona Press, Tucson.
- Watteaux M. 2011 – L'archéogéographie. un projet d'archéologie du savoir géohistorique, *Les nouvelles de l'archéologie* 125 : 3-7.
- Weigand P. C., V. Scarborough & B. Isaac 1993 – Large scale irrigation works in prehispanic western Mesoamerica, in V. Scarborough (ed.), *Economic Aspects of Water Management in the Prehispanic New World*, JAI Press, Greenwich : 223-262.
- 1994 – Obras hidráulicas a gran escala en el Occidente de Mesoamérica, en E. Williams (ed.), *Contribuciones a la arqueología y etnohistoria del Occidente de México*, El Colegio de Michoacán, Zamora.
- Weiss A. 2001 – *Topographic position and landforms analysis*, Poster Presentation, ESRI User Conference, San Diego, CA.
- Wellhausen E. J., L. M. Roberts, E. Hernandez X. & P. C. Mangelsdorf 1952 – *Races of Maize in Mexico : Their Origins, Characteristics and Distribution*, Bussey Institution of Harvard University, Harvard
- West R. C. 1948 – *Cultural Geography of the Modern Tarascan Area*, Smithsonian Institute, Institute of Social Anthropology, Publication n°7, Greenwood Press, Westport.
- West R.C. & P. Armillas 1950 – Las chinampas de México, *Cuadernos Americanos* 50, 162–182.
- WinklerPrins A. M. & N. Barrera-Bassols 2004 – Latin American ethnopedology: a vision of its past, present, and future, *Agriculture and Human Values*, 21(2-3) : 139-56.

- WinklerPrins A. M. & J. A. Sandor 2003 – Local soil knowledge: insights, applications, and challenges. *Geofísica Internacional*, 111 : 165-70.
- Whiting D., Card A., Wilson C., Moravec C. et J. Reeder 2011 – *Managing Soil Tillage, Texture, Structure and Pore Space*, Colorado Master Gardner Program, Colorado State University Extension, CMG Garden Notes n° 213
- Whitmore T. M. & B. L. Turner II 2001 – *Cultivated Landscapes of Middle America on the Eve of Conquest*, Oxford University Press, Oxford
- Wilding L.P. & D. Tessier 1988 – Genesis of vertisols: shrink-swell phenomena, in L.P. Wilding, N.E. Smeck , & G.F. Hall, *Vertisols : their distribution, properties, classification and management*, Elsevier, Pays-Bas : 55-81.
- Wilken G. C. 1985 – A note on buoyancy and other dubious characteristics of the 'floating' chinampas of Mexico, *Prehistoric intensive agriculture in the tropics* 1.
- 1987 – *Good Farmers : Traditional Resource Management in Mexico and Central America*, University of California Press, Berkeley.
- Williams B.J. 1975 – Aztec soil science, *Investigaciones geográficas*, 7 : 115-120.
- 1982 Aztec Soil Glyphs and Contemporary Nahua Soil Classification, in M. E. R. G. N. Jansen & Th. J. J. Leyenaar (eds.), *The Indians of Mexico in pre-Columbian and Modern Times*, Rijksmuseum voor Volkenkunde, Leiden, Holland : 206-222.
- 1989 – Contact period rural overpopulation in the Basin of Mexico : carrying-capacity models tested with documentary data, *American Antiquity*, 54(4) : 715-732.
- 1992 – Tepetate in 16th Century and Contemporary Folk Terminology, Valley of Mexico, *Terra, Suelos volcánicos endurecidos* 10 : 483-493.
- 1994 – Sixteenth century Nahua soil classes and rural settlement in Tepetlaoztoc, *15th World Congress of Soil Science, Acapulco, México*.
- 2006 – Aztec knowledge soils : classes, management ecology, in B.P. Warkentin (ed.), *Footprints in the Soil : People and Ideas in Soil History*, Elsevier, New York : 17-42.
- Williams, B. J. & C. A. Ortiz-Solorio 1981 – Middle American Folk Soil Taxonomy, *Annals of the Association of American Geographers* 71 : 335-358.
- Williams E. 2014 – Reconstructing an Ancient Aquatic Lifeway in the Lake Cuitzeo Basin, Michoacán, Mexico, *Ancient Mesoamerica*, 25 : 49-67.
- Wilson, C. A., D. A. Davidson & M. S. Cresser 2008 – Multi-element soil analysis : an assessment of its potential as an aid to archaeological interpretation, *Journal of Archaeological Science*, 35(2) : 412-24.
- Wittfogel K. A. 1957 – *Oriental Despotism : A Comparative Study of Total Power*, Yale University Press/Oxford University Press.
- Wusher P. 2003 – Trabajos realizados en la parte baja de Camposanto, en G. Pereira *et al.*, *Informe de los trabajos de campo realizados en el Cerro Barajas, Guanajuato*, octubre-diciembre de 2002, Informe en el Archivo Técnico de la Coordinación Nacional de Arqueología, INAH, Mexico.
- Xelhuantzi-López, M. S. 1994a – Estudio palinológico de cuatro sitios ubicados en la cuenca de Zacapu: fondo de la ciénega, contacto Lomas-ciénega, pantano interno y Loma Alta, en P. Petrequin (coord.) 1994 – *8000 años de la Cuenca de Zacapu : evolución de los paisajes y primeros desmontes*. CEMCA ,Mexico.

- 1994b – Análisis de susceptibilidad magnética: Punto 1 - ciénega, en P. Petrequin (coord.) 1994 – *8000 años de la Cuenca de Zacapu: evolución de los paisajes y primeros desmontes*. CEMCA, Mexico.
- 1995 – Palynologie et paléoenvironnement du bassin de Zacapu, Michoacán, Mexique, depuis 8000 ans. *Geofísica Internacional*, 34 : 239-48.
- Yamamoto Y. S. 2001 – La zona del Altiplano central en el Epiclásico. En Manzanilla L. & L. López Luján, *Historia Antigua de México, Vol. II : El horizonte Clásico*, INAH, Mexico : 347-390.
- Yokoyama R., M. Shirasawa & R. J. Pike 2002 – Visualizing topography by openness : a new application of image processing to digital elevation models, *Photogrammetric engineering and remote sensing*, 68(3) : 257-66.
- Zarky A. 1976 – Statistical Analysis of Site Catchment at Ocos, Guatemala in Flannery K. V. - *The Early Mesoamerican Village*. Academic Press, New York : 117-28.
- Zubrow E.B.W. 1974 – *Prehistoric Carrying Capacity, a Model*, Menlo Park, Cummings.
- 2005 – Simulation, in C. Renfrew & P. Bahn (eds.), *Archaeology, The Key Concepts*, Routledge, Londres et New York : 167-72.
- Zevenbergen, L.W. & C.R. Thorne 1987 – Quantitative analysis of land surface topography, *Earth Surface Processes and Landforms*, 12 : 47-56.
- Zimmer 2016 – *Réseau Vaire ou parcellaire ? L'apport du LIDAR à l'analyse des structures linéaires du site d'El Infernillo, Michoacán, Mexique (1250-1450 apr. J.C.)*, Mémoire de Master 2, Université de Paris 1.
- Zinck J. A. 1988 – *Physiography and soils. Lecture notes*, International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC), Enschede.
- 2012 – *Geopedologia. Elementos de geomorfología para estudios de suelos y de riesgos naturales*, Faculty of Geo-Information Science and Earth Observation, Enschede.
- Zinck J. A., G. Metternicht, G. Bocco & H. F. Del Valle (eds.) 2016 – *Geopedology: an integration of geomorphology and pedology for soil and landscape studies*, Springer.
- Zizumbo-Villarreal D., A. Flores-Silva & P. Colunga-García Marín 2012 – The archaic diet in Mesoamerica: Incentive for Milpa Development and Species Domestication, *Economic Botany*, 66(4) : 328-343.
- Zizumbo-Villarreal D., P. Colunga-García Marín & A. Flores-Silva 2016 – Pre-Columbian food system in West Mesoamerica, in R. Lira, A. Casas & J. Blancas (eds.), *Ethnobotany of Mexico*, Springer, New York : 67-82.

TABLE DES MATIÈRES

| | |
|---|----|
| REMERCIEMENTS..... | 2 |
| SOMMAIRE | 4 |
| INTRODUCTION..... | 7 |
| 1. DU SOL À L'AGRICULTURE PRÉHISPANIQUE : UNE OUVERTURE THÉORIQUE | 11 |
| 1.1. Conceptualiser l'espace étudié : l'agriculture comme écosystème anthropisé..... | 13 |
| 1.1.1. Agriculture | 13 |
| 1.1.2. Système agraire | 14 |
| 1.1.3. Agroécosystème | 15 |
| 1.1.4. Système agraire ou agroécosystème ?..... | 16 |
| 1.1.5. Les acteurs du système agraire..... | 16 |
| 1.2. Identifier et caractériser les paysages agraires anciens..... | 18 |
| 1.2.1. « Pour une archéologie agraire »..... | 18 |
| 1.2.2. Archéogéographie : la dynamique des paysages agraires en plan | 19 |
| 1.2.3. Pédologie et archéopédologie : sol et mouvements de matière..... | 21 |
| 1.2.4. Géopédologie appliquée à l'archéologie : cartographier les terres arables | 23 |
| 1.2.5. Pertinence de l'approche de pédologie appliquée | 24 |
| 1.2.5.1. Discontinuité de l'occupation..... | 24 |
| 1.2.5.2. Évolution du schéma d'établissement et des pratiques culturelles..... | 25 |
| 1.2.5.3. Pas de temps de la morphogénèse et de la pédogenèse | 26 |
| 1.2.5.4. La question de la fertilité théorique des sols | 27 |
| 1.3. Interroger les données : viabilité du système agraire..... | 27 |
| 1.3.1. L'expression matérielle des agricultures extensives et intensives | 28 |
| 1.3.2. Intensification agricole et pragmatisme | 29 |
| 1.3.3. L' <i>infield/outfield</i> en Mésoamérique | 31 |
| 1.3.4. Territoires d'exploitation..... | 32 |
| 1.3.5. Capacité de charge | 34 |
| 1.3.6. Viabilité et durabilité..... | 35 |
| 1.4. Synthèse du chapitre 1 | 35 |
| 2. ANTÉCÉDENTS ET PROBLÉMATIQUES DE L'ÉTUDE..... | 37 |
| 2.1. Les cadres de l'étude : localisation et antécédents des recherches dans le Centre-Nord du Michoacán..... | 38 |
| 2.1.1. Cadre géographique..... | 38 |
| 2.1.1.1. La notion de Centre-Nord et son découpage | 38 |
| 2.1.1.2. Choix de la fenêtre d'étude et du corpus | 42 |
| 2.1.2. Ethnohistoire d'un mythe, la Zacapu de la Relation de Michoacán..... | 43 |
| 2.1.3. Antécédents de la recherche archéologique à Zacapu (1887-1996)..... | 45 |
| 2.1.3.1. Études pionnières..... | 45 |
| 2.1.3.2. Michoacán I, II et Zacapu III..... | 46 |
| 2.1.3.3. De Michoacán à Uacúsecha..... | 47 |
| 2.1.4. Actualité de la recherche, Uacúsecha (2010-) et Mésomobile (2015-2018)..... | 48 |
| 2.1.4.1. Le projet Uacúsecha, aux origines du monde Tarasque | 48 |
| 2.1.4.2. Autres projets archéologiques en cours dans le Centre-Ouest | 49 |
| 2.1.4.3. Le programme Mésomobile..... | 50 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 2.2. | Évolution culturelle préhispanique dans la région de Zacapu : un état des connaissances avant 2013..... | 52 |
| 2.2.1. | Du peuplement archaïque au Classique ancien (5200 av. J.-C. - 600 apr. J.-C.) 54 | |
| 2.2.1.1. | La fin du Préclassique (100 av. J.-C.-200 apr. J.-C.)..... | 54 |
| 2.2.1.2. | Classique ancien (200-600 apr. J.-C.)..... | 55 |
| 2.2.2. | Du Classique Récent à l'Épiclassique (600-900 apr. J.-C.) | 55 |
| 2.2.2.1. | Les VII ^e et VIII ^e siècles, la phase Lupe ancien | 56 |
| 2.2.2.2. | Les VIII ^e et IX ^e siècles, de Lupe récent à La Joya..... | 57 |
| 2.2.3. | Le Postclassique (900-1522 apr. J.-C.) | 57 |
| 2.2.3.1. | Le Postclassique ancien, la phase Palacio (900-1250 apr. J.-C.)..... | 58 |
| 2.2.3.2. | Le Postclassique moyen, la phase Milpillas (1250-1450 apr. J.-C.) | 59 |
| 2.2.3.3. | Le Postclassique récent, la phase Tariácuri (1450-1522 apr. J.-C.) | 60 |
| 2.3. | Problématiques de l'étude : des stratégies agraires à la structuration des espaces | 62 |
| 2.3.1. | Dynamiques culturelles macro-régionales au Postclassique | 64 |
| 2.3.1.1. | La fluctuation de la frontière nord-occidentale de Mésoamérique..... | 64 |
| 2.3.1.2. | Émergence de l'État et production agricole | 67 |
| 2.3.2. | Zacapu au sein des dynamiques culturelles macro-régionales | 71 |
| 2.3.2.1. | <i>Lire la</i> Relation de Michoacán | 72 |
| 2.3.2.2. | Les nouveautés des centres urbains zacapenses | 73 |
| 2.3.2.3. | Zacapu et la fluctuation de la frontière nord..... | 75 |
| 2.3.2.4. | Zacapu et l'émergence de l'État tarasque..... | 77 |
| 2.3.3. | La colonisation tardive du Malpaís : nécessité de protection ou désespoir de cause ? | 79 |
| 2.3.3.1. | L'hypothèse défensive | 80 |
| 2.3.3.2. | L'hypothèse écologique..... | 81 |
| 2.3.3.3. | Objectifs de la présente étude | 83 |
| 3. | ENVIRONNEMENT DE LA RÉGION DE ZACAPU | 86 |
| 3.1. | Géologie..... | 88 |
| 3.1.1. | La place du Centre-Nord dans les dynamiques volcano-tectoniques du Centre du Mexique..... | 88 |
| 3.1.1.1. | La Ceinture Volcanique Transmexicaine (CVT) | 88 |
| 3.1.1.2. | Le Champ Volcanique Michoacán-Guanajuato (CVMG) | 89 |
| 3.1.1.3. | Systèmes de failles dans le Centre-Nord | 90 |
| 3.1.1.4. | Distribution des édifices volcaniques dans le Centre-Nord | 91 |
| 3.1.2. | Dynamiques volcano-tectoniques du Nord-Ouest du bassin de Zacapu | 91 |
| 3.1.2.1. | Le système Morelia-Acambay et la formation du bassin de Zacapu..... | 91 |
| 3.1.2.2. | Volcanisme et chronologie des éruptions de l'ouest du bassin de Zacapu..... | 92 |
| A. | Pliocène et Pléistocène ancien-moyen (5,3 Ma - 126 000 ans BP) | 94 |
| B. | Pléistocène Récent (126 000 - 12 000 ans BP)..... | 94 |
| C. | Holocène (depuis 12 000 ans BP)..... | 95 |
| 3.1.3. | Matériaux parentaux à l'ouest du bassin de Zacapu | 97 |
| 3.1.3.1. | Roches extrusives | 97 |
| 3.1.3.2. | Dépôts pyroclastiques..... | 99 |
| 3.2. | Climat..... | 101 |
| 3.2.1. | Le climat actuel du nord du Malpaís de Zacapu | 101 |
| 3.2.1.1. | Constitution du référentiel..... | 102 |
| 3.2.1.2. | Températures | 105 |

| | |
|--|-----|
| 3.2.1.3. Précipitations | 107 |
| 3.2.1.4. Évapotranspiration..... | 109 |
| 3.2.1.5. Vents dominants : vitesse et orientation..... | 111 |
| 3.2.2. Reconstruction du climat des deux derniers millénaires..... | 112 |
| 3.2.2.1. Indices paléolimnologiques dans le bassin de Zacapu | 113 |
| 3.2.2.2. Indices paléoclimatiques hors du bassin de Zacapu | 115 |
| 3.3. Hydrologie | 118 |
| 3.3.1. Hydrographie actuelle du nord du Malpaís de Zacapu..... | 118 |
| 3.3.1.1. Le cours supérieur du Rio Angulo..... | 118 |
| 3.3.1.2. Le bassin de Zacapu et ses sources..... | 120 |
| 3.3.1.3. Principaux cours d'eau temporaires au nord du Malpaís | 121 |
| 3.3.1.4. Points d'eau | 122 |
| 3.3.2. Le paléolac de Zacapu..... | 125 |
| 3.3.2.1. Brève histoire de l'évolution du paléolac de Zacapu | 125 |
| 3.3.2.2. Caractéristiques du paléolac avant le drainage..... | 127 |
| 3.4. Géomorphologie et sols de l'ouest du bassin de Zacapu | 132 |
| 3.4.1. Commentaire de la carte géomorphologique de Jean Tricart..... | 132 |
| 3.4.1.1. Les hautes terres volcaniques et le Malpaís..... | 134 |
| 3.4.1.2. Le bassin sédimentaire | 135 |
| 3.4.2. Antécédents en pédologie..... | 137 |
| 3.4.2.1. La carte pédologique de la DETENAL | 137 |
| 3.4.2.2. Éléments d'ethnopédologie à Zacapu..... | 143 |
| 3.5. Usage des sols et végétation | 150 |
| 3.5.1. Végétation actuelle du nord du Malpaís de Zacapu | 150 |
| 3.5.1.1. Forêts de chêne | 151 |
| 3.5.1.2. Prairies arbustives..... | 152 |
| 3.5.1.3. Végétation aquatique résiduelle..... | 152 |
| 3.5.1.4. La question de la végétation ancienne..... | 153 |
| 3.5.2. Usage des sols | 154 |
| 3.5.2.1. Agriculture de temporal..... | 154 |
| 3.5.2.2. Agriculture de riego par capillarité..... | 155 |
| 3.5.2.3. Agriculture de humedad | 155 |
| 3.5.2.1. Joyas et ecuaros | 156 |
| 3.6. Synthèse du chapitre 3 | 157 |
| 4. SYSTÈMES AGRAIRES PRÉHISPANIQUES DANS LES HAUTES TERRES VOLCANIQUES DU MEXIQUE CENTRAL..... | 159 |
| 4.1. Généralités sur l'agriculture dans les Hautes Terres volcaniques du Mexique central | 161 |
| 4.1.1. Écosystème cultivé et système social productif mésoaméricain | 161 |
| 4.1.1.1. L'écosystème cultivé des Hautes Terres de la CVT | 161 |
| 4.1.1.2. Le système social productif mésoaméricain..... | 162 |
| 4.1.2. Typologie des stratégies agricoles..... | 164 |
| 4.1.2.1. Arboriculture et horticulture | 164 |
| 4.1.2.2. Agriculture pluviale..... | 165 |
| 4.1.2.3. Agriculture <i>de humedad</i> | 166 |
| 4.1.2.4. Agriculture en terrasses | 167 |
| 4.1.2.5. Agriculture irriguée | 170 |
| 4.1.2.6. Agriculture de milieux humides | 171 |
| 4.1.3. La chasse, la pêche et la collecte..... | 172 |

| | |
|---|-----|
| 4.1.3.1. Collecte..... | 172 |
| 4.1.3.2. Chasse et pêche..... | 173 |
| 4.1.4. Connaissances préhispaniques des sols..... | 173 |
| 4.2. Ethnohistoire et ethnographie de l'agriculture dans le Centre-Ouest..... | 174 |
| 4.2.1. Données ethnohistoriques..... | 175 |
| 4.2.2. Données ethnographiques..... | 177 |
| 4.3. Archéologie de l'agriculture et de la subsistance dans le Centre-Ouest et à Zacapu ... | 181 |
| 4.3.1. Archéologie de l'agriculture dans le Centre-Ouest..... | 182 |
| 4.3.1.1. Aménagements agraires..... | 182 |
| 4.3.1.2. Outillage..... | 186 |
| 4.3.1.3. Preuves indirectes de l'agriculture..... | 186 |
| 4.3.2. Archéologie de la subsistance à Zacapu..... | 188 |
| 4.3.2.1. Organisation socio-spatiale et structures associées à la subsistance..... | 188 |
| 4.3.2.2. Acquisition de matières premières..... | 189 |
| 4.3.2.3. Ressources animales..... | 191 |
| 5. MÉTHODOLOGIES..... | 194 |
| 5.1. Corpus et échelles..... | 195 |
| 5.1.1. Délimitation de la fenêtre d'étude et choix du corpus..... | 195 |
| 5.1.2. Échelles d'investigation, en théorie..... | 198 |
| 5.1.2.1. Échelles archéologiques..... | 199 |
| 5.1.2.2. Échelles géopédologiques..... | 202 |
| 5.1.3. Échelles d'investigation, en pratique..... | 205 |
| 5.1.3.1. De la structure au groupe de structures..... | 205 |
| 5.1.3.2. Du site à la microrégion..... | 205 |
| 5.1.3.3. Au-delà des limites de la microrégion..... | 206 |
| 5.2. Une approche d'archéologie spatiale..... | 207 |
| 5.2.1. Prospections assistées par ordinateur (PAO)..... | 210 |
| 5.2.1.1. Prospection sur image satellite..... | 210 |
| 5.2.1.2. Prospection par traitements du MNE LiDAR..... | 213 |
| 5.2.2. Prospections de terrain..... | 225 |
| 5.2.2.1. Vérification des PAO..... | 225 |
| 5.2.2.2. Prospections GPS sous couvert végétal dense..... | 227 |
| 5.2.2.3. Enregistrement des éléments..... | 228 |
| 5.2.2.4. Ramassages de surface..... | 229 |
| 5.2.3. Cartographie sur SIG..... | 229 |
| 5.2.3.1. Considérations techniques quant aux choix de représentation des éléments..... | 229 |
| 5.2.3.2. Cartographie GPS..... | 230 |
| 5.2.3.3. Cartographie LiDAR..... | 231 |
| 5.2.3.4. Typologie des éléments anthropiques enregistrés..... | 232 |
| 5.2.3.5. Production des plans de sites..... | 234 |
| 5.2.4. Fouille..... | 235 |
| 5.2.4.1. Sélection des espaces sondées et types de sondages..... | 235 |
| 5.2.4.2. Procédures d'enregistrement..... | 237 |
| 5.2.5. Travaux de laboratoire..... | 238 |
| 5.2.5.1. Datation céramique..... | 238 |
| 5.2.5.2. Précisions des datations..... | 239 |
| 5.2.5.3. Reste du matériel..... | 240 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 5.3. | Étude des sols..... | 242 |
| 5.3.1. | Photo-interprétation géomorphologique | 242 |
| 5.3.1.1. | Photo-interprétation satellite | 243 |
| 5.3.1.2. | Interprétation des traitements LiDAR..... | 244 |
| 5.3.2. | Travaux de terrain | 247 |
| 5.3.2.1. | Observations à la tarière et sondages à l'échelle microrégionale..... | 247 |
| 5.3.2.2. | À l'échelle locale, étude d'une catena au nord du Malpaís | 248 |
| 5.3.2.3. | Creusement des sondages et description des profils..... | 250 |
| 5.3.2.4. | Procédures d'échantillonnage..... | 253 |
| 5.3.3. | Chimie et physique des sols : analyses et approximations..... | 253 |
| 5.3.3.1. | Conditionnement des échantillons « vrac » et densité apparente..... | 253 |
| 5.3.3.2. | Mesures et analyses..... | 253 |
| 5.3.4. | Classification des sols avec la WRB | 254 |
| 5.3.4.1. | Le fonctionnement de la WRB : la base de la base..... | 254 |
| 5.3.4.2. | La question des sols anthropiques | 255 |
| 5.3.4.3. | Le problème des Andosols | 256 |
| 5.3.5. | Cartographie géopédologique | 257 |
| 5.3.5.1. | Choix des niveaux de précision cartographiques | 257 |
| 5.3.5.2. | Délimitation des géoformes et numérisation..... | 258 |
| 5.3.5.3. | Construction des légendes | 260 |
| 6. | PAYSAGES GÉOPÉDOLOGIQUES AU NORD-OUEST DU BASSIN DE ZACAPU | 262 |
| 6.1. | La plaine lacustre | 264 |
| 6.1.1. | Le paléolac et ses rives | 265 |
| 6.1.1.1. | Dépôts lacustres profonds et superficiels | 265 |
| 6.1.1.2. | Rives palustres..... | 269 |
| 6.1.2. | Îles et presqu'îles..... | 272 |
| 6.1.2.1. | La coulée volcanique Pléistocène d'El Llano..... | 273 |
| 6.2. | Le piémont | 277 |
| 6.2.1. | Les coulées volcaniques du Pléistocène de Cuarún à Santa Gertrudis..... | 278 |
| 6.2.2. | La zone soulevée de l'ouest des <i>lomas</i> | 282 |
| 6.3. | Les hautes terres..... | 285 |
| 6.3.1. | Coulées volcaniques | 287 |
| 6.3.1.1. | Coulées volcaniques du Pléistocène ancien-moyen | 287 |
| ▪ | El Copalillo (El Cerrito Pelón)..... | 288 |
| ▪ | Le vallon sec de la Centeña (coulée du Copalillo)..... | 297 |
| ▪ | La Raya..... | 297 |
| ▪ | El Coyotillo-El Durazno..... | 300 |
| ▪ | Los Cuarterones | 301 |
| ▪ | Las Minas..... | 301 |
| ▪ | La Mesa El Pinal..... | 303 |
| ▪ | Synthèse pour les coulées volcaniques du Pléistocène ancien-moyen | 304 |
| 6.3.1.2. | Coulées volcaniques du Pléistocène récent | 305 |
| ▪ | El Caracol..... | 306 |
| ▪ | La Mesa del Bolsón | 309 |
| ▪ | Las Florecitas | 314 |
| ▪ | Las Joyitas de las Milpillas | 316 |
| ▪ | Las Milpillas | 317 |
| ▪ | Synthèse pour les coulées volcaniques du Pléistocène récent..... | 317 |

| | |
|---|-----|
| 6.3.1.3. Coulées volcaniques Holocène..... | 318 |
| ▪ El Infiernillo..... | 319 |
| ▪ El Capaxtiro..... | 321 |
| ▪ El Malpaís Prieto..... | 323 |
| ▪ Synthèse pour les coulées volcaniques de l’Holocène..... | 324 |
| 6.3.1.4. Synthèse pour les coulées volcaniques..... | 325 |
| 6.3.2. Cônes scoriacés, <i>maar</i> et dômes..... | 325 |
| 6.3.2.1. Cônes du Pléistocène..... | 326 |
| ▪ El Cerrito Pelón..... | 326 |
| ▪ Le cône de La Raya..... | 328 |
| ▪ Autres cônes du Pléistocène : El Coyotillo, El Durazno et Los Cuarterones..... | 329 |
| 6.3.2.2. Cônes de l’Holocène..... | 330 |
| 6.3.2.3. Le maar de la Alberca de Los Espinos..... | 331 |
| 6.3.2.4. Le complexe de dômes de Las Flores..... | 331 |
| 6.3.2.5. Synthèse pour les cônes, dômes et la maar de la Alberca..... | 332 |
| 6.3.3. Colluvions, alluvions et dépressions..... | 333 |
| 6.3.3.1. Colluvions et alluvions..... | 334 |
| 6.3.3.2. Dépressions..... | 338 |
| 6.3.3.3. Synthèse sur la morpho-pédogenèse des géoformes de dépôt..... | 340 |
| 6.4. Une synthèse de la morpho-pédogenèse des sols du nord-ouest du bassin de Zacapu..... | 341 |
| 6.4.1.1. Les hautes terres..... | 341 |
| 6.4.1.2. Les basses terres de la plaine lacustre et le piémont..... | 344 |
| 7. RÉÉVALUATION DU PEUPLEMENT PRÉHISPANIQUE DU NORD DU MALPAÍS DE ZACAPU .. | 346 |
| 7.1. Le centre urbain de Malpaís Prieto et sa périphérie..... | 348 |
| 7.1.1. Mich. 31, El Malpaís Prieto..... | 349 |
| 7.1.2. Mich. 31 Norte, au pied de Malpaís Prieto..... | 355 |
| 7.1.3. Mich. 417, El Observatorio..... | 368 |
| 7.1.4. Mich. 418, El Salto..... | 376 |
| 7.1.5. Mich. 425, La Alberca de los Espinos..... | 378 |
| 7.1.6. Mich. 426, Los Mogotitos..... | 379 |
| 7.1.7. Mich. 319, El Cerrito Pelón..... | 381 |
| 7.1.8. Mich. 68, El Caracol..... | 395 |
| 7.2. Les hautes terres occidentales..... | 412 |
| 7.2.1. Mich. 318, Las Mesa del Bolsón..... | 413 |
| 7.2.2. Mich. 317, El Malpaisillo..... | 426 |
| 7.2.3. Mich. 429, El Coyotillo I..... | 436 |
| 7.2.4. Mich. 430, La Leña..... | 437 |
| 7.2.5. Mich. 416, El Rincón del Cerro de Las Flores..... | 438 |
| 7.2.6. Mich. 427, La Mesa..... | 442 |
| 7.2.7. Mich. 428, Las Minas..... | 445 |
| 7.3. Le cœur du Malpaís, du petit enfer aux petits champs..... | 448 |
| 7.3.1. Mich. 38, El Infiernillo..... | 449 |
| 7.3.2. Mich. 439, Las Joyitas de Milpillas..... | 455 |
| 7.3.3. Mich. 95-96, Las Milpillas..... | 458 |
| 7.3.4. Mich. 440, La Mesa El Pinal..... | 466 |
| 7.4. Du piémont aux rives de l’ancien lac de Zacapu..... | 469 |
| 7.4.1. Mich. 410, La Centeña..... | 470 |
| 7.4.2. Mich. 415, Las Iglesias de Los Espinos / Cuarún..... | 475 |

| | | |
|----------|---|-----|
| 7.4.3. | Mich. 420, Los Espinos | 478 |
| 7.4.4. | Mich. 421, El Mogote de Cuarún | 483 |
| 7.4.5. | Mich. 422, La Joya del Caracol..... | 484 |
| 7.4.6. | Mich. 423 et 424, La Escondida 1 et 2..... | 487 |
| 7.5. | L'île d'El Llano, au nord-ouest du lac | 489 |
| 7.5.1. | Mich. 34-70, Las Placitas-La Rayita Oeste | 490 |
| 7.5.2. | Mich. 33-69, Coijo Norte-El Bambilete | 494 |
| 7.5.3. | Mich. 32, Coijo Sur | 496 |
| 7.5.4. | Mich. 71, Agua Santa et Mich. 72, Las Marias..... | 497 |
| 7.6. | Une idée de la démographie dans la diachronie : synthèse du chapitre 7..... | 498 |
| 7.6.1. | L'Épiclassique ou la colonisation initiale des hautes terres (600-900 apr. J.-C.) .. | 498 |
| 7.6.2. | Le Postclassique ancien ou l'exode (900-1250 apr. J.-C.) | 501 |
| 7.6.3. | Le Postclassique moyen ou l'urbanisation des hautes terres (1250-1450 apr. J.-C.) | 503 |
| 7.6.4. | Le Postclassique récent ou l'abandon généralisé | 504 |
| 7.6.5. | L'époque coloniale ou l'apparition rapide du modèle espagnol | 505 |
| 8. | SYSTÈMES AGRAIRES PRÉHISPANIQUES DU MALPAÍS DE ZACAPU | 509 |
| 8.1. | Archéologie et géopédologie : mise en regard..... | 510 |
| 8.1.1. | Fertilité des sols du nord-ouest du bassin de Zacapu | 510 |
| 8.1.1.1. | Andosols | 510 |
| 8.1.1.2. | Cambisols | 511 |
| 8.1.1.3. | Phaeozems (et Luvisols)..... | 511 |
| 8.1.1.4. | Vertisols..... | 512 |
| 8.1.1.5. | Stagnosols..... | 513 |
| 8.1.1.6. | Histosols | 513 |
| 8.1.1.7. | Regosols | 514 |
| 8.1.1.8. | Leptosols..... | 514 |
| 8.1.1.9. | Anthrosols et Technosols | 514 |
| 8.1.2. | Espaces cultivables théoriques au nord-ouest du bassin de Zacapu..... | 515 |
| 8.1.3. | Cultiver la plaine lacustre et le piémont à l'époque préhispanique..... | 517 |
| 8.1.3.1. | Cultiver les sols lacustres et palustres | 517 |
| 8.1.3.2. | Cultiver les sols des îles | 518 |
| 8.1.3.3. | Cultiver les sols du piémont | 519 |
| 8.1.4. | Cultiver les <i>malpais</i> et leurs environs à l'époque préhispanique..... | 519 |
| 8.1.4.1. | Cultiver les sols volcaniques d'altération ancienne..... | 520 |
| 8.1.4.2. | Cultiver les sols volcaniques récents ou sols téphriques | 521 |
| 8.1.4.3. | Cultiver les sols colluviques | 522 |
| 8.1.4.4. | Cultiver la roche | 524 |
| 8.2. | Une typologie des aménagements agraires préhispaniques du nord du Malpaís de Zacapu | 526 |
| 8.2.1. | Terrasses de nivellement sur versant droit et convexe..... | 529 |
| 8.2.1.1. | Terrasses de nivellement étroites..... | 529 |
| 8.2.1.2. | Terrasses de nivellement larges sur versant droit..... | 533 |
| 8.2.2. | Terrasses transversales de versant concave..... | 535 |
| 8.2.2.1. | Terrasses transversales de ravin large | 536 |
| 8.2.2.2. | Terrasses transversales de ravin étroit ou de ravine | 539 |
| 8.2.3. | Terrasses d'affleurement | 542 |

| | | |
|----------|--|-----|
| 8.2.4. | Aménagements des zones de flux lent | 544 |
| 8.2.4.1. | « Terrasses » d'épaulement | 545 |
| 8.2.4.2. | Terrasses de zone de seepage | 549 |
| 8.2.4.3. | Terrasses de pied de versant | 551 |
| 8.2.5. | Aménagements de zones chaotiques : épierrements et parcellaires | 553 |
| 8.2.5.1. | Épierrements/dégagements d'espaces plans | 557 |
| 8.2.5.2. | Parcellaires..... | 560 |
| 8.2.6. | Aménagements de zones planes | 562 |
| 8.2.6.1. | Aménagements de joyas | 562 |
| 8.2.6.2. | Digues et canaux..... | 565 |
| 8.3. | Évolution chronologique des stratégies agraires..... | 567 |
| 8.3.1. | Stratégies agraires à l'Épiclassique | 569 |
| 8.3.2. | Indices des stratégies agraires au Postclassique ancien..... | 575 |
| 8.3.3. | Stratégies agraires au Postclassique moyen | 578 |
| 8.3.4. | Impacts de l'agriculture préhispanique sur la morphogénèse des paysages zacapenses | 585 |
| 8.3.4.1. | Taux d'érosion des sols volcaniques | 586 |
| 8.3.4.2. | Ravinement et mise en culture préhispanique | 588 |
| 8.3.4.3. | La déprise agraire de la fin de l'Épiclassique..... | 589 |
| 8.3.4.4. | L'abandon définitif des cultures préhispaniques | 590 |
| 8.4. | Synthèse du chapitre 8 | 592 |
| 9. | DES PAYS PAS SI MAUVAIS | 595 |
| 9.1. | Des mauvais pays pour se protéger : de l'insécurité à la territorialité au sein du Malpaís de Zacapu | 597 |
| 9.1.1. | Stratégies de dissuasion et de défense dans le Malpaís de Zacapu | 598 |
| 9.1.1.1. | Position géographique et visibilité | 598 |
| 9.1.1.2. | Regroupement des populations et organisation interne des sites | 600 |
| 9.1.1.3. | Structures défensives | 601 |
| 9.1.1.4. | Tombes guerrières et équipement guerrier | 602 |
| 9.1.1.5. | Lésions ostéologiques..... | 603 |
| 9.1.1.6. | Marqueurs de site..... | 604 |
| 9.1.2. | Des indices de défense aux indices de territorialité : limites de l'interprétation défensive et discussion | 604 |
| 9.1.2.1. | Concurrents potentiels des centres urbains du nord du Malpaís | 605 |
| 9.1.2.2. | Indices de territorialité au Postclassique moyen..... | 608 |
| 9.1.2.3. | Mise en perspective avec les époques précédentes | 613 |
| 9.1.2.4. | Discussion et synthèse sur l'hypothèse défensive | 616 |
| 9.2. | Les terres fertiles des mauvais pays : agriculture et peuplement dans le Malpaís de Zacapu du vii ^e au xv ^e siècle apr. J.-C. | 618 |
| 9.2.1. | Appréciation et dépréciation préhispaniques des zones écologiques du nord-ouest du bassin de Zacapu | 619 |
| 9.2.1.1. | La perception indigène des malpaises | 619 |
| 9.2.1.2. | Une surestimation de l'attractivité des basses terres ? | 623 |
| 9.2.1.3. | Indices limnologiques de l'opposition entre hautes et basses terres | 625 |
| 9.2.2. | Démographie et agriculture : construction d'un modèle | 626 |
| 9.2.2.1. | Estimer la consommation : populations et diètes supposées | 627 |
| 9.2.2.2. | Estimer la production : surface cultivée archéologique, surface cultivable | 634 |
| 9.2.2.3. | Récapitulation des variables du modèle. | 645 |

| | |
|--|-----|
| 9.2.3. Tester le modèle 1 : de la surface à la population | 646 |
| 9.2.3.1. Raisonnement | 646 |
| 9.2.3.2. L'Épiclassique | 648 |
| 9.2.3.3. Le Postclassique ancien | 655 |
| 9.2.3.4. Le Postclassique moyen..... | 655 |
| 9.2.4. Tester le modèle 2 : de la population à la surface | 662 |
| 9.2.4.1. Raisonnement | 662 |
| 9.2.4.2. L'Épiclassique | 666 |
| 9.2.4.3. Le Postclassique ancien | 676 |
| 9.2.4.4. Le Postclassique moyen..... | 676 |
| 9.3. Synthèse : mise en regard entre agriculture, société, et territorialité | 687 |
| CONCLUSION | 691 |
| BIBLIOGRAPHIE | 696 |
| TABLE DES MATIÈRES | 731 |
| TABLE DES ILLUSTRATIONS | 740 |
| TABLE DES TABLEAUX..... | 745 |
| Annexe 1 – Comptage céramique | 747 |
| Annexe 2 – Surfaces cultivables par période et par type de géoforme | 769 |
| Annexe 3 – Descriptions synthétiques des profils pédologiques | 771 |
| Annexe 4 – Analyses de sols..... | 777 |
| Annexe 5 – Évaluation écologique des sols décrits | 792 |
| Annexe 5 – Répartition des aménagements agraires..... | 792 |
| Annexe 5 – Triangle des textures utilisé | 792 |
| Annexe 8 – Lexique des termes des sciences du sol utilisés..... | 797 |

TABLE DES ILLUSTRATIONS

| | |
|---|-----|
| Figure 1 - Découpage général de l'Occident du Mexique. | 39 |
| Figure 2 - Découpage de la région de Zacapu par les archéologues du projet Michoacán I..... | 40 |
| Figure 3 - Emprise de la fenêtre étudiée. En rouge, les centres urbains préhispaniques..... | 42 |
| Figure 4 - Zacapu au sein du royaume tarasque au début du XVI ^e siècle..... | 44 |
| Figure 5 - Chronologies de la région de Zacapu et des principales régions voisines mentionnées dans le présent travail..... | 53 |
| Figure 6 - Deux états de la frontière nord de Mésoamérique..... | 65 |
| Figure 7 - Estimation de la répartition des classes de terres arables dans le bassin de Pátzcuaro au Postclassique récent..... | 70 |
| Figure 8 - Comparaison de différents halls à colonnes identifiés dans l'aire Chalchihuites..... | 76 |
| Figure 9 - Détail du parement décoratif en <i>lajas</i> à Ihuatzio et à Zacapu..... | 78 |
| Figure 10 - Situation de la région de Zacapu dans la CVT et le CVMG..... | 89 |
| Figure 11 - Synthèse de la chronologie des éruptions à l'ouest du bassin de Zacapu..... | 93 |
| Figure 12 - Composition minéralogique des principales roches éruptives..... | 98 |
| Figure 13 - Carte des types de roche présents dans la zone d'étude..... | 99 |
| Figure 14 - Carte des isopaques pour les dépôts téphriques issus du volcan Parícutín..... | 100 |
| Figure 15 - Stations climatologiques et des études paléolimnologiques du Centre-Nord du Michoacán..... | 103 |
| Figure 16 - Diagrammes ombrothermiques de quatre stations aux alentours de la zone étudiée..... | 104 |
| Figure 17 - Températures moyennes annuelles de la station de Caurio de Guadalupe..... | 105 |
| Figure 18 - Nombre de jours de gel par année pour les stations de Caurio, Villa Jiménez, Zacapu et Panindícuaro..... | 106 |
| Figure 19 - Courbes des précipitations mensuelles moyennes dans et autour du bassin de Zacapu..... | 107 |
| Figure 20 - Courbe de distribution normale des valeurs de précipitations journalières durant la saison humide d'après les données des deux stations de Zacapu..... | 108 |
| Figure 21 - Nombre mensuel moyen de jours de neige et de grêle pour 8 des stations..... | 109 |
| Figure 22 - Différence ETP-précipitations et déficit théorique pour la station de Zacapu..... | 111 |
| Figure 23 - Vitesse moyenne des vents à Zacapu..... | 112 |
| Figure 24 - Direction moyenne des vents à Zacapu..... | 112 |
| Figure 25 - Synthèse des principales périodes de climat sec référencées au sein de la CVT..... | 117 |
| Figure 26 - Localisation du sous-bassin du Río Angulo au sein du réseau hydrographique du Mexique..... | 119 |
| Figure 27 - Hydrographie de la partie ouest du bassin de Zacapu et principaux bassins versants..... | 120 |
| Figure 28 - Le canal de la source de Cuarún plein est, vu depuis la faille de Villa Jiménez..... | 121 |
| Figure 29 - Vue aérienne du <i>maar</i> de la Alberca de Los Espinos..... | 123 |
| Figure 30 - Vue satellite de l'étang du Potrero Nuevo..... | 123 |
| Figure 31 - Étang temporaire au sud-est de Caurio..... | 124 |
| Figure 32 - Puits au pied de la Mesa del Bolsón..... | 125 |
| Figure 33 - Plan des infrastructures de drainage de la ciénega de Zacapu..... | 129 |
| Figure 34 - Extrait de la <i>Carte du Michoacán</i> par José A. Tellez (1884)..... | 129 |
| Figure 35 - Modélisation des courbes de niveau entre 1971 m (fond du paléolac) et 1992 m (rive supposée)..... | 130 |
| Figure 36 - Vue satellite de la partie ouest du bassin de Zacapu..... | 131 |
| Figure 37 - Reproduction ré-agencée d'un extrait de la carte géomorphologique de Jean Tricart (1992)..... | 133 |
| Figure 38 - Extrait de la carte pédologique de la DETENAL (1979a)..... | 138 |
| Figure 39 - Classification taxonomique des sols chez les Purépechas de San Francisco Pichátaro..... | 145 |
| Figure 40 - Reproduction de la carte de West (1948)..... | 146 |
| Figure 41 - Répartition de la végétation au nord du Malpaís de Zacapu..... | 150 |
| Figure 42 - Gauche : forêt de chênes après nettoyage de la végétation basse sur la coulée du Caracol. Droite : détail de la végétation basse sous forêt de chênes sur la coulée de Malpaísillo..... | 151 |
| Figure 43 - Végétation arbustive caractéristique (<i>Opuntia</i> sp.) sur la coulée du Copalillo..... | 152 |
| Figure 44 - Exemple de végétation aquatique en bordure de cultures près de la source de Cuarún..... | 153 |
| Figure 45 - Exemple de paysage agricole des hautes terres, peu après la récolte en novembre..... | 155 |
| Figure 46 - Représentations de bâton à fouir (images issues de Sahagún [1577, livre IV : 145])..... | 163 |
| Figure 47 - Exemple de la proximité des champs (<i>furrows</i>) avec les habitats sur le site de Tetimpa (Puebla)..... | 166 |
| Figure 48 - Fenêtres d'investigation..... | 197 |
| Figure 49 - Exemple de temps de parcours/distance de Mich. 31 à Mich. 23..... | 201 |
| Figure 50 - <i>Opuntia</i> sp. colonisant des structures en ruines. Photographie satellite (gauche) et de terrain (droite)..... | 211 |
| Figure 51 - Exemple de l'utilité du plug-in Dstretch sur la coulée volcanique d'El Infiernillo..... | 212 |
| Figure 52 - Cartographie des anomalies satellites..... | 213 |
| Figure 53 - Emprise de la couverture LiDAR (gauche) et densité de points (droite) ©NCALM..... | 214 |
| Figure 54 - Exemple d'ombrage en bordure du site de Mich. 31..... | 215 |
| Figure 55 - Ombrages multiples en bordure de Mich. 31..... | 216 |
| Figure 56 - Pente en bordure du site de Mich. 31..... | 217 |
| Figure 57 - Pentes reclassifiées sur Mich. 31..... | 218 |
| Figure 58 - Isohypses à 10 cm sur Mich. 31 et zoom sur J7..... | 219 |
| Figure 59 - Ouverture positive (gauche) et négative (droite) sur Mich. 31..... | 220 |
| Figure 60 - Principe de l'ouverture positive (α) et négative (β), issu de Doneus 2013..... | 220 |
| Figure 61 - RRIM sur Mich. 31..... | 221 |
| Figure 62 - Superposition de l'ouverture positive, négative et des ombrages multiples sur Mich. 31..... | 222 |

| | |
|---|-----|
| Figure 63 - LRM sur Mich. 31.. | 223 |
| Figure 64 - Sky view factor, LRM et ombrages multiples sur Mich. 31..... | 224 |
| Figure 65 - exemple de maillage et transects de prospection sous végétation dense sur le site de Mich. 317..... | 228 |
| Figure 66 - Exemple de cartographie GPS sur SIG..... | 231 |
| Figure 67 - Exemple de cartographie préliminaire LIDAR sur le site de Mich. 68 (voir texte pour la légende)..... | 232 |
| Figure 68 - Symbologie générale des plans de sites..... | 235 |
| Figure 69 - Tranchée de sondage sur une terrasse d'habitat, Mich. 319..... | 237 |
| Figure 70 - Proposition de typochronologie céramique..... | 238 |
| figure 71 - exemple de délimitation préliminaire des géoformes sur Google Earth..... | 243 |
| Figure 72 - exemple de délimitation des géoformes sur la base de la classification colorimétrique des pentes..... | 245 |
| Figure 73 - Courbures sur le cône d'El Coyotillo, avec ombrage simple sous-jacent..... | 245 |
| Figure 74 - Indice d'humidité topographique sur le plateau du Copalillo..... | 246 |
| Figure 75 - Modélisation 3D de la coulée volcanique du Caracol..... | 247 |
| Figure 76 - Utilisation de la Prückhauer..... | 248 |
| Figure 77 - Profil de la catena étudiée..... | 249 |
| Figure 78 - Exemple de table attributaire type pour la numérisation des géoformes..... | 259 |
| Figure 79 - Tonalités de couleurs utilisées pour les cartes..... | 260 |
| Figure 80 - Vue de la plaine lacustre vers l'ouest depuis le bras méridional de la coulée d'El Llano..... | 264 |
| Figure 81 - Synthèse des observations à la tarière réalisées dans la zone de Cuarún..... | 266 |
| Figure 82 - Synthèse des observations à la tarière réalisées en bordure de la coulée d'El Llano..... | 267 |
| Figure 83 - Localisation du profil P22 sur la rive du paléolac (A) et profil est (B)..... | 269 |
| Figure 84 - Synthèse des observations à la tarière réalisées sur les rives au sud de la coulée d'El Llano..... | 271 |
| Figure 85 - Interprétations de la coulée de San Antonio Tariácuri selon la DETENAL, Tricart et photographie satellite..... | 272 |
| Figure 86 - Coulée volcanique d'El Llano formant une île dans la ciénega..... | 273 |
| Figure 87 - Synthèse des observations à la tarière réalisées dans la partie orientale de la coulée d'El Llano..... | 274 |
| Figure 88 - Observations à la tarière sur le promontoire de La Punta..... | 275 |
| Figure 89 - Exemple de pierrosité dans les Vertisols du sommet de la coulée d'El Llano..... | 276 |
| Figure 90 - Vue aérienne du piémont au niveau de la source de Cuarún. crédit photographique : G. Pereira..... | 277 |
| Figure 91 - Observations à la tarière réalisées sur le piémont dans le vallon de la Centeña..... | 279 |
| Figure 92 - Possibles Terric Anthrosols mis au jour sur la coulée de Las Iglesias..... | 280 |
| Figure 93 - Classes de pentes et drainage interne théorique associé sur le pourtour de la source de Cuarún..... | 282 |
| Figure 94 - Vue aérienne de la zone lacustre soulevée au sud de notre fenêtre d'étude..... | 283 |
| Figure 95 - Vue des hautes terres, au-delà du Malpaís vers l'ouest, depuis le Cerrito Pelón..... | 285 |
| Figure 96 - Localisation des profils pédologiques sur une vue 3D (facteur z = x2) depuis l'ouest de la coulée du Copalillo..... | 294 |
| Figure 97 - Vue de la coulée du Copalillo vers le sud depuis la ligne de partage des eaux Zacapu-Zipimeo..... | 295 |
| Figure 98 - Principaux types de profil rencontrés sur la coulée du Copalillo..... | 295 |
| Figure 99 - Vue 3D Google Earth et LiDAR des coulées de La Raya, Coyotillo-Durazno, et Los Cuarterones, depuis le sud..... | 298 |
| Figure 100 - Synthèse des observations réalisées sur les coulées de La Raya et El Coyotillo-El Durazno..... | 299 |
| Figure 101 - Vue 3D Google Earth (gauche, facteur z = x2) et vue 3D LiDAR (droite, z = x2) de la coulée de Las Minas..... | 302 |
| Figure 102 - Affleurements rocheux (Nudilithic Leptosols) sur le versant sud de la coulée de Las Minas..... | 303 |
| Figure 103 - Vue 3D Google Earth (gauche) et LiDAR (droite) de la Mesa El Pinal..... | 303 |
| Figure 104 - Vue aérienne (gauche, © G. Pereira) et 3D (droite, z x2) de la coulée du Caracol..... | 307 |
| Figure 105 - P23, profil nord..... | 308 |
| Figure 106 - Vue satellite (gauche) et 3D (droite) de la coulée de la Mesa del Bolsón depuis le sud-ouest..... | 310 |
| Figure 107 - P8, profil est (gauche) et sud (droite)..... | 312 |
| Figure 108 - P20 (gauche) et P24 (droite)..... | 313 |
| Figure 109 - Vue satellite (gauche) et 3D (droite) de la coulée de Malpaísillo, depuis l'est..... | 315 |
| Figure 110 - Sol anthropique sur la coulée de Malpaísillo..... | 315 |
| Figure 111 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) de la coulée de Las Milpillas, depuis l'ouest..... | 317 |
| Figure 112 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) de la coulée d'El Infiernillo, depuis le sud-ouest..... | 320 |
| Figure 113 - Couverture pédologique sommaire colonisée par une forêt de chênes au nord de la coulée d'El Infiernillo et potentiel Leptic Technosol excavé au pied d'une plateforme soutenant une habitation préhispanique plus au sud de la coulée..... | 321 |
| Figure 114 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) de la coulée d'El Capaxtiro, depuis le sud..... | 321 |
| Figure 115 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) de la coulée du Malpaís Prieto, depuis le sud-est..... | 323 |
| Figure 116 - Tentative de reconstruction du paysage avant l'éruption de Malpaís Prieto..... | 324 |
| Figure 117 - Vue satellite (droite) et 3D (gauche) du Cerrito Pelón, depuis le sud-est..... | 327 |
| Figure 118 - Les cônes du Coyotillo et du Durazno, vus depuis le sommet du Cerrito Pelón..... | 329 |
| Figure 119 - Vue satellite (gauche) et 3D du complexe des Tres Cerritos et du cône du Capaxtiro, depuis le nord-est..... | 330 |
| Figure 120 - Zone de colluvionnement au pied du Cerrito Pelón. Vue depuis l'est..... | 333 |
| Figure 121 - Profils 2 et 5..... | 335 |
| Figure 122 - Profil-type des sols sur colluvions observés à la tarière (gauche) et exemple de <i>solum</i> très développé et intensément modifié par la main humaine au pied du Cerro de Las Flores..... | 337 |
| Figure 123 - <i>Carcavas</i> en bas de versant du Cerrito Pelón..... | 338 |
| Figure 124 - Zone en dépression entre les coulées de l'Infiernillo, du Coyotillo-Durazno, de La Raya (hors image) et de la Mesa del Bolsón. Vue depuis cette dernière vers l'ouest..... | 338 |
| Figure 125 - Exemple d'observations à la tarière dans des zones de dépression et profil P15..... | 339 |
| Figure 126 - Localisation du secteur <i>Prieto</i> | 348 |

| | |
|---|-----|
| Figure 127 - Vue aérienne de Mich. 31 depuis le nord | 349 |
| Figure 128 - Plan du parcellaire d'habitat de Mich. 31..... | 350 |
| Figure 129 - Exemple de forte densité de l'habitat sur Mich. 31..... | 351 |
| Figure 130 - réseau viaire intrasite et systèmes d'entrée est (E) et ouest (O) | 351 |
| Figure 131 - Photographie d'archive de Mich. 31N, prise depuis Mich. 31, vue vers le nord-ouest | 355 |
| Figure 132 - Secteurs de Mich. 31 Norte..... | 356 |
| Figure 133 - Secteur central de Mich. 31 Norte..... | 357 |
| Figure 134 - Secteur Est de Mich. 31 Norte | 358 |
| Figure 135 - Secteur Nord-ouest de Mich. 31 Norte..... | 359 |
| Figure 136 - Plan des sondages de l'UT60 sur 31N_008 et 31N_009..... | 361 |
| Figure 137 - Plan et profil ouest sur 31N_001..... | 362 |
| Figure 138 - Plan et profil des terrasses 31N_035 et 31N_105..... | 363 |
| Figure 139 - Carte de concentration du matériel céramique sur Mich. 31N | 365 |
| Figure 140 - Plan général de Mich. 417..... | 368 |
| Figure 141 - Groupe sondé sur Mich. 417 | 371 |
| Figure 142 - Plan de l'UT74..... | 372 |
| Figure 143 - UT 75..... | 373 |
| Figure 144 - Exemple de céramique caractéristique de la phase Milpillas retrouvée sur Mich. 417..... | 373 |
| Figure 145 - Plan et profil UT 123..... | 375 |
| Figure 146 - Mich. 418..... | 376 |
| Figure 147 - Plan de Mich. 426..... | 378 |
| Figure 148 - Plan de Mich. 426..... | 379 |
| Figure 149 - Plan du secteur Bas de Mich. 319..... | 383 |
| Figure 150 - Plan du secteur Haut de Mich. 319..... | 384 |
| Figure 151 - Colline aménagée au sommet de Mich. 319..... | 385 |
| Figure 152 - Structures circulaires de morphologie inconnue au sud de Mich. 319..... | 386 |
| Figure 153 - Profil de la terrasse 319_197..... | 387 |
| Figure 154 - Plan de la structure 319_031 et du sondage réalisé | 388 |
| Figure 155 - Profil du soubassement pyramidal 319_046..... | 389 |
| Figure 156 - Plan et profil de l'UT 115 | 391 |
| Figure 157 - Exemple de types céramiques diagnostiques des phase Lupe et Milpillas retrouvés en fouille sur Mich. 319 | 392 |
| Figure 158 - Sectorisation de Mich. 68..... | 397 |
| Figure 159 - plan du groupe A de l'Épicentre de Mich. 68 | 398 |
| Figure 160 - L'escalier 68_059 qui connecte Mich. 68 et le vallon sec..... | 399 |
| Figure 161 - plan du groupe B de l'Épicentre de Mich. 68..... | 400 |
| Figure 162 - Plan du Groupe C de Mich. 68..... | 401 |
| Figure 163 - Secteur « Point d'émission » de Mich. 68..... | 402 |
| Figure 164 - Secteur Nord-Ouest de Mich. 68..... | 403 |
| Figure 165 - Secteur Sud-Ouest de Mich. 68..... | 404 |
| Figure 166 - Secteur Sud-Est de Mich. 68..... | 405 |
| Figure 167 - sondage sur le mur sud de la structure 68_136 (UT 126)..... | 406 |
| Figure 168 - Exemple de types céramiques de la phase Tariácuri découverts en fouille sur Mich. 68..... | 407 |
| Figure 169 - tranchée de sondage dans une zone plane au pied d'un affleurement (UT 127)..... | 408 |
| Figure 170 - Localisation du secteur <i>Hautes terres occidentales</i> | 412 |
| Figure 171 - Emprise du site de Mich. 318 et principaux groupes étudiés | 414 |
| Figure 172 - Plan (partiel) du Secteur Nord de Mich. 318..... | 415 |
| Figure 173 - Plan du groupe C de Mich. 318..... | 416 |
| Figure 174 - Plan du groupe A de Mich. 318..... | 417 |
| Figure 175 - Plan du groupe B de Mich. 318..... | 418 |
| Figure 176 - Réseau de terrasses transversales de ravin sur Mich. 318 | 419 |
| figure 177 - Groupe Sud (gauche) et Ouest (droite) de Mich. 318..... | 420 |
| Figure 178 - Patios hundidos est et plateformes monumentales nord sur Mich. 318..... | 421 |
| Figure 179 - Zone présentant une organisation typique de la phase Milpillas au sud-ouest de Mich. 318..... | 421 |
| Figure 180 - emplacement des sondages sur la structure 318_033 | 423 |
| Figure 181 - Profil ouest du sondage de l'UT66..... | 424 |
| Figure 182 - Tesson collectés en surface (UT 67) sur Mich. 318, potentiellement associés aux types <i>Agropecuario</i> (1) et <i>Tres Palos</i> (2 et 3)..... | 425 |
| Figure 183 - Secteurs et groupes sur Mich. 317..... | 427 |
| Figure 184 - Plan du groupe «Pozo» de Mich. 317..... | 428 |
| Figure 185 - Secteur Centre-Nord de Mich. 317 | 429 |
| Figure 186 - Plan du groupe « Corrales » de Mich. 317..... | 430 |
| Figure 187 - Potentiel fortin au nord-ouest de Mich. 317..... | 431 |
| Figure 188 - Exemple d'organisation de l'habitat au sein de réseaux de terrasse orthonormé au sud du groupe « Pozo »..... | 432 |
| figure 189 - Plan de Mich. 429 | 436 |
| Figure 190 - Plan de Mich. 430..... | 438 |
| Figure 191 - Plan et topographie de Mich. 416 | 439 |
| Figure 192 -Plan général de Mich. 427..... | 442 |

| | |
|---|-----|
| Figure 193 - Groupes Nord-Ouest (gauche) et Sud-Est (droite) de Mich. 427 | 443 |
| Figure 194 - Plan général de Mich. 428 et opérations de terrain conduite par Quezada | 446 |
| Figure 195 - Localisation du secteur <i>Infiernillo-Milpillas</i> | 448 |
| Figure 196 - Cartographie préliminaire de Mich. 38 (structures cellulaires uniquement)..... | 450 |
| Figure 197 - Schéma organisationnel caractéristique de l'habitat du Postclassique moyen sur Mich. 38..... | 451 |
| Figure 198 - Exemple du réseau viaire sur Mich. 38 et des épierrements associés..... | 452 |
| Figure 199 - Exemple du paysage au nord de Mich. 439..... | 455 |
| Figure 200 - Exemple d'organisation sur Mich. 439 | 456 |
| Figure 201 - Cartographie préliminaire du site de Mich. 95-96..... | 459 |
| Figure 202 - Différents types de terrasses sur Mich. 95..... | 461 |
| Figure 203 - Vestiges épiclassique ? <i>Patio hundido</i> et plateformes monumentales encadrées de terrasses de nivellement | 462 |
| Figure 204 - Possible éperon fortifié à l'est de Mich. 95-96..... | 463 |
| Figure 205 - Exemple du plus important « parcellaire » à vocation agraire possible identifié au sud de la coulée d'El Infiernillo. | 463 |
| Figure 206 - Organisation de l'habitat dans la partie centrale de Mich. 440. | 467 |
| Figure 207 - Localisation du secteur <i>Piémont et rives</i> | 469 |
| Figure 208 - Plan de Mich. 410. | 471 |
| Figure 209 - Plan et profil de l'UT81 | 472 |
| Figure 210 - Plan et profil de l'UT82 | 473 |
| Figure 211 - Plan de Mich. 415. | 476 |
| Figure 212 - Différents types céramiques retrouvés en surface sur Mich. 415. | 477 |
| Figure 213 - Plan de Mich. 420 | 479 |
| Figure 214 - Tessons du groupe HORNOS et URICHU retrouvés en fouille (UT137) et en surface (UT80) à Mich. 420..... | 481 |
| Figure 215 - Plan de Mich. 422 | 485 |
| Figure 216 - Plan de Mich. 423 et 424..... | 488 |
| Figure 217 - Localisation du secteur <i>Îles</i> | 489 |
| Figure 218 - Plan de Mich. 34-70..... | 491 |
| Figure 219 - Plan de Mich. 33-69..... | 494 |
| Figure 220 - Plan de Mich. 32 | 496 |
| Figure 221 - Occupation de la fenêtre d'étude durant l'Épiclassique. | 498 |
| Figure 222 - Occupation de la fenêtre d'étude durant le Postclassique ancien. | 501 |
| Figure 223 - Occupation de la fenêtre d'étude durant le Postclassique moyen..... | 503 |
| Figure 224 - Occupation de la fenêtre d'étude durant le Postclassique récent..... | 505 |
| Figure 225 - Occupation de la fenêtre d'étude autour de 1550 apr. J.-C..... | 505 |
| Figure 226 - Potentiel agronomique théorique des sols du nord-ouest du bassin de Zacapu (avec des moyens préhispaniques). | 516 |
| Figure 227 - Pourcentage de chaque géoforme susceptible d'être mis en culture..... | 516 |
| Figure 228 - Schéma des terrasses de nivellement étroites..... | 529 |
| Figure 229 - Exemples LiDAR de terrasses de nivellement étroites..... | 531 |
| Figure 230 - Schéma des terrasses de nivellement larges. | 533 |
| Figure 231 - Exemple LiDAR de terrasses de nivellement larges sur Mich. 319 et photographie de l'UT115 en cours de fouille.. | 534 |
| Figure 232 - Schéma des terrasses transversales de ravin large | 536 |
| Figure 233 - Exemple LiDAR de terrasses transversales de ravin large (Mich. 318)..... | 537 |
| Figure 234 - Schéma des terrasses transversales de ravines. | 539 |
| Figure 235 - Exemple LiDAR de terrasses transversales de ravines inscrites dans la continuité d'un réseau de terrasses de nivellement étroites (Mich. 440). | 540 |
| Figure 236 - Schéma des terrasses d'affleurement. | 542 |
| Figure 237 - Exemple LiDAR de terrasses d'affleurement sur rides de pression (Mich. 68). | 543 |
| Figure 238 - Schéma des « terrasses » d'épaulement..... | 545 |
| Figure 239 - Exemple LiDAR de « terrasses » d'épaulement sur Mich. 417 et photographie en cours de fouille sur Mich. 31N .. | 545 |
| Figure 240 - Schéma des terrasses de <i>seepage</i> | 549 |
| Figure 241 - Exemple LiDAR de terrasses de <i>seepage</i> sur le versant nord-est du Caracol, en contrebas du groupe A de Mich. 68. | 550 |
| Figure 242 - Schéma des terrasses de pied de versant. | 551 |
| Figure 243 - Exemple LiDAR de terrasses de pied de versant (1, 2, 3 et 4) dans une <i>joya</i> entre la coulée de Malpaísillo au sud et du Coyotillo/Durazno au nord..... | 552 |
| Figure 244 - Exemple LiDAR d'un des principaux réseaux d'épierrements/dégagements sur Mich. 38 et photographie de terrain d'un exemplaire de grande dimensions après un feu de forêt..... | 554 |
| Figure 245 - Vue 3D d'un réseau d'épierrements sur Mich. 38, schéma hypothétique de leur morphologie et profil à partir des données LiDAR. | 557 |
| Figure 246 - Traitement LiDAR (SVF+LRM+MHS) des épierrements du sud de la coulée d'El Infiernillo et profil. | 558 |
| Figure 247 - Exemple LiDAR de parcellaire large au sommet du Caracol (Mich. 68) et de parcellaire étroit sur Mich. 439..... | 560 |
| Figure 248 - Exemple de <i>joya</i> encore cultivée actuellement à la charrue à cheval sur la coulée du Caracol (Mich. 422). | 563 |
| Figure 249 - Exemple de structures quadrangulaires régulièrement espacées au milieu de <i>joyas</i> sur le Caracol (Mich. 68)..... | 564 |
| Figure 250 - Espaces cultivés à l'Épiclassique. | 569 |
| Figure 251 - Simulation du ruissellement (SAGAGIS) avant la mise en place du flux de Malpaís Prieto et après | 572 |
| Figure 252 - Espaces cultivés au Postclassique ancien..... | 575 |
| Figure 253 - Espaces cultivés au Postclassique moyen..... | 579 |

| | |
|---|-----|
| Figure 254 - Densité de structures en phase Milpillas (dans un rayon de 2 km)..... | 610 |
| Figure 255 - Champs de vision des centres urbains..... | 611 |
| Figure 256 - Temps de parcours entre les centres urbains du Postclassique moyen. | 612 |
| Figure 257 - Densité de structures (habitats) en phase Lupe (rayon de 2 km). | 614 |
| Figure 258 - Réseau d'intervisibilité en phase Lupe..... | 615 |
| Figure 259 - Illustration LiDAR de la différence entre les maisons quadrangulaires de l'Épiclassique et du Postclassique moyen..... | 629 |
| Figure 260 - Surface cultivée archéologique considérée dans le cas d'étude | 649 |
| Figure 261 - Évolution de la population de Mich. 318 en fonction d'un accroissement naturel de 0,2%, mise en regard avec la population potentiellement sustentée par l'exploitation de la Mesa del Bolsón. | 652 |
| Figure 262 - Évolution de la population épiclassique en fonction d'un accroissement naturel de 0,2%, mise en regard avec la population potentiellement sustentée par l'exploitation des surfaces cultivées archéologiques. | 654 |
| Figure 263 - Surface cultivée archéologique pour le cas de Mich. 31. | 656 |
| Figure 264 - Évolution de la population de Mich. 31 et environs (accroissement naturel de 0,2%) mise en regard avec la population potentiellement sustentée par l'exploitation des surfaces cultivées archéologiques. | 659 |
| Figure 265 - Territoire d'exploitation agricole de Mich. 318. | 668 |
| Figure 266 - Diagramme comparatif de la production théorique en fonction de la consommation supposée pour Mich. 318. | 669 |
| Figure 267 - Territoires d'exploitation agricoles cumulés de l'Épiclassique..... | 671 |
| Figure 268 - Diagramme comparatif de la production théorique en fonction de la consommation supposée pour l'Épiclassique. | 672 |
| Figure 269 - Temps de parcours théoriques depuis les principaux sites résidentiels épiclassiques vers leurs environs..... | 673 |
| Figure 270 - Territoires partagés et non partagés à l'Épiclassique. | 675 |
| Figure 271 - Territoire d'exploitation agricole théorique de Mich. 31. | 678 |
| Figure 272 - Diagramme comparatif de la production théorique en fonction de la consommation supposée pour Mich. 31 et ses environs..... | 678 |
| Figure 273 - Territoires d'exploitation agricoles cumulés du Postclassique moyen. | 681 |
| Figure 274 - Diagramme comparatif de la production théorique en fonction de la consommation supposée pour le Postclassique moyen..... | 681 |
| Figure 275 - Territoires d'exploitation agricoles au Postclassique moyen, en considérant des frontières tacites entre les trois centres urbains du nord du Malpaís. | 684 |

TABLE DES TABLEAUX

| | |
|---|-----|
| Tableau 1 - Chronologie de la formation des édifices volcaniques à l'ouest du bassin de Zacapu | 96 |
| Tableau 2 - Stations climatiques utilisées pour le référentiel..... | 104 |
| Tableau 3 - Occurrences moyennes annuelles des jours pluvieux en fonction de l'intensité de l'apport hydrique..... | 108 |
| Tableau 4 - Valeurs moyennes mensuelles d'ETP pour différentes stations de la région de Zacapu..... | 111 |
| Tableau 5 - Géofomes identifiées par Tricart dans les hautes terres et dénominations équivalentes dans la présente étude. | 135 |
| Tableau 6 - Géofomes identifiées par Tricart dans le bassin lacustre et son pourtour et dénominations équivalentes | 136 |
| Tableau 7 - Exemples de processus fréquents, de gestion du sol, et de modifications des propriétés pédologiques documentés dans différents types d'agriculture en terrasses anciennes ou traditionnelles..... | 169 |
| Tableau 8 - Nombre de sites archéologiques par secteurs à l'initiation de notre travail de thèse et actuellement..... | 198 |
| Tableau 9 - chronologie des opérations | 207 |
| Tableau 10 - Synthèse des opérations et sources de données exploitées..... | 209 |
| Tableau 11 - Reclassification des pentes | 218 |
| Tableau 12 - Typologie des éléments enregistrés | 234 |
| Tableau 13 - Résumé des sondages à caractère pédologique entrepris | 250 |
| Tableau 14 - Analyses pratiquées | 254 |
| Tableau 15 - Surface représentée par chaque groupes de géofomes..... | 263 |
| Tableau 16 - Caractéristiques physiques de P22..... | 270 |
| Tableau 17 - Estimation de la CEC et du taux de saturation en bases de P22..... | 270 |
| Tableau 18 - Principaux paramètres morphométriques et volumes émis pour les édifices compris dans la fenêtre d'étude..... | 286 |
| Tableau 19 - Caractéristiques physiques des profils pédologiques décrits sur la coulée du Copalillo (1/2). | 289 |
| Tableau 20 - Caractéristiques physiques des profils archéologiques décrits sur la coulée du Copalillo (2/2)..... | 290 |
| Tableau 21 - Caractéristiques chimiques des profils pédologiques décrits sur la coulée du Copalillo (1/2). | 291 |
| Tableau 22 - Caractéristiques chimiques des profils archéologiques décrits sur la coulée du Copalillo (2/2). | 292 |
| Tableau 23 - Capacité d'échange cationique et saturation en bases des profils de la coulée du Copalillo..... | 293 |
| Tableau 24 - Classification des sols décrits sur la coulée du Copalillo..... | 294 |
| Tableau 25 - Caractéristiques physiques de P23..... | 308 |
| Tableau 26 - Estimations des caractéristiques chimiques de P23, capacité d'échange cationique et saturation des bases..... | 309 |
| Tableau 27 - Caractéristiques physiques de P8..... | 310 |
| Tableau 28 - Caractéristiques chimiques de P8. | 311 |
| Tableau 29 - Capacité d'échange cationique et saturation en bases au sein de P8..... | 311 |
| Tableau 30 - Caractéristiques physiques des profils P20 et P24. | 313 |
| Tableau 31 - Caractéristiques chimiques, CEC, et saturation en bases estimées de P20 et P24. | 313 |
| Tableau 32 - Caractéristiques physiques des sols développés sur colluvions. | 334 |
| Tableau 33 - Caractéristiques chimiques des sols développés sur colluvions..... | 334 |
| Tableau 34 - Capacité d'échange cationique et saturation en bases des sols développés sur colluvions. | 335 |
| Tableau 35 - Liste des personnes impliquées dans la collecte des données présentées dans le chapitre 7..... | 347 |
| Tableau 36 - Estimation de la population en phase Lupe..... | 506 |
| Tableau 37 - Estimation de la population en phase La Joya. | 506 |
| Tableau 38 - Estimation de la population en phase Palacio. | 507 |
| Tableau 39 - Estimation de la population en phase Milpillás. | 507 |
| Tableau 40 - Estimation de la population en phase Tariácuri. | 507 |
| Tableau 41 - Estimation de la population à l'époque du contact..... | 507 |
| Tableau 42 - Méthodes d'études des aménagements agraires..... | 526 |
| Tableau 43 - Typologie des aménagements agraires étudiés : synthèse (1/2)..... | 527 |
| Tableau 44 - Typologie des aménagements agraires étudiés : synthèse (2/2)..... | 528 |
| Tableau 45 - Estimation des surfaces cultivées à l'Épiclassique..... | 570 |
| Tableau 46 - Estimation des surfaces cultivées au Postclassique ancien. | 576 |
| Tableau 47 - Estimation des surfaces cultivées au Postclassique moyen..... | 579 |
| Tableau 48 - Référentiel utilisé pour les taux d'érosion des sols téphriques..... | 587 |
| Tableau 49 - Synthèse des indices d'insécurité à l'Épiclassique et au Postclassique moyen | 604 |
| Tableau 50 - Visibilité des centres urbains entre eux..... | 611 |
| Tableau 51 - Part des principaux aliments dans la diète préhispanique selon différentes sources. | 631 |
| Tableau 52 - Quantité de maïs consommée par personne et par jour..... | 632 |
| Tableau 53 - Consommation en maïs selon la période..... | 633 |
| Tableau 54 - Rappel de l'estimation des surfaces cultivées en fonction de la surface totale cultivable de la fenêtre d'étude..... | 635 |
| Tableau 55 - Synthèse des rendements compilés dans les travaux ethnographiques dans le nord du Michoacán. | 639 |
| Tableau 56 - Rendements préhispaniques hypothétiques..... | 645 |
| Tableau 57 - Rendements en maïs hypothétiques selon la période. | 647 |
| Tableau 58 - Population potentiellement sustentée pour chaque période..... | 647 |
| Tableau 59 - Population potentiellement sustentée par la production agricole de la Mesa del Bolsón. | 648 |
| Tableau 60 - Population potentiellement sustentée sur Mich. 318 en considérant la jachère et les pertes liées au stockage. | 650 |
| Tableau 61 - Pourcentage d'occupation du site de Mich. 318. | 651 |

| | |
|---|-----|
| Tableau 62 - Population potentiellement sustentée à l'Épiclassique à partir de l'exploitation des surfaces cultivées archéologiques. | 653 |
| Tableau 63 - Pourcentage d'occupation théorique à l'Épiclassique. | 654 |
| Tableau 64 - Population potentiellement sustentée par la production agricole du plateau du Copalillo. | 657 |
| Tableau 65 - Population potentiellement sustentée à l'Épiclassique à partir de l'exploitation des surfaces cultivées archéologiques. | 657 |
| Tableau 66 - Pourcentage d'occupation contemporaine théorique dans Mich. 31 et son <i>hinterland</i> . | 658 |
| Tableau 67 - Population potentiellement sustentée au Postclassique moyen sur la base des surfaces cultivées archéologiques. | 660 |
| Tableau 68 - Population contemporaine théorique par période. | 663 |
| Tableau 69 - Occupation contemporaine théorique de Mich. 318 et consommation en maïs associée. | 667 |
| Tableau 70 - Production théorique au sein du territoire d'exploitation agricole de Mich. 318. | 668 |
| Tableau 71 - Pourcentage théorique d'occupation contemporaine des structures d'habitat à l'Épiclassique. | 670 |
| Tableau 72 - Production en maïs théorique dans le territoire d'exploitation en fonction des pertes et des jachères. | 671 |
| Tableau 73 - Surface cultivée nécessaire par site à l'Épiclassique. | 674 |
| Tableau 74 - Occupation contemporaine théorique de Mich. 31 et le plateau du Copalillo et consommation en maïs associée. | 677 |
| Tableau 75 - Production théorique au sein du territoire d'exploitation agricole de Mich. 31. | 677 |
| Tableau 76 - Pourcentage théorique d'occupation contemporaine des structures d'habitat au Postclassique moyen. | 680 |
| Tableau 77 - Production en maïs théorique dans le territoire d'exploitation en fonction des pertes et des jachères. | 680 |
| Tableau 78 - Production moyenne par site (2h de marche aller-retour) en fonction de leur consommation moyenne selon le pourcentage de contemporanéité des habitats. | 684 |

Annexe 1 – Comptage céramique

| Site | UT | US | Type | NdR |
|-----------|------|--------------|------------------------------------|-----|
| Mich.31 N | UT60 | 600 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT60 | 600 | Indéterminés ou érodés | 71 |
| Mich.31 N | UT60 | 600 | <i>Malpaís</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT60 | 600 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT60 | 600 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 39 |
| Mich.31 N | UT60 | 600 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT60 | 600 | <i>Zacapu alisado</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT60 | 600 | <i>Zacapu bruñido</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT60 | 600 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT60 | Total US 600 | | 142 |
| Mich.31 N | UT60 | 601 | Indéterminés ou érodés | 201 |
| Mich.31 N | UT60 | 601 | <i>Malpaís</i> | 28 |
| Mich.31 N | UT60 | 601 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 47 |
| Mich.31 N | UT60 | 601 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 54 |
| Mich.31 N | UT60 | 601 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 34 |
| Mich.31 N | UT60 | 601 | <i>Prieto pulido rojo negativo</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT60 | 601 | <i>Zacapu bruñido</i> | 13 |
| Mich.31 N | UT60 | 601 | <i>Zacapu tosco</i> | 28 |
| Mich.31 N | UT60 | Total US 601 | | 406 |
| Mich.31 N | UT60 | 602 | Indéterminés ou érodés | 29 |
| Mich.31 N | UT60 | 602 | <i>Malpaís</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT60 | 602 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT60 | 602 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 9 |
| Mich.31 N | UT60 | 602 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 10 |
| Mich.31 N | UT60 | 602 | <i>Zacapu bruñido</i> | 10 |
| Mich.31 N | UT60 | 602 | <i>Zacapu tosco</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT60 | Total US 602 | | 76 |
| Mich.31 N | UT60 | 603 | Indéterminés ou érodés | 22 |
| Mich.31 N | UT60 | 603 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT60 | 603 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 5 |
| Mich.31 N | UT60 | 603 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT60 | 603 | <i>Prieto pulido rojo negativo</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT60 | 603 | <i>Zacapu bruñido</i> | 15 |
| Mich.31 N | UT60 | 603 | <i>Zacapu tosco</i> | 8 |
| Mich.31 N | UT60 | Total US 603 | | 62 |
| Mich.31 N | UT60 | 604 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT60 | 604 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT60 | 604 | <i>Zacapu tosco</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT60 | Total US 604 | | 4 |
| Mich.31 N | UT61 | 605 | <i>Hornos inciso</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT61 | 605 | Indéterminés ou érodés | 18 |
| Mich.31 N | UT61 | 605 | <i>Malpaís</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT61 | 605 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT61 | 605 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 4 |
| Mich.31 N | UT61 | 605 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT61 | 605 | <i>Zacapu bruñido</i> | 15 |
| Mich.31 N | UT61 | 605 | <i>Zacapu café</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT61 | 605 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT61 | Total US 605 | | 56 |
| Mich.31 N | UT62 | 606 | Indéterminés ou érodés | 45 |
| Mich.31 N | UT62 | 606 | <i>Lupe punzonado</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT62 | 606 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT62 | 606 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 4 |
| Mich.31 N | UT62 | 606 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT62 | 606 | <i>Zacapu bruñido</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT62 | Total US 606 | | 65 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|-----------|------|--------------|-------------------------------|-----|
| Mich.31 N | UT63 | 608 | Indéterminés ou érodés | 23 |
| Mich.31 N | UT63 | 608 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT63 | 608 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT63 | 608 | <i>Zacapu tosco</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT63 | Total US 608 | | 33 |
| Mich.31 N | UT63 | 609 | Indéterminés ou érodés | 15 |
| Mich.31 N | UT63 | 609 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT63 | 609 | <i>Romita Sgraffito</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT63 | Total US 609 | | 17 |
| Mich.31 N | UT63 | 611 | Indéterminés ou érodés | 105 |
| Mich.31 N | UT63 | 611 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT63 | 611 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT63 | 611 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 10 |
| Mich.31 N | UT63 | 611 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 17 |
| Mich.31 N | UT63 | 611 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 20 |
| Mich.31 N | UT63 | 611 | <i>Zacapu bruñido</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT63 | Total US 611 | | 161 |
| Mich.31 N | UT84 | 728 | Indéterminés ou érodés | 163 |
| Mich.31 N | UT84 | 728 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 11 |
| Mich.31 N | UT84 | Total US 728 | | 174 |
| Mich.31 N | UT84 | 729 | Indéterminés ou érodés | 45 |
| Mich.31 N | UT84 | 729 | <i>Malpaís</i> | 9 |
| Mich.31 N | UT84 | 729 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 5 |
| Mich.31 N | UT84 | 729 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 4 |
| Mich.31 N | UT84 | 729 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT84 | 729 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT84 | 729 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT84 | Total US 729 | | 68 |
| Mich.31 N | UT85 | 730 | Indéterminés ou érodés | 9 |
| Mich.31 N | UT85 | 730 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT85 | Total US 730 | | 10 |
| Mich.31 N | UT85 | 731 | Indéterminés ou érodés | 14 |
| Mich.31 N | UT85 | 731 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT85 | 731 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT85 | 731 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 4 |
| Mich.31 N | UT85 | 731 | <i>Zacapu bruñido</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT85 | 731 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT85 | Total US 731 | | 26 |
| Mich.31 N | UT86 | 733 | Indéterminés ou érodés | 15 |
| Mich.31 N | UT86 | Total US 733 | | 15 |
| Mich.31 N | UT88 | 734 | Indéterminés ou érodés | 7 |
| Mich.31 N | UT88 | 734 | <i>Romita Sgraffito</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT88 | Total US 734 | | 8 |
| Mich.31 N | UT88 | 735 | Indéterminés ou érodés | 1 |
| Mich.31 N | UT88 | Total US 735 | | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Carupo rojo</i> | 4 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Cienega rojo</i> | 16 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | Indéterminés ou érodés | 149 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>La Joya rojo</i> | 17 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Lupe inciso</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Lupe pulido</i> | 21 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Malpaís</i> | 22 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | 736 | <i>Zacapu tosco</i> | 21 |
| Mich.31 N | UT89 | Total US 736 | | 274 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|-----------|------|--------------|------------------------------------|-----|
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Carupo rojo</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Cienega rojo</i> | 5 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | Indéterminés ou érodés | 143 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>La Joya rojo</i> | 11 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Lupe pulido</i> | 21 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Malpaís</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 4 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Zacapu pulido</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT89 | 737 | <i>Zacapu tosco</i> | 14 |
| Mich.31 N | UT89 | Total US 737 | | 218 |
| Mich.31 N | UT89 | 738 | Indéterminés ou érodés | 42 |
| Mich.31 N | UT89 | 738 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT89 | 738 | <i>Malpaís</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT89 | 738 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT89 | 738 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | Total US 738 | | 51 |
| Mich.31 N | UT89 | 739 | Indéterminés ou érodés | 8 |
| Mich.31 N | UT89 | 739 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT89 | 739 | <i>Romita Sgraffito</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT89 | Total US 739 | | 16 |
| Mich.31 N | UT89 | 740 | Indéterminés ou érodés | 5 |
| Mich.31 N | UT89 | 740 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | 740 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | 740 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | Total US 740 | | 8 |
| Mich.31 N | UT89 | 742 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT89 | 742 | Indéterminés ou érodés | 16 |
| Mich.31 N | UT89 | 742 | <i>La Joya rojo</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT89 | 742 | <i>Lupe pulido</i> | 4 |
| Mich.31 N | UT89 | 742 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT89 | 742 | <i>Zacapu tosco</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT89 | Total US 742 | | 32 |
| Mich.31 N | UT90 | 741 | Indéterminés ou érodés | 10 |
| Mich.31 N | UT90 | 741 | <i>Romita Sgraffito</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT90 | 741 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT90 | Total US 741 | | 17 |
| Mich.31 N | UT92 | 743 | <i>Cienega rojo</i> | 9 |
| Mich.31 N | UT92 | 743 | Indéterminés ou érodés | 16 |
| Mich.31 N | UT92 | Total US 743 | | 25 |
| Mich.31 N | UT92 | 745 | Indéterminés ou érodés | 9 |
| Mich.31 N | UT92 | 745 | <i>Romita Sgraffito</i> | 5 |
| Mich.31 N | UT92 | Total US 745 | | 14 |
| Mich.31 N | UT92 | 753 | <i>Pipa</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT92 | Total US 753 | | 1 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | <i>Hornos pulido</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | Indéterminés ou érodés | 174 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | <i>La Joya rojo</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | <i>Malpaís</i> | 19 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 17 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 51 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 40 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | <i>Prieto pulido rojo negativo</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | <i>Zacapu bruñido</i> | 55 |
| Mich.31 N | UT92 | 1137 | <i>Zacapu tosco</i> | 21 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|-----------|------|---------------|---|-----|
| Mich.31 N | UT92 | Total US 1137 | | 383 |
| Mich.31 N | UT92 | 1138 | Indéterminés ou érodés | 43 |
| Mich.31 N | UT92 | 1138 | <i>Malpaís</i> | 4 |
| Mich.31 N | UT92 | 1138 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT92 | 1138 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 7 |
| Mich.31 N | UT92 | 1138 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 6 |
| Mich.31 N | UT92 | 1138 | <i>Zacapu bruñido</i> | 23 |
| Mich.31 N | UT92 | 1138 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.31 N | UT92 | Total US 1138 | | 89 |
| Mich.31 N | UT92 | 1139 | Indéterminés ou érodés | 341 |
| Mich.31 N | UT92 | 1139 | <i>Malpaís</i> | 19 |
| Mich.31 N | UT92 | 1139 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 38 |
| Mich.31 N | UT92 | 1139 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 71 |
| Mich.31 N | UT92 | 1139 | <i>Pipa</i> | 1 |
| Mich.31 N | UT92 | 1139 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 50 |
| Mich.31 N | UT92 | 1139 | <i>Romita Sgraffito</i> | 2 |
| Mich.31 N | UT92 | 1139 | <i>Zacapu bruñido</i> | 153 |
| Mich.31 N | UT92 | 1139 | <i>Zacapu tosco</i> | 71 |
| Mich.31 N | UT92 | Total US 1139 | | 746 |
| Mich.317 | UT68 | 634 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 634 | <i>Cienega rojo</i> | 2 |
| Mich.317 | UT68 | 634 | Indéterminés ou érodés | 7 |
| Mich.317 | UT68 | 634 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 634 | <i>Palacio pulido</i> | 2 |
| Mich.317 | UT68 | Total US 634 | | 13 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Carupo rojo</i> | 43 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Cienega rojo</i> | 77 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Hornos pulido</i> | 7 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | Indéterminés ou érodés | 257 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>La Joya rojo</i> | 34 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Loma Alta inciso</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Lupe inciso</i> | 12 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Lupe pulido</i> | 27 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Palacio pulido</i> | 21 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 3 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Urichu rojo sobre bayo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 635 | <i>Urichu rojo sobre bayo punzonado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | Total US 635 | | 485 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Carupo rojo</i> | 55 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Cienega rojo</i> | 201 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Hornos pulido</i> | 19 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | Indéterminés ou érodés | 354 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>La Joya rojo</i> | 104 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Lupe acanalado</i> | 4 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Lupe inciso</i> | 26 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Lupe pulido</i> | 38 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Lupe punzonado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Palacio pulido</i> | 30 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Urichu rojo sobre bayo punzonado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 636 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | Total US 636 | | 835 |
| Mich.317 | UT68 | 637 | <i>Carupo rojo</i> | 17 |
| Mich.317 | UT68 | 637 | <i>Cienega rojo</i> | 79 |
| Mich.317 | UT68 | 637 | <i>Hornos pulido</i> | 15 |
| Mich.317 | UT68 | 637 | Indéterminés ou érodés | 180 |
| Mich.317 | UT68 | 637 | <i>La Joya rojo</i> | 56 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|------|--------------|---|-----|
| Mich.317 | UT68 | 637 | <i>Lupe acanalado</i> | 2 |
| Mich.317 | UT68 | 637 | <i>Lupe inciso</i> | 18 |
| Mich.317 | UT68 | 637 | <i>Lupe pulido</i> | 12 |
| Mich.317 | UT68 | 637 | <i>Palacio pulido</i> | 9 |
| Mich.317 | UT68 | 637 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | Total US 637 | | 389 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Carupo rojo</i> | 19 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Cienega rojo</i> | 59 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Hornos pulido</i> | 5 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | Indéterminés ou érodés | 133 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>La Joya rojo</i> | 44 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Loma Alta inciso</i> | 2 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Lupe acanalado</i> | 4 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Lupe inciso</i> | 9 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Lupe pulido</i> | 18 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Palacio pulido</i> | 4 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Retocado</i> | 3 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Urichu rojo sobre bayo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 638 | <i>Urichu rojo sobre bayo punzonado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | Total US 638 | | 302 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | <i>Carupo rojo</i> | 3 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | <i>Cienega rojo</i> | 44 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | <i>Hornos pulido</i> | 5 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | Indéterminés ou érodés | 126 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | <i>La Joya rojo</i> | 32 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | <i>Loma Alta inciso</i> | 2 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | <i>Lupe acanalado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | <i>Lupe inciso</i> | 11 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | <i>Lupe pulido</i> | 38 |
| Mich.317 | UT68 | 639 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | Total US 639 | | 263 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | <i>Carupo rojo</i> | 5 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | <i>Cienega rojo</i> | 13 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | Indéterminés ou érodés | 71 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | <i>La Joya rojo</i> | 14 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | <i>Loma Alta inciso</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | <i>Lupe acanalado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | <i>Lupe inciso</i> | 2 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | <i>Lupe pulido</i> | 26 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | 640 | <i>Zacapu café</i> | 1 |
| Mich.317 | UT68 | Total US 640 | | 135 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Carupo rojo</i> | 35 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Cienega rojo</i> | 67 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Hornos pulido</i> | 3 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | Indéterminés ou érodés | 204 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>La Joya rojo</i> | 49 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Loma Alta inciso</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Lupe acanalado</i> | 2 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Lupe inciso</i> | 9 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Lupe pulido</i> | 44 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Malpaís</i> | 4 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 3 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Palacio pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 3 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Urichu rojo sobre bayo</i> | 2 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Urichu rojo sobre bayo punzonado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | 650 | <i>Zacapu toscó</i> | 2 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|------|--------------|---|-----|
| Mich.317 | UT69 | Total US 650 | | 430 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Carupo rojo</i> | 14 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Cienega rojo</i> | 58 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Hornos pulido</i> | 8 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | Indéterminés ou érodés | 250 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>La Joya rojo</i> | 41 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Loma Alta inciso</i> | 4 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Lupe acanalado</i> | 2 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Lupe inciso</i> | 6 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Lupe pulido</i> | 27 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 7 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Palacio pulido</i> | 4 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Urichu rojo sobre bayo</i> | 2 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | 652 | <i>Zacapu tosco</i> | 4 |
| Mich.317 | UT69 | Total US 652 | | 432 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>Carupo rojo</i> | 4 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>Cienega rojo</i> | 25 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | Indéterminés ou érodés | 72 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>La Joya rojo</i> | 16 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>Lupe acanalado</i> | 2 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>Lupe inciso</i> | 2 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>Lupe pulido</i> | 4 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>Tecomate rojo brunido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | 654 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.317 | UT69 | Total US 654 | | 129 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Carupo rojo</i> | 8 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Cienega rojo</i> | 18 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Hornos pulido</i> | 2 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | Indéterminés ou érodés | 84 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>La Joya rojo</i> | 16 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Lupe pulido</i> | 6 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 6 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Palacio pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Urichu rojo sobre bayo punzonado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | 651 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | Total US 651 | | 147 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Carupo rojo</i> | 25 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Cienega rojo</i> | 56 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Hornos pulido</i> | 7 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | Indéterminés ou érodés | 223 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>La Joya rojo</i> | 66 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Lupe acanalado</i> | 2 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Lupe inciso</i> | 15 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Lupe pulido</i> | 43 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Malpaís</i> | 3 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 13 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 3 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Urichu rojo sobre bayo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | 653 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | Total US 653 | | 458 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|------|--------------|------------------------------|-----|
| Mich.317 | UT70 | 655 | <i>Carupo rojo</i> | 12 |
| Mich.317 | UT70 | 655 | <i>Cienega rojo</i> | 24 |
| Mich.317 | UT70 | 655 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | 655 | Indéterminés ou érodés | 54 |
| Mich.317 | UT70 | 655 | <i>La Joya rojo</i> | 16 |
| Mich.317 | UT70 | 655 | <i>Lupe inciso</i> | 7 |
| Mich.317 | UT70 | 655 | <i>Lupe pulido</i> | 22 |
| Mich.317 | UT70 | 655 | <i>Lupe tapadera</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | 655 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | 655 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT70 | Total US 655 | | 139 |
| Mich.317 | UT77 | 649 | <i>Cienega rojo</i> | 12 |
| Mich.317 | UT77 | 649 | Indéterminés ou érodés | 25 |
| Mich.317 | UT77 | 649 | <i>La Joya rojo</i> | 5 |
| Mich.317 | UT77 | 649 | <i>Lupe pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 649 | | 43 |
| Mich.317 | UT77 | 684 | <i>Carupo rojo</i> | 7 |
| Mich.317 | UT77 | 684 | <i>Cienega rojo</i> | 6 |
| Mich.317 | UT77 | 684 | Indéterminés ou érodés | 31 |
| Mich.317 | UT77 | 684 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 684 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 684 | <i>Lupe pulido</i> | 5 |
| Mich.317 | UT77 | 684 | <i>Romita Sgraffito</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 684 | <i>Zacapu bruñido</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 684 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 684 | | 61 |
| Mich.317 | UT77 | 685 | Indéterminés ou érodés | 14 |
| Mich.317 | UT77 | 685 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 13 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 685 | | 27 |
| Mich.317 | UT77 | 686 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 686 | Indéterminés ou érodés | 3 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 686 | | 4 |
| Mich.317 | UT77 | 687 | <i>Cienega rojo</i> | 8 |
| Mich.317 | UT77 | 687 | Indéterminés ou érodés | 14 |
| Mich.317 | UT77 | 687 | <i>La Joya rojo</i> | 12 |
| Mich.317 | UT77 | 687 | <i>Lupe acanalado</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 687 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 687 | <i>Lupe pulido</i> | 13 |
| Mich.317 | UT77 | 687 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 687 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 687 | | 55 |
| Mich.317 | UT77 | 688 | <i>Cienega rojo</i> | 6 |
| Mich.317 | UT77 | 688 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 688 | Indéterminés ou érodés | 15 |
| Mich.317 | UT77 | 688 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 688 | <i>Lupe inciso</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 688 | <i>Lupe pulido</i> | 4 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 688 | | 31 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>Carupo rojo</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | Indéterminés ou érodés | 15 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>La Joya rojo</i> | 10 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>Loma Alta inciso</i> | 5 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>Lupe pulido</i> | 15 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>Lupe punzonado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 2 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|------|--------------|-------------------------------|-----|
| Mich.317 | UT77 | 689 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 689 | | 56 |
| Mich.317 | UT77 | 690 | <i>Carupo rojo</i> | 8 |
| Mich.317 | UT77 | 690 | <i>Cienega rojo</i> | 14 |
| Mich.317 | UT77 | 690 | Indéterminés ou érodés | 19 |
| Mich.317 | UT77 | 690 | <i>La Joya rojo</i> | 9 |
| Mich.317 | UT77 | 690 | <i>Loma Alta inciso</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 690 | <i>Lupe acanalado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 690 | <i>Lupe inciso</i> | 6 |
| Mich.317 | UT77 | 690 | <i>Lupe pulido</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 690 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 6 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 690 | | 67 |
| Mich.317 | UT77 | 691 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 691 | Indéterminés ou érodés | 7 |
| Mich.317 | UT77 | 691 | <i>La Joya rojo</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 691 | | 10 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | <i>Carupo rojo</i> | 13 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | <i>Cienega rojo</i> | 40 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | Indéterminés ou érodés | 106 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | <i>La Joya rojo</i> | 12 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | <i>Lupe acanalado</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | <i>Lupe pulido</i> | 11 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 692 | <i>Zacapu toscó</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 692 | | 190 |
| Mich.317 | UT77 | 693 | <i>Carupo rojo</i> | 7 |
| Mich.317 | UT77 | 693 | <i>Cienega rojo</i> | 10 |
| Mich.317 | UT77 | 693 | Indéterminés ou érodés | 23 |
| Mich.317 | UT77 | 693 | <i>La Joya rojo</i> | 9 |
| Mich.317 | UT77 | 693 | <i>Loma Alta inciso</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 693 | <i>Lupe inciso</i> | 4 |
| Mich.317 | UT77 | 693 | <i>Lupe pulido</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 693 | | 58 |
| Mich.317 | UT77 | 694 | <i>Carupo rojo</i> | 6 |
| Mich.317 | UT77 | 694 | <i>Cienega rojo</i> | 8 |
| Mich.317 | UT77 | 694 | Indéterminés ou érodés | 17 |
| Mich.317 | UT77 | 694 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 694 | <i>Lupe acanalado</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 694 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 694 | <i>Lupe pulido</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 694 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 5 |
| Mich.317 | UT77 | 694 | <i>Zacapu toscó</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 694 | | 46 |
| Mich.317 | UT77 | 695 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 695 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 695 | Indéterminés ou érodés | 11 |
| Mich.317 | UT77 | 695 | <i>La Joya rojo</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 695 | <i>Lupe pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 695 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 695 | <i>Zacapu toscó</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 695 | | 20 |
| Mich.317 | UT77 | 696 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 696 | <i>Cienega rojo</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 696 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 696 | Indéterminés ou érodés | 22 |
| Mich.317 | UT77 | 696 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|-------|--------------|-------------------------------|-----|
| Mich.317 | UT77 | Total US 696 | | 27 |
| Mich.317 | UT77 | 697 | <i>Cienega rojo</i> | 5 |
| Mich.317 | UT77 | 697 | Indéterminés ou érodés | 7 |
| Mich.317 | UT77 | 697 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.317 | UT77 | 697 | <i>Lupe inciso</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 697 | <i>Lupe pulido</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 697 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 697 | | 19 |
| Mich.317 | UT77 | 698 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 698 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 698 | Indéterminés ou érodés | 6 |
| Mich.317 | UT77 | 698 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | 698 | <i>Lupe pulido</i> | 2 |
| Mich.317 | UT77 | 698 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.317 | UT77 | Total US 698 | | 12 |
| Mich.318 | UT107 | 913 | Indéterminés ou érodés | 4 |
| Mich.318 | UT107 | Total US 913 | | 4 |
| Mich.318 | UT107 | 914 | Indéterminés ou érodés | 1 |
| Mich.318 | UT107 | Total US 914 | | 1 |
| Mich.318 | UT107 | 916 | Indéterminés ou érodés | 16 |
| Mich.318 | UT107 | Total US 916 | | 16 |
| Mich.318 | UT107 | 918 | Indéterminés ou érodés | 1 |
| Mich.318 | UT107 | Total US 918 | | 1 |
| Mich.318 | UT64 | 614 | <i>Cienega rojo</i> | 24 |
| Mich.318 | UT64 | 614 | Indéterminés ou érodés | 38 |
| Mich.318 | UT64 | 614 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.318 | UT64 | 614 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.318 | UT64 | 614 | <i>Lupe pulido</i> | 15 |
| Mich.318 | UT64 | Total US 614 | | 81 |
| Mich.318 | UT64 | 616 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Mich.318 | UT64 | 616 | Indéterminés ou érodés | 23 |
| Mich.318 | UT64 | 616 | <i>Lupe pulido</i> | 6 |
| Mich.318 | UT64 | Total US 616 | | 32 |
| Mich.318 | UT64 | 618 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.318 | UT64 | 618 | Indéterminés ou érodés | 10 |
| Mich.318 | UT64 | 618 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.318 | UT64 | 618 | <i>Lupe pulido</i> | 3 |
| Mich.318 | UT64 | Total US 618 | | 15 |
| Mich.318 | UT65 | 630 | <i>Carupo rojo</i> | 10 |
| Mich.318 | UT65 | 630 | <i>Cienega rojo</i> | 9 |
| Mich.318 | UT65 | 630 | Indéterminés ou érodés | 25 |
| Mich.318 | UT65 | 630 | <i>La Joya rojo</i> | 4 |
| Mich.318 | UT65 | 630 | <i>Lupe inciso</i> | 2 |
| Mich.318 | UT65 | 630 | <i>Lupe pulido</i> | 10 |
| Mich.318 | UT65 | Total US 630 | | 60 |
| Mich.318 | UT65 | 631 | <i>Carupo rojo</i> | 3 |
| Mich.318 | UT65 | 631 | <i>Cienega rojo</i> | 4 |
| Mich.318 | UT65 | 631 | Indéterminés ou érodés | 3 |
| Mich.318 | UT65 | 631 | <i>La Joya rojo</i> | 2 |
| Mich.318 | UT65 | 631 | <i>Lupe pulido</i> | 1 |
| Mich.318 | UT65 | Total US 631 | | 13 |
| Mich.318 | UT65 | 632 | <i>Carupo rojo</i> | 16 |
| Mich.318 | UT65 | 632 | <i>Cienega rojo</i> | 9 |
| Mich.318 | UT65 | 632 | Indéterminés ou érodés | 21 |
| Mich.318 | UT65 | 632 | <i>La Joya rojo</i> | 9 |
| Mich.318 | UT65 | 632 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.318 | UT65 | 632 | <i>Lupe pulido</i> | 8 |
| Mich.318 | UT65 | Total US 632 | | 66 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|------|--------------|------------------------|-----|
| Mich.318 | UT65 | 633 | <i>Carupo rojo</i> | 2 |
| Mich.318 | UT65 | 633 | <i>Cienega rojo</i> | 5 |
| Mich.318 | UT65 | 633 | Indéterminés ou érodés | 1 |
| Mich.318 | UT65 | 633 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.318 | UT65 | Total US 633 | | 11 |
| Mich.318 | UT66 | 642 | Indéterminés ou érodés | 2 |
| Mich.318 | UT66 | 642 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.318 | UT66 | Total US 642 | | 3 |
| Mich.318 | UT66 | 643 | Indéterminés ou érodés | 3 |
| Mich.318 | UT66 | 643 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.318 | UT66 | Total US 643 | | 4 |
| Mich.318 | UT67 | 621 | <i>Carupo rojo</i> | 5 |
| Mich.318 | UT67 | 621 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | 621 | Indéterminés ou érodés | 8 |
| Mich.318 | UT67 | 621 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.318 | UT67 | 621 | <i>Lupe pulido</i> | 2 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 621 | | 19 |
| Mich.318 | UT67 | 622 | <i>Cienega rojo</i> | 8 |
| Mich.318 | UT67 | 622 | Indéterminés ou érodés | 8 |
| Mich.318 | UT67 | 622 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | 622 | <i>Lupe pulido</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 622 | | 18 |
| Mich.318 | UT67 | 623 | <i>Carupo rojo</i> | 5 |
| Mich.318 | UT67 | 623 | Indéterminés ou érodés | 4 |
| Mich.318 | UT67 | 623 | <i>Lupe pulido</i> | 2 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 623 | | 11 |
| Mich.318 | UT67 | 624 | <i>Cienega rojo</i> | 5 |
| Mich.318 | UT67 | 624 | Indéterminés ou érodés | 4 |
| Mich.318 | UT67 | 624 | <i>La Joya rojo</i> | 2 |
| Mich.318 | UT67 | 624 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 624 | | 14 |
| Mich.318 | UT67 | 625 | <i>Carupo rojo</i> | 2 |
| Mich.318 | UT67 | 625 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | 625 | Indéterminés ou érodés | 15 |
| Mich.318 | UT67 | 625 | <i>La Joya rojo</i> | 2 |
| Mich.318 | UT67 | 625 | <i>Lupe pulido</i> | 3 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 625 | | 23 |
| Mich.318 | UT67 | 626 | <i>Carupo rojo</i> | 2 |
| Mich.318 | UT67 | 626 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Mich.318 | UT67 | 626 | Indéterminés ou érodés | 8 |
| Mich.318 | UT67 | 626 | <i>La Joya rojo</i> | 4 |
| Mich.318 | UT67 | 626 | <i>Lupe pulido</i> | 12 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 626 | | 29 |
| Mich.318 | UT67 | 682 | <i>Carupo rojo</i> | 2 |
| Mich.318 | UT67 | 682 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Mich.318 | UT67 | 682 | Indéterminés ou érodés | 3 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 682 | | 8 |
| Mich.318 | UT67 | 915 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | 915 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | 915 | Indéterminés ou érodés | 5 |
| Mich.318 | UT67 | 915 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 915 | | 10 |
| Mich.318 | UT67 | 1140 | <i>Carupo rojo</i> | 25 |
| Mich.318 | UT67 | 1140 | <i>Cienega rojo</i> | 69 |
| Mich.318 | UT67 | 1140 | <i>Cuchara</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | 1140 | Indéterminés ou érodés | 176 |
| Mich.318 | UT67 | 1140 | <i>La Joya rojo</i> | 63 |
| Mich.318 | UT67 | 1140 | <i>Lupe inciso</i> | 10 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|-------|---------------|------------------------------------|-----|
| Mich.318 | UT67 | 1140 | <i>Lupe pulido</i> | 47 |
| Mich.318 | UT67 | 1140 | <i>Tres Palos rojo sobre crema</i> | 4 |
| Mich.318 | UT67 | 1140 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 1140 | | 396 |
| Mich.318 | UT67 | 1141 | <i>Cienega rojo</i> | 11 |
| Mich.318 | UT67 | 1141 | Indéterminés ou érodés | 26 |
| Mich.318 | UT67 | 1141 | <i>La Joya rojo</i> | 4 |
| Mich.318 | UT67 | 1141 | <i>Lupe pulido</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 1141 | | 42 |
| Mich.318 | UT67 | 1142 | <i>Cienega rojo</i> | 24 |
| Mich.318 | UT67 | 1142 | Indéterminés ou érodés | 47 |
| Mich.318 | UT67 | 1142 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.318 | UT67 | 1142 | <i>Lupe pulido</i> | 8 |
| Mich.318 | UT67 | 1142 | <i>Zacapu café</i> | 1 |
| Mich.318 | UT67 | Total US 1142 | | 83 |
| Mich.319 | UT113 | 919 | Indéterminés ou érodés | 2 |
| Mich.319 | UT113 | Total US 919 | | 2 |
| Mich.319 | UT113 | 940 | Indéterminés ou érodés | 29 |
| Mich.319 | UT113 | 940 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.319 | UT113 | 940 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT113 | 940 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT113 | 940 | <i>Zacapu toscó</i> | 4 |
| Mich.319 | UT113 | Total US 940 | | 36 |
| Mich.319 | UT114 | 942 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT114 | 942 | <i>La Joya rojo</i> | 2 |
| Mich.319 | UT114 | 942 | <i>Lupe pulido</i> | 3 |
| Mich.319 | UT114 | 942 | <i>Malpaís</i> | 3 |
| Mich.319 | UT114 | 942 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT114 | 942 | <i>Zacapu pulido</i> | 2 |
| Mich.319 | UT114 | 942 | <i>Zacapu toscó</i> | 3 |
| Mich.319 | UT114 | Total US 942 | | 17 |
| Mich.319 | UT114 | 945 | Indéterminés ou érodés | 16 |
| Mich.319 | UT114 | 945 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.319 | UT114 | 945 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 2 |
| Mich.319 | UT114 | 945 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT114 | 945 | <i>Zacapu pulido</i> | 4 |
| Mich.319 | UT114 | Total US 945 | | 24 |
| Mich.319 | UT114 | 946 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT114 | 946 | <i>Cienega rojo</i> | 2 |
| Mich.319 | UT114 | 946 | Indéterminés ou érodés | 21 |
| Mich.319 | UT114 | 946 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT114 | 946 | <i>Malpaís</i> | 5 |
| Mich.319 | UT114 | 946 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT114 | 946 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT114 | 946 | <i>Zacapu toscó</i> | 2 |
| Mich.319 | UT114 | Total US 946 | | 36 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Cienega rojo</i> | 25 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | Indéterminés ou érodés | 171 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>La Joya rojo</i> | 34 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Loma Alta inciso</i> | 3 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Lupe acanalado</i> | 1 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Lupe inciso</i> | 4 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Lupe pulido</i> | 16 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 3 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 2 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT114 | 948 | <i>Retocado</i> | 1 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|-------|--------------|-------------------------------|-----|
| Mich.319 | UT114 | Total US 948 | | 264 |
| Mich.319 | UT115 | 942 | Indéterminés ou érodés | 20 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 942 | | 20 |
| Mich.319 | UT115 | 943 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 943 | Indéterminés ou érodés | 13 |
| Mich.319 | UT115 | 943 | <i>Lupe pulido</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 943 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 943 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 943 | <i>Romita Sgraffito</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 943 | <i>Zacapu bruñido</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 943 | <i>Zacapu pulido</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 943 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 943 | | 26 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Carupo rojo</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Cienega rojo</i> | 27 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | Indéterminés ou érodés | 276 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>La Joya rojo</i> | 17 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Loma Alta inciso</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Lupe acanalado</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Lupe inciso</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Lupe pulido</i> | 41 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Malpaís</i> | 14 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 31 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Palacio pulido</i> | 7 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Romita Sgraffito</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Tecomate</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Zacapu bruñido</i> | 9 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Zacapu pulido</i> | 6 |
| Mich.319 | UT115 | 947 | <i>Zacapu tosco</i> | 13 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 947 | | 456 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Carupo rojo</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Hornos pulido</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | Indéterminés ou érodés | 65 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>La Joya rojo</i> | 9 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Lupe acanalado</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Lupe inciso</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Lupe pulido</i> | 7 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Malpaís</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Palacio pulido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 948 | <i>Zacapu tosco</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 948 | | 103 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | <i>Carupo rojo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | <i>Cienega rojo</i> | 5 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | Indéterminés ou érodés | 60 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | <i>La Joya rojo</i> | 7 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | <i>Lupe inciso</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | <i>Lupe pulido</i> | 14 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 6 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | <i>Zacapu bruñido</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 949 | <i>Zacapu tosco</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 949 | | 105 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|-------|--------------|-------------------------------|-----|
| Mich.319 | UT115 | 980 | Indéterminés ou érodés | 56 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>La Joya rojo</i> | 5 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Lupe acanalado</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Lupe inciso</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Lupe pulido</i> | 14 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Malpaís</i> | 7 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 5 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Zacapu pulido</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | 980 | <i>Zacapu tosco</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 980 | | 108 |
| Mich.319 | UT115 | 981 | Indéterminés ou érodés | 54 |
| Mich.319 | UT115 | 981 | <i>La Joya rojo</i> | 10 |
| Mich.319 | UT115 | 981 | <i>Lupe inciso</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 981 | <i>Lupe pulido</i> | 11 |
| Mich.319 | UT115 | 981 | <i>Malpaís</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 981 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | 981 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 981 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 981 | | 88 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>Cienega rojo</i> | 5 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | Indéterminés ou érodés | 32 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>La Joya rojo</i> | 5 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>Loma Alta inciso</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>Lupe pulido</i> | 7 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>Zacapu pulido</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 982 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 982 | | 63 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | <i>Cienega rojo</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | Indéterminés ou érodés | 57 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | <i>La Joya rojo</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | <i>Lupe pulido</i> | 14 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | <i>Malpaís</i> | 5 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 5 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | <i>Zacapu bruñido</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | <i>Zacapu pulido</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 983 | <i>Zacapu tosco</i> | 7 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 983 | | 101 |
| Mich.319 | UT115 | 984 | <i>Cienega rojo</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | 984 | Indéterminés ou érodés | 53 |
| Mich.319 | UT115 | 984 | <i>La Joya rojo</i> | 7 |
| Mich.319 | UT115 | 984 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 984 | <i>Lupe pulido</i> | 26 |
| Mich.319 | UT115 | 984 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | 984 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 7 |
| Mich.319 | UT115 | 984 | <i>Zacapu tosco</i> | 2 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 984 | | 104 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Cienega rojo</i> | 8 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | Indéterminés ou érodés | 180 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>La Joya rojo</i> | 17 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Lupe acanalado</i> | 1 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|-------|--------------|--------------------------------------|-----|
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Lupe pulido</i> | 35 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Malpaís</i> | 18 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 24 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Zacapu bruñido</i> | 11 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Zacapu pulido</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 985 | <i>Zacapu tosco</i> | 7 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 985 | | 310 |
| Mich.319 | UT115 | 986 | Indéterminés ou érodés | 15 |
| Mich.319 | UT115 | 986 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 986 | <i>Lupe inciso</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 986 | <i>Lupe pulido</i> | 6 |
| Mich.319 | UT115 | 986 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | 986 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 4 |
| Mich.319 | UT115 | 986 | <i>Zacapu bruñido</i> | 6 |
| Mich.319 | UT115 | 986 | <i>Zacapu pulido</i> | 3 |
| Mich.319 | UT115 | 986 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.319 | UT115 | Total US 986 | | 42 |
| Mich.319 | UT71 | 661 | Indéterminés ou érodés | 15 |
| Mich.319 | UT71 | 661 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.319 | UT71 | 661 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT71 | 661 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT71 | 661 | <i>Zacapu tosco</i> | 8 |
| Mich.319 | UT71 | Total US 661 | | 26 |
| Mich.319 | UT71 | 663 | Indéterminés ou érodés | 21 |
| Mich.319 | UT71 | 663 | <i>Malpaís</i> | 4 |
| Mich.319 | UT71 | 663 | <i>Milpillas pulido negro y rojo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT71 | 663 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT71 | 663 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT71 | 663 | <i>Zacapu tosco</i> | 8 |
| Mich.319 | UT71 | Total US 663 | | 38 |
| Mich.319 | UT71 | 667 | Indéterminés ou érodés | 6 |
| Mich.319 | UT71 | 667 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.319 | UT71 | 667 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.319 | UT71 | 667 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT71 | 667 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.319 | UT71 | 667 | <i>Zacapu tosco</i> | 5 |
| Mich.319 | UT71 | Total US 667 | | 16 |
| Mich.319 | UT72 | 660 | Indéterminés ou érodés | 3 |
| Mich.319 | UT72 | Total US 660 | | 3 |
| Mich.319 | UT72 | 662 | Indéterminés ou érodés | 1 |
| Mich.319 | UT72 | Total US 662 | | 1 |
| Mich.319 | UT73 | 665 | Indéterminés ou érodés | 4 |
| Mich.319 | UT73 | 665 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.319 | UT73 | 665 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 2 |
| Mich.319 | UT73 | 665 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT73 | 665 | <i>Zacapu tosco</i> | 4 |
| Mich.319 | UT73 | Total US 665 | | 14 |
| Mich.319 | UT73 | 666 | Indéterminés ou érodés | 19 |
| Mich.319 | UT73 | 666 | <i>Malpaís</i> | 3 |
| Mich.319 | UT73 | 666 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT73 | 666 | <i>Zacapu pulido</i> | 4 |
| Mich.319 | UT73 | 666 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.319 | UT73 | Total US 666 | | 30 |
| Mich.319 | UT73 | 668 | Indéterminés ou érodés | 19 |
| Mich.319 | UT73 | 668 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 5 |
| Mich.319 | UT73 | 668 | <i>Zacapu tosco</i> | 5 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|-------------|------|--------------|------------------------------------|-----|
| Mich.319 | UT73 | Total US 668 | | 29 |
| Mich.319 | UT73 | 669 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT73 | 669 | Indéterminés ou érodés | 13 |
| Mich.319 | UT73 | 669 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.319 | UT73 | 669 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.319 | UT73 | Total US 669 | | 17 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Carupo rojo</i> | 2 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Cienega rojo</i> | 9 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Cuchara</i> | 1 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Figurilla</i> | 1 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Hornos pulido</i> | 10 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | Indéterminés ou érodés | 54 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>La Joya rojo</i> | 6 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Loma Alta inciso</i> | 1 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Lupe inciso</i> | 2 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Lupe pulido</i> | 14 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Tecomate</i> | 1 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Tres Palos rojo sobre crema</i> | 1 |
| Mich.32 | UT95 | 751 | <i>Zacapu café</i> | 2 |
| Mich.32 | UT95 | Total US 751 | | 104 |
| Mich.34-70 | UT91 | 746 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.34-70 | UT91 | 746 | Indéterminés ou érodés | 19 |
| Mich.34-70 | UT91 | 746 | <i>Malpaís</i> | 6 |
| Mich.34-70 | UT91 | 746 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 4 |
| Mich.34-70 | UT91 | 746 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.34-70 | UT91 | 746 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.34-70 | UT91 | 746 | <i>Zacapu tosco</i> | 20 |
| Mich.34-70 | UT91 | Total US 746 | | 52 |
| Mich.34-70 | UT91 | 747 | Indéterminés ou érodés | 8 |
| Mich.34-70 | UT91 | 747 | <i>Malpaís</i> | 6 |
| Mich.34-70 | UT91 | 747 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.34-70 | UT91 | 747 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.34-70 | UT91 | 747 | <i>Zacapu bruñido</i> | 5 |
| Mich.34-70 | UT91 | 747 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.34-70 | UT91 | 747 | <i>Zacapu tosco</i> | 13 |
| Mich.34-70 | UT91 | Total US 747 | | 36 |
| Mich.34-70 | UT91 | 748 | Indéterminés ou érodés | 18 |
| Mich.34-70 | UT91 | 748 | <i>Malpaís</i> | 4 |
| Mich.34-70 | UT91 | 748 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 3 |
| Mich.34-70 | UT91 | 748 | <i>Palacio pulido</i> | 4 |
| Mich.34-70 | UT91 | 748 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.34-70 | UT91 | 748 | <i>Zacapu bruñido</i> | 5 |
| Mich.34-70 | UT91 | 748 | <i>Zacapu pulido</i> | 2 |
| Mich.34-70 | UT91 | 748 | <i>Zacapu tosco</i> | 15 |
| Mich.34-70 | UT91 | Total US 748 | | 53 |
| Mich.34-70 | UT91 | 749 | Indéterminés ou érodés | 3 |
| Mich.34-70 | UT91 | 749 | <i>Malpaís</i> | 4 |
| Mich.34-70 | UT91 | 749 | <i>Pipa</i> | 1 |
| Mich.34-70 | UT91 | 749 | <i>Zacapu bruñido</i> | 7 |
| Mich.34-70 | UT91 | 749 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.34-70 | UT91 | 749 | <i>Zacapu tosco</i> | 10 |
| Mich.34-70 | UT91 | Total US 749 | | 26 |
| Mich.38-318 | UT93 | 744 | Indéterminés ou érodés | 14 |
| Mich.38-318 | UT93 | 744 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.38-318 | UT93 | 744 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 2 |
| Mich.38-318 | UT93 | 744 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.38-318 | UT93 | 744 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.38-318 | UT93 | 744 | <i>Zacapu tosco</i> | 4 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|-------------|-------|---------------|-----------------------------------|-----|
| Mich.38-318 | UT93 | Total US 744 | | 24 |
| Mich.410 | UT79 | 700 | Indéterminés ou érodés | 1 |
| Mich.410 | UT79 | Total US 700 | | 1 |
| Mich.410 | UT79 | 701 | <i>Hornos pulido</i> | 3 |
| Mich.410 | UT79 | 701 | Indéterminés ou érodés | 8 |
| Mich.410 | UT79 | 701 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.410 | UT79 | Total US 701 | | 12 |
| Mich.410 | UT80 | 724 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.410 | UT80 | 724 | Indéterminés ou érodés | 31 |
| Mich.410 | UT80 | 724 | <i>Palacio pulido</i> | 2 |
| Mich.410 | UT80 | 724 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.410 | UT80 | 724 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.410 | UT80 | 724 | <i>Zacapu bruñido</i> | 2 |
| Mich.410 | UT80 | 724 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.410 | UT80 | Total US 724 | | 41 |
| Mich.410 | UT81 | 706 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.410 | UT81 | 706 | <i>Hornos pulido</i> | 8 |
| Mich.410 | UT81 | 706 | Indéterminés ou érodés | 13 |
| Mich.410 | UT81 | 706 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.410 | UT81 | 706 | <i>Palacio pulido</i> | 1 |
| Mich.410 | UT81 | 706 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.410 | UT81 | Total US 706 | | 25 |
| Mich.410 | UT81 | 708 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.410 | UT81 | 708 | <i>Cienega rojo</i> | 2 |
| Mich.410 | UT81 | 708 | Indéterminés ou érodés | 8 |
| Mich.410 | UT81 | 708 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.410 | UT81 | 708 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.410 | UT81 | 708 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.410 | UT81 | Total US 708 | | 14 |
| Mich.410 | UT82 | 707 | Indéterminés ou érodés | 22 |
| Mich.410 | UT82 | 707 | <i>Malpaís</i> | 4 |
| Mich.410 | UT82 | 707 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 9 |
| Mich.410 | UT82 | 707 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.410 | UT82 | 707 | <i>Zacapu pulido</i> | 3 |
| Mich.410 | UT82 | 707 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.410 | UT82 | Total US 707 | | 42 |
| Mich.410 | UT82 | 709 | Indéterminés ou érodés | 37 |
| Mich.410 | UT82 | 709 | <i>Malpaís</i> | 8 |
| Mich.410 | UT82 | 709 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 9 |
| Mich.410 | UT82 | 709 | <i>Zacapu pulido</i> | 4 |
| Mich.410 | UT82 | 709 | <i>Zacapu tosco</i> | 4 |
| Mich.410 | UT82 | Total US 709 | | 62 |
| Mich.410 | UT82 | 710 | Indéterminés ou érodés | 26 |
| Mich.410 | UT82 | 710 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.410 | UT82 | 710 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 11 |
| Mich.410 | UT82 | 710 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.410 | UT82 | 710 | <i>Zacapu tosco</i> | 8 |
| Mich.410 | UT82 | Total US 710 | | 47 |
| Mich.415 | UT136 | 1116 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.415 | UT136 | 1116 | Indéterminés ou érodés | 18 |
| Mich.415 | UT136 | 1116 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.415 | UT136 | 1116 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.415 | UT136 | Total US 1116 | | 21 |
| Mich.415 | UT136 | 1117 | <i>Cienega rojo</i> | 2 |
| Mich.415 | UT136 | 1117 | Indéterminés ou érodés | 33 |
| Mich.415 | UT136 | 1117 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.415 | UT136 | 1117 | <i>Romita Sgraffito</i> | 2 |
| Mich.415 | UT136 | 1117 | <i>Zacapu tosco</i> | 2 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|-------|---------------|-----------------------------------|-----|
| Mich.415 | UT136 | Total US 1117 | | 40 |
| Mich.415 | UT136 | 1118 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.415 | UT136 | 1118 | Indéterminés ou érodés | 5 |
| Mich.415 | UT136 | 1118 | <i>Lupe acanalado</i> | 1 |
| Mich.415 | UT136 | Total US 1118 | | 7 |
| Mich.415 | UT80 | 712 | <i>Hornos pulido</i> | 7 |
| Mich.415 | UT80 | 712 | Indéterminés ou érodés | 6 |
| Mich.415 | UT80 | 712 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 712 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 712 | | 15 |
| Mich.415 | UT80 | 713 | Indéterminés ou érodés | 25 |
| Mich.415 | UT80 | 713 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 713 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 713 | <i>Zacapu tosco</i> | 6 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 713 | | 33 |
| Mich.415 | UT80 | 714 | Indéterminés ou érodés | 26 |
| Mich.415 | UT80 | 714 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 714 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 714 | <i>Romita Sgraffito</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 714 | <i>Zacapu tosco</i> | 10 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 714 | | 39 |
| Mich.415 | UT80 | 715 | Indéterminés ou érodés | 29 |
| Mich.415 | UT80 | 715 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 715 | <i>Zacapu tosco</i> | 4 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 715 | | 34 |
| Mich.415 | UT80 | 716 | Indéterminés ou érodés | 57 |
| Mich.415 | UT80 | 716 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 716 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 716 | <i>Pipa</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 716 | <i>Tecomate</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 716 | <i>Zacapu bruñido</i> | 19 |
| Mich.415 | UT80 | 716 | <i>Zacapu tosco</i> | 13 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 716 | | 93 |
| Mich.415 | UT80 | 717 | <i>Cienega rojo</i> | 2 |
| Mich.415 | UT80 | 717 | Indéterminés ou érodés | 21 |
| Mich.415 | UT80 | 717 | <i>Romita Sgraffito</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 717 | <i>Tecomate</i> | 2 |
| Mich.415 | UT80 | 717 | <i>Zacapu bruñido</i> | 11 |
| Mich.415 | UT80 | 717 | <i>Zacapu tosco</i> | 8 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 717 | | 45 |
| Mich.415 | UT80 | 1127 | Indéterminés ou érodés | 3 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 1127 | | 3 |
| Mich.415 | UT80 | 1128 | Indéterminés ou érodés | 4 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 1128 | | 4 |
| Mich.415 | UT80 | 1129 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Mich.415 | UT80 | 1129 | Indéterminés ou érodés | 10 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 1129 | | 13 |
| Mich.415 | UT80 | 1130 | Indéterminés ou érodés | 2 |
| Mich.415 | UT80 | 1130 | <i>Lupe pulido</i> | 2 |
| Mich.415 | UT80 | 1130 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 1130 | | 5 |
| Mich.415 | UT80 | 1131 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 1131 | <i>Hornos pintado</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 1131 | <i>Hornos pulido</i> | 2 |
| Mich.415 | UT80 | 1131 | Indéterminés ou érodés | 16 |
| Mich.415 | UT80 | 1131 | <i>Lupe pulido</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 1131 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.415 | UT80 | 1131 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|-------|---------------|-------------------------------|-----|
| Mich.415 | UT80 | Total US 1131 | | 24 |
| Mich.415 | UT80 | 1132 | Indéterminés ou érodés | 9 |
| Mich.415 | UT80 | 1132 | <i>Lupe pulido</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 1132 | <i>Romita Sgraffito</i> | 3 |
| Mich.415 | UT80 | 1132 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 1132 | | 14 |
| Mich.415 | UT80 | 1133 | Indéterminés ou érodés | 9 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 1133 | | 9 |
| Mich.415 | UT80 | 1134 | Indéterminés ou érodés | 41 |
| Mich.415 | UT80 | 1134 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.415 | UT80 | 1134 | <i>Romita Sgraffito</i> | 12 |
| Mich.415 | UT80 | 1134 | <i>Zacapu bruñido</i> | 4 |
| Mich.415 | UT80 | 1134 | <i>Zacapu tosco</i> | 9 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 1134 | | 68 |
| Mich.415 | UT80 | 1135 | Indéterminés ou érodés | 8 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 1135 | | 8 |
| Mich.415 | UT80 | 1136 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 1136 | Indéterminés ou érodés | 21 |
| Mich.415 | UT80 | 1136 | <i>Romita Sgraffito</i> | 3 |
| Mich.415 | UT80 | 1136 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.415 | UT80 | 1136 | <i>Zacapu tosco</i> | 5 |
| Mich.415 | UT80 | Total US 1136 | | 31 |
| Mich.415 | UT80 | 713 | <i>Malpaís</i> | |
| Mich.415 | UT80 | Total US 713 | | |
| Mich.416 | UT96 | 754 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.416 | UT96 | 754 | Indéterminés ou érodés | 9 |
| Mich.416 | UT96 | 754 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.416 | UT96 | 754 | <i>Lupe pulido</i> | 4 |
| Mich.416 | UT96 | Total US 754 | | 15 |
| Mich.417 | UT123 | 987 | Indéterminés ou érodés | 2 |
| Mich.417 | UT123 | Total US 987 | | 2 |
| Mich.417 | UT74 | 670 | Indéterminés ou érodés | 14 |
| Mich.417 | UT74 | 670 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.417 | UT74 | 670 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT74 | 670 | <i>Zacapu tosco</i> | 5 |
| Mich.417 | UT74 | Total US 670 | | 21 |
| Mich.417 | UT74 | 671 | Indéterminés ou érodés | 27 |
| Mich.417 | UT74 | 671 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 4 |
| Mich.417 | UT74 | 671 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT74 | Total US 671 | | 32 |
| Mich.417 | UT74 | 672 | Indéterminés ou érodés | 19 |
| Mich.417 | UT74 | 672 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.417 | UT74 | 672 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT74 | 672 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 4 |
| Mich.417 | UT74 | 672 | <i>Zacapu bruñido</i> | 2 |
| Mich.417 | UT74 | 672 | <i>Zacapu pulido</i> | 2 |
| Mich.417 | UT74 | 672 | <i>Zacapu tosco</i> | 13 |
| Mich.417 | UT74 | Total US 672 | | 42 |
| Mich.417 | UT74 | 674 | Indéterminés ou érodés | 23 |
| Mich.417 | UT74 | 674 | <i>Zacapu bruñido</i> | 3 |
| Mich.417 | UT74 | 674 | <i>Zacapu tosco</i> | 4 |
| Mich.417 | UT74 | Total US 674 | | 30 |
| Mich.417 | UT75 | 673 | <i>Carupo rojo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT75 | 673 | Indéterminés ou érodés | 87 |
| Mich.417 | UT75 | 673 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT75 | 673 | <i>Malpaís</i> | 8 |
| Mich.417 | UT75 | 673 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 15 |
| Mich.417 | UT75 | 673 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 2 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|-------|---------------|---|-----|
| Mich.417 | UT75 | 673 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 5 |
| Mich.417 | UT75 | 673 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.417 | UT75 | 673 | <i>Zacapu pulido</i> | 6 |
| Mich.417 | UT75 | 673 | <i>Zacapu tosco</i> | 20 |
| Mich.417 | UT75 | Total US 673 | | 146 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | <i>CUSnco pulido rojo</i> | 2 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | Indéterminés ou érodés | 72 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 12 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 8 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 30 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | <i>Zacapu bruñido</i> | 5 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | <i>Zacapu pulido</i> | 13 |
| Mich.417 | UT75 | 675 | <i>Zacapu tosco</i> | 10 |
| Mich.417 | UT75 | Total US 675 | | 155 |
| Mich.417 | UT75 | 677 | Indéterminés ou érodés | 5 |
| Mich.417 | UT75 | 677 | <i>Zacapu tosco</i> | 2 |
| Mich.417 | UT75 | Total US 677 | | 7 |
| Mich.417 | UT75 | 679 | Indéterminés ou érodés | 3 |
| Mich.417 | UT75 | 679 | <i>Prieto pulido bayo negativo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT75 | 679 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.417 | UT75 | Total US 679 | | 5 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | Indéterminés ou érodés | 57 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | <i>Sello</i> | 1 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | <i>Zacapu bruñido</i> | 2 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | <i>Zacapu pulido</i> | 3 |
| Mich.417 | UT76 | 678 | <i>Zacapu tosco</i> | 11 |
| Mich.417 | UT76 | Total US 678 | | 79 |
| Mich.417 | UT76 | 680 | Indéterminés ou érodés | 2 |
| Mich.417 | UT76 | Total US 680 | | 2 |
| Mich.417 | UT76 | 681 | Indéterminés ou érodés | 7 |
| Mich.417 | UT76 | Total US 681 | | 7 |
| Mich.417 | UT83 | 726 | Indéterminés ou érodés | 30 |
| Mich.417 | UT83 | 726 | <i>Malpaís</i> | 9 |
| Mich.417 | UT83 | 726 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.417 | UT83 | 726 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.417 | UT83 | 726 | <i>Zacapu tosco</i> | 4 |
| Mich.417 | UT83 | Total US 726 | | 45 |
| Mich.418 | UT83 | 725 | <i>Hornos pulido</i> | 2 |
| Mich.418 | UT83 | 725 | Indéterminés ou érodés | 2 |
| Mich.418 | UT83 | Total US 725 | | 4 |
| Mich.420 | UT137 | 1120 | Indéterminés ou érodés | 6 |
| Mich.420 | UT137 | 1120 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 8 |
| Mich.420 | UT137 | Total US 1120 | | 14 |
| Mich.420 | UT137 | 1121 | <i>Hornos pulido</i> | 25 |
| Mich.420 | UT137 | 1121 | Indéterminés ou érodés | 31 |
| Mich.420 | UT137 | | <i>Urichu rojo sobre bayo punzonado</i> | 2 |
| Mich.420 | UT137 | Total US 1121 | | 58 |
| Mich.420 | UT137 | 1122 | <i>Hornos pulido</i> | 4 |
| Mich.420 | UT137 | 1122 | Indéterminés ou érodés | 7 |
| Mich.420 | UT137 | Total US 1122 | | 11 |
| Mich.420 | UT137 | 1124 | <i>Hornos inciso</i> | 8 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|----------|-------|---------------|---|-----|
| Mich.420 | UT137 | 1124 | Indéterminés ou érodés | 6 |
| Mich.420 | UT137 | Total US 1124 | | 14 |
| Mich.420 | UT80 | 723 | <i>Hornos inciso</i> | 2 |
| Mich.420 | UT80 | 723 | <i>Hornos pulido</i> | 17 |
| Mich.420 | UT80 | 723 | Indéterminés ou érodés | 93 |
| Mich.420 | UT80 | 723 | <i>Ollas burdas brunidas</i> | 1 |
| Mich.420 | UT80 | 723 | <i>Palacio pulido</i> | 15 |
| Mich.420 | UT80 | 723 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 6 |
| Mich.420 | UT80 | 723 | <i>Urichu rojo sobre bayo punzonado</i> | 2 |
| Mich.420 | UT80 | Total US 723 | | 136 |
| Mich.420 | UT80 | 727 | <i>Hornos pulido</i> | 14 |
| Mich.420 | UT80 | 727 | Indéterminés ou érodés | 23 |
| Mich.420 | UT80 | 727 | <i>Palacio pulido</i> | 4 |
| Mich.420 | UT80 | 727 | <i>Urichu rojo sobre bayo punzonado</i> | 1 |
| Mich.420 | UT80 | Total US 727 | | 42 |
| Mich.420 | UT80 | 1125 | <i>Hornos pintado</i> | 3 |
| Mich.420 | UT80 | 1125 | <i>Hornos pulido</i> | 11 |
| Mich.420 | UT80 | 1125 | Indéterminés ou érodés | 1 |
| Mich.420 | UT80 | 1125 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.420 | UT80 | 1125 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 1 |
| Mich.420 | UT80 | Total US 1125 | | 17 |
| Mich.421 | UT80 | 702 | <i>Cienega rojo</i> | 5 |
| Mich.421 | UT80 | 702 | <i>Hornos pulido</i> | 21 |
| Mich.421 | UT80 | 702 | Indéterminés ou érodés | 41 |
| Mich.421 | UT80 | 702 | <i>La Joya rojo</i> | 2 |
| Mich.421 | UT80 | 702 | <i>Malpaís</i> | 3 |
| Mich.421 | UT80 | 702 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 1 |
| Mich.421 | UT80 | 702 | <i>Romita Sgraffito</i> | 2 |
| Mich.421 | UT80 | Total US 702 | | 75 |
| Mich.422 | UT80 | 718 | <i>Hornos pulido</i> | 28 |
| Mich.422 | UT80 | 718 | Indéterminés ou érodés | 81 |
| Mich.422 | UT80 | 718 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.422 | UT80 | 718 | <i>Palacio pulido</i> | 1 |
| Mich.422 | UT80 | 718 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.422 | UT80 | 718 | <i>Urichu rojo sobre bayo</i> | 1 |
| Mich.422 | UT80 | 718 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 3 |
| Mich.422 | UT80 | Total US 718 | | 116 |
| Mich.422 | UT80 | 719 | <i>Hornos pulido</i> | 26 |
| Mich.422 | UT80 | 719 | Indéterminés ou érodés | 41 |
| Mich.422 | UT80 | 719 | <i>Palacio pulido</i> | 3 |
| Mich.422 | UT80 | 719 | <i>Tecomate</i> | 1 |
| Mich.422 | UT80 | 719 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 3 |
| Mich.422 | UT80 | 719 | <i>Urichu rojo sobre bayo</i> | 2 |
| Mich.422 | UT80 | 719 | <i>Yaguarato crema ?</i> | 2 |
| Mich.422 | UT80 | Total US 719 | | 78 |
| Mich.422 | UT80 | 720 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.422 | UT80 | 720 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.422 | UT80 | 720 | Indéterminés ou érodés | 18 |
| Mich.422 | UT80 | 720 | <i>Palacio pulido</i> | 3 |
| Mich.422 | UT80 | 720 | <i>Urichu rojo sobre bayo</i> | 1 |
| Mich.422 | UT80 | Total US 720 | | 24 |
| Mich.68 | UT126 | 1102 | Indéterminés ou érodés | 9 |
| Mich.68 | UT126 | 1102 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.68 | UT126 | 1102 | <i>Pipa</i> | 1 |
| Mich.68 | UT126 | 1102 | <i>Zacapu bruñido</i> | 4 |
| Mich.68 | UT126 | Total US 1102 | | 16 |
| Mich.68 | UT126 | 1103 | Indéterminés ou érodés | 24 |
| Mich.68 | UT126 | 1103 | <i>Malpaís</i> | 6 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|---------|-------|---------------|-----------------------------------|-----|
| Mich.68 | UT126 | 1103 | <i>Pipa</i> | 3 |
| Mich.68 | UT126 | 1103 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 3 |
| Mich.68 | UT126 | 1103 | <i>Zacapu bruñido</i> | 2 |
| Mich.68 | UT126 | 1103 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.68 | UT126 | Total US 1103 | | 39 |
| Mich.68 | UT126 | 1104 | Indéterminés ou érodés | 58 |
| Mich.68 | UT126 | 1104 | <i>Malpaís</i> | 11 |
| Mich.68 | UT126 | 1104 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.68 | UT126 | 1104 | <i>Pipa</i> | 3 |
| Mich.68 | UT126 | 1104 | <i>Zacapu bruñido</i> | 3 |
| Mich.68 | UT126 | 1104 | <i>Zacapu tosco</i> | 2 |
| Mich.68 | UT126 | Total US 1104 | | 78 |
| Mich.68 | UT126 | 1110 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.68 | UT126 | 1110 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.68 | UT126 | 1110 | <i>Zacapu bruñido</i> | 2 |
| Mich.68 | UT126 | Total US 1110 | | 5 |
| Mich.68 | UT127 | 1105 | <i>Hornos pintado</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1105 | <i>Hornos pulido</i> | 5 |
| Mich.68 | UT127 | 1105 | Indéterminés ou érodés | 151 |
| Mich.68 | UT127 | 1105 | <i>La Joya rojo</i> | 3 |
| Mich.68 | UT127 | 1105 | <i>Malpaís</i> | 33 |
| Mich.68 | UT127 | 1105 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 2 |
| Mich.68 | UT127 | 1105 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1105 | <i>Zacapu bruñido</i> | 4 |
| Mich.68 | UT127 | 1105 | <i>Zacapu tosco</i> | 11 |
| Mich.68 | UT127 | Total US 1105 | | 211 |
| Mich.68 | UT127 | 1107 | Indéterminés ou érodés | 47 |
| Mich.68 | UT127 | 1107 | <i>Malpaís</i> | 2 |
| Mich.68 | UT127 | 1107 | <i>Zacapu bruñido</i> | 3 |
| Mich.68 | UT127 | 1107 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.68 | UT127 | Total US 1107 | | 55 |
| Mich.68 | UT127 | 1108 | Indéterminés ou érodés | 8 |
| Mich.68 | UT127 | 1108 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | Total US 1108 | | 9 |
| Mich.68 | UT127 | 1109 | Indéterminés ou érodés | 47 |
| Mich.68 | UT127 | 1109 | <i>Malpaís</i> | 4 |
| Mich.68 | UT127 | 1109 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.68 | UT127 | 1109 | <i>Zacapu bruñido</i> | 4 |
| Mich.68 | UT127 | 1109 | <i>Zacapu tosco</i> | 6 |
| Mich.68 | UT127 | Total US 1109 | | 63 |
| Mich.68 | UT127 | 1111 | <i>Cienega rojo</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1111 | <i>Hornos pulido</i> | 3 |
| Mich.68 | UT127 | 1111 | Indéterminés ou érodés | 81 |
| Mich.68 | UT127 | 1111 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1111 | <i>Lupe pulido</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1111 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1111 | <i>Zacapu bruñido</i> | 4 |
| Mich.68 | UT127 | 1111 | <i>Zacapu pulido</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1111 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.68 | UT127 | Total US 1111 | | 96 |
| Mich.68 | UT127 | 1112 | <i>Hornos pulido</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1112 | Indéterminés ou érodés | 64 |
| Mich.68 | UT127 | 1112 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1112 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1112 | <i>Urichu café con pastillage</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | 1112 | <i>Zacapu bruñido</i> | 4 |
| Mich.68 | UT127 | 1112 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.68 | UT127 | Total US 1112 | | 75 |

| Site | UT | US | Type | NdR |
|--------------------------------|-------|---------------|-------------------------------------|-----|
| Mich.68 | UT127 | 1113 | Indéterminés ou érodés | 2 |
| Mich.68 | UT127 | Total US 1113 | | 2 |
| Mich.68 | UT127 | 1114 | Indéterminés ou érodés | 4 |
| Mich.68 | UT127 | 1114 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | Total US 1114 | | 5 |
| Mich.68 | UT127 | 1115 | Indéterminés ou érodés | 5 |
| Mich.68 | UT127 | 1115 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.68 | UT127 | Total US 1115 | | 6 |
| Mich.68 | UT78 | 683 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.68 | UT78 | 683 | <i>Pipa</i> | 1 |
| Mich.68 | UT78 | 683 | <i>Zacapu bruñido</i> | 2 |
| Mich.68 | UT78 | 683 | <i>Zacapu tosco</i> | 11 |
| Mich.68 | UT78 | Total US 683 | | 15 |
| Mich.68 | UT78 | 705 | <i>Cienega rojo</i> | 4 |
| Mich.68 | UT78 | 705 | <i>Hornos pulido</i> | 4 |
| Mich.68 | UT78 | 705 | Indéterminés ou érodés | 26 |
| Mich.68 | UT78 | 705 | <i>Zacapu bruñido</i> | 1 |
| Mich.68 | UT78 | 705 | <i>Zacapu tosco</i> | 3 |
| Mich.68 | UT78 | Total US 705 | | 38 |
| Mich.68 | UT78 | 1143 | Indéterminés ou érodés | 1 |
| Mich.68 | UT78 | 1143 | <i>Malpaís</i> | 1 |
| Mich.68 | UT78 | 1143 | <i>Milpillas pulido negro</i> | 2 |
| Mich.68 | UT78 | 1143 | <i>Milpillas pulido rojo</i> | 4 |
| Mich.68 | UT78 | 1143 | <i>Pipa</i> | 1 |
| Mich.68 | UT78 | 1143 | <i>Prieto pulido bayo</i> | 2 |
| Mich.68 | UT78 | Total US 1143 | | 11 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | <i>Cienega rojo</i> | 8 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | <i>Hornos pulido</i> | 4 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | Indéterminés ou érodés | 28 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | <i>La Joya rojo</i> | 5 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | <i>Lupe pulido</i> | 7 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | <i>Monocromo pulido rojo</i> | 4 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | <i>Palacio pulido</i> | 1 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | <i>Tecomate rojo brunido</i> | 3 |
| Mich.69-33 | UT94 | 750 | <i>Zacapu tosco</i> | 1 |
| Mich.69-33 | UT94 | Total US 750 | | 62 |
| Mich.69-33 | UT94 | 752 | <i>Agropecuario rojo sobre bayo</i> | 1 |
| Mich.69-33 | UT94 | 752 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Mich.69-33 | UT94 | 752 | <i>Hornos pulido</i> | 13 |
| Mich.69-33 | UT94 | 752 | Indéterminés ou érodés | 49 |
| Mich.69-33 | UT94 | 752 | <i>Lupe pulido</i> | 3 |
| Mich.69-33 | UT94 | 752 | <i>Monocromo pulido rojo</i> | 4 |
| Mich.69-33 | UT94 | 752 | <i>Tecomate rojo brunido</i> | 10 |
| Mich.69-33 | UT94 | Total US 752 | | 83 |
| Santa Gertrudis (Mich. 68 est) | UT80 | 721 | <i>Cienega rojo</i> | 3 |
| Santa Gertrudis (Mich. 68 est) | UT80 | 721 | Indéterminés ou érodés | 10 |
| Santa Gertrudis (Mich. 68 est) | UT80 | 721 | <i>La Joya rojo</i> | 1 |
| Santa Gertrudis (Mich. 68 est) | UT80 | 721 | <i>Lupe inciso</i> | 1 |
| Santa Gertrudis (Mich. 68 est) | UT80 | Total US 721 | | 15 |
| Los Espinos-La Escondida | UT80 | 722 | <i>Hornos pulido</i> | 2 |
| Los Espinos-La Escondida | UT80 | 722 | Indéterminés ou érodés | 1 |
| Los Espinos-La Escondida | UT80 | Total US 722 | | 3 |

Annexe 2 – Surfaces cultivables par période et par type de géoforme

| Géoformes | Surface cultivable cumulée [ha] |
|---|---------------------------------|
| 1h de marche aller-retour | |
| Alluvions | 43,4 |
| Colluvions | 476,8 |
| Cônes scoriacés holocène | 9,4 |
| Cônes scoriacés Pléistocène moyen | 135,9 |
| coulées volcaniques Anthropisées | 23,6 |
| coulées volcaniques Holocène 1 | 22,9 |
| coulées volcaniques Holocène 2 | 0 |
| coulées volcaniques Pléistocène ancien-moyen | 1027,0 |
| coulées volcaniques Pléistocène récent | 854,2 |
| coulées volcaniques recouvertes par des sédiments lacustres | 97,9 |
| Dépressions | 211,2 |
| Dôme Pléistocène à altération avancée | 16,3 |
| îles (coulées volcaniques Pléistocène) | 220,8 |
| Lacustre profond | |
| Lacustre superficiel | |
| Rives palustres | 53,5 |
| 2 h de marche aller-retour | |
| Alluvions | 10,6 |
| Colluvions | 345,4 |
| Cônes scoriacés holocène | 24,3 |
| Cônes scoriacés Pléistocène moyen | 110,1 |
| coulées volcaniques Anthropisées | 0,9 |
| coulées volcaniques Holocène 1 | 110,8 |
| coulées volcaniques Holocène 2 | 0 |
| coulées volcaniques Pléistocène ancien-moyen | 1776,2 |
| coulées volcaniques Pléistocène récent | 44,1 |
| coulées volcaniques recouvertes par des sédiments lacustres | 339,2 |
| Dépressions | 244,4 |
| Dôme Pléistocène à altération avancée | 68,5 |
| îles (coulées volcaniques Pléistocène) | 279,3 |
| Lacustre profond | 0 |
| Lacustre superficiel | 0 |
| Rives palustres | 442,1 |
| 3 h de marche aller-retour | |
| Colluvions | 604,3 |
| Cônes scoriacés Pléistocène moyen | 51,3 |
| coulées volcaniques Holocène 1 | 288,3 |
| coulées volcaniques Holocène 2 | 0 |
| coulées volcaniques Pléistocène ancien-moyen | 5090,0 |
| coulées volcaniques Pléistocène récent | 1495,6 |
| Dépressions | 634,0 |
| dépressions (propriétés stagniques) | 24,2 |
| Dôme Pléistocène à altération avancée | 65,3 |
| Escarpement | 233,3 |
| Lacustre profond | 0 |
| Rives palustres | 1896,5 |
| Total général | 17371,6 |

Tableau d'annexe I – Total des surfaces cultivables par type de géoformes pour l'Épiclassique

| Géoformes | Surface cultivable cumulée [ha] |
|---|--|
| 1h de marche aller-retour | |
| alluvions | 24,8 |
| colluvions | 134,8 |
| cone scoriacé holocène | 7,3 |
| cone scoriacé pléistocène | 55,3 |
| coulée holocène 1 | 1,4 |
| coulée holocène 2 | 2,7 |
| coulées volcaniques Anthropisées | 2,6 |
| coulées volcaniques Anthropisées (Infiernillo) | 22,0 |
| coulées volcaniques Pléistocène ancien-moyen | 394,6 |
| coulées volcaniques Pléistocène récent | 455,5 |
| coulées volcaniques recouvertes par des sédiments lacustres | 15,6 |
| dépressions | 155,8 |
| dépressions stagnique | 9,0 |
| lacustre superficiel | 4,5 |
| rives palustres | 5,7 |
| 2 h de marche aller-retour | |
| alluvions | 26,2 |
| colluvions | 274,1 |
| cone scoriacé holocène | 46,9 |
| cone scoriacé pléistocène | 117,9 |
| coulée holocène 1 | 0,7 |
| coulée holocène 2 | 4,1 |
| coulées volcaniques Anthropisées (Infiernillo) | 3,7 |
| coulées volcaniques Pléistocène ancien-moyen | 2274,2 |
| coulées volcaniques Pléistocène récent | 307,8 |
| coulées volcaniques recouvertes par des sédiments lacustres | 86,7 |
| dépressions | 317,6 |
| Dôme Pléistocène à altération avancée | 15,7 |
| escarpement | 19,2 |
| lacustre profond | 0,8 |
| lacustre superficiel | 58,9 |
| rives palustres | 161,4 |
| 3 h de marche aller-retour | |
| colluvions | 306,8 |
| cone scoriacé pléistocène | 106,4 |
| coulée holocène 1 | 0,2 |
| coulée holocène 2 | 2,6 |
| coulées volcaniques Pléistocène ancien-moyen | 4355,8 |
| coulées volcaniques Pléistocène récent | 1707,5 |
| coulées volcaniques recouvertes par des sédiments lacustres | 110,0 |
| dépressions | 1275,6 |
| dépressions stagnique | 24,2 |
| Dôme Pléistocène à altération avancée | 118,9 |
| eau | 0,1 |
| escarpement | 188,3 |
| lacustre profond | 5,0 |
| lacustre superficiel | 26,5 |
| rives palustres | 1840,5 |
| Total général | 15076,1 |

Tableau d'annexe II - Total des surfaces cultivables par type de géoformes pour le Postclassique moyen.

Annexe 3 – Descriptions synthétiques des profils pédologiques

P1 - Gleyic, Endovertic, Ferric Phaeozem (Cutanic)



Date : 07/04/2015

Coord. UTM : 206010.980, 2202474.437

Altitude : 2145-2150 m

Situation : plateau du Copalillo/Mich. 31N

Forme du terrain : zone de *seepage*, plan et profil légèrement convexes.

Pente : <2°

Végétation : strate herbacée, espèces xérophytes

Description : Profil profond, uniforme, à drainage interne relativement lent. Couleur brune allant vers le gris-brun en profondeur. Peu de pierres. Développement racinaire normal dans les horizons supérieurs. Développement de texture en blocs angulaires dans les horizons profonds (*slickensides*) et indices d'oxydo-réduction. Porosité abondante en haut du profil puis réduite en profondeur.

Interprétation : sol ancien développé sur dépôt de cendre volcanique. Migration des argiles vers le bas du profil et probable néoformation en profondeur. Humectation/dessiccation des argiles selon les saisons.

P2 - Endovertic Phaeozem (Colluvic, Cutanic, Differentic, Siltinovic)



Date : 09/04/2015

Coord. UTM : 205808.166, 2202702.243

Altitude : 2150-2155 m

Situation : plateau du Copalillo, pied de versant du Cerrito Pelón/bordure de Mich. 31N

Forme du terrain : pied de versant, plan droit et profil légèrement concave.

Pente : ~5°

Végétation : strate herbacée, espèces xérophytes

Description : Profil en apparence homogène sur les 100 premiers cm puis changement textural abrupt : argile *quasi* pure (*slickensides* bien marqués et structure en blocs anguleux). Drainage modéré. Couleur café-brun. Structure en micro-agrégats friables et développement de structure en bloc dans les horizons profonds. Pierrosité faible, bonne macro- et micro-porosité dans la majorité du profil. L'examen minutieux permet d'identifier un horizon Ab à 20 cm, surmonté d'un horizon riche en cailloux de petites dimensions (<1 cm).

Interprétation : sol ancien développé à partir d'un dépôt de cendre volcanique et recouvrant un sol plus ancien encore, aux propriétés vertiques marquées. Le niveau supérieur a été quant à lui recouvert par des colluvions.

P3 - Pellic Vertisol (Mollic, Stagnic)



Date : 10/04/2015

Coord. UTM : 205993.584, 2202584.361

Altitude : 2150 m

Situation : plateau du Copalillo/en périphérie de Mich. 31N

Forme du terrain : plaine, plan et profil légèrement concaves.

Pente : <2°

Végétation : strate herbacée, végétation notablement plus verte qu'alentour.

Description : Profil uniforme, mal drainé, couleur brun-gris avec des nuances bleutées et orangées, indices d'oxydo-réduction. Développement de structure en blocs anguleux sur presque l'intégralité du profil. Texture argileuse nette. *Slickensides* en profondeur et fissures (propriétés vertiques). L'enracinement suit les fissures et la porosité est rapidement limitée. Durcissement rapide au séchage.

Interprétation : sol ancien développé à partir de l'altération longue de dépôts de cendre volcanique. Les propriétés vertiques marquées suggèrent la migration des argiles et la néoformation (vertisolisation). Les traces d'oxydo-réduction indiquent un drainage lent et la stagnation d'eau en profondeur pendant une partie de l'année. Les propriétés stagniques et la proximité d'une retenue d'eau artificielle suggèrent que le profil se situait anciennement en bordure d'un point d'eau temporaire.

P4 - Endovertic Phaeozem (Differentic)



Date : 13/04/2015

Coord. UTM : 206266.602,2202498.117

Altitude : 2150 m

Situation : plateau du Copalillo/bordure de Mich. 417

Forme du terrain : plaine, plan et profil légèrement concaves.

Pente : ~5°

Végétation : strate herbacée, espèces xérophytes

Description : Profil à horizons bien différenciés, au drainage interne lent, de couleur brun à brun-gris en profondeur. Bonne capacité à retenir l'humidité. Un horizon moyennement structuré recouvre un horizon grumeleux commençant à 60 cm. Il surmonte un horizon argileux (80 cm) à structure bien développée en bloc avec *slickensides*. L'horizon C apparaît passé 100 cm. La porosité est bonne dans la majorité du profil et les racines abondantes dans les horizons supérieurs qui présentent des cailloux (>1 cm).

Interprétation : sol ancien développé à partir de dépôts de cendre volcanique. L'horizon profond résulte d'une phase de pédogénèse plus ancienne et présente des propriétés vertiques. Néoformation d'argiles probable en profondeur. L'eau se maintient dans le bas du profil pendant une partie de l'année, sans induire de propriétés stagniques prononcées.

P5 - Cambic Phaeozem (Colluvic, Technic, Vitric)



Date : 15/04/2015

Coord. UTM : 205557.028,2202746.246

Altitude : 2175 m

Situation : plateau du Copalillo, versant bas du Cerrito Pelón/Mich. 319.

Forme du terrain : versant bas, plan droit et profil légèrement concave.

Pente : >5°

Végétation : fourré clair et forêt de chêne éparse.

Description : Profil homogène avec transition très légère entre les horizons. Drainage rapide. Couleur café à café clair. Texture grossière et porosité très importante. Structure en agrégat se réduisant en poudre à la pression du bout des doigts. Présence de *lapillis*, de cailloutis (>1 cm) et de nombreux artefacts dans les horizons supérieurs. Le changement de couleur reflète probablement un horizon cambique.

Interprétation : sol développé sur dépôt de cendre volcanique et colluvions de ce même matériau parental. Possibles manipulations anthropiques mais reprise d'une pédogénèse normale.

P6 - Endovertic Phaeozem (Differentic)



Date : 13/04/2015

Coord. UTM : 206131.006,2202663.088

Altitude : 2150 m

Situation : plateau du Copalillo.

Forme du terrain : plaine, plan et profil légèrement concaves.

Pente : <2°

Végétation : strate herbacée. Végétation plus verte qu'alentour.

Description : Très similaire au profil P4. Deux horizons bien marqués. Couleur brune à brun gris en profondeur. Capacité de rétention de l'humidité. En surface, horizons peu structurés, poreux et riches en racines. Peu de pierres. En profondeur (70 cm), la texture est argileuse et la structure en bloc présente des faces de glissement.

Interprétation : sol ancien développé à partir de dépôts de cendre volcanique. L'horizon profond résulte d'une phase de pédogénèse plus ancienne et présente des propriétés vertiques. L'eau se maintient dans le bas du profil pendant une partie de l'année, sans induire de propriétés stagniques prononcées.

P7 - Leptic, Endoskeletal Vertisol (Differentic)



Date : 18/04/2015

Coord. UTM : 206369.713,2202561.392

Altitude : 2150 m

Situation : plateau du Copalillo, levée orientale/proximité d'un groupe de structures archéologiques (Mich. 31).

Forme du terrain : levée de coulée, plan et profil convexes.

Pente : <2°

Végétation : strate herbacée et végétation xérophyte.

Description : profil homogène, peu épais. Couleur café à brun. Pierrosité importante, augmentant avec la profondeur. Affleurement à 1 m. Texture argileuse et structure en blocs. *Slickensides* en bas du profil. Fissures et dessiccation rapide du sol à l'air libre.

Interprétation : sol ancien développé à partir de dépôts de cendre volcanique. Néof ormation d'argiles probable en profondeur. Contrairement aux zones voisines, les potentiels apports postérieurs de matière (colluvions Cerrito Pelón, dépôts téphriques) sont moindres.

P8 - Chromic, Eutric, Endoskeletal Cambisol (Loamic, Colluvic, Transportic)



Date : 07/11/2014

Coord. UTM : 204503.585,2201448.720

Altitude : 2200 m

Situation : Mesa del Bolsón.

Forme du terrain : dépression sommitale, plan et profil légèrement concaves.

Pente : <2°

Végétation : strate herbacée, fourré clair de chêne.

Description : profil profond et homogène. Transitions discrètes entre les horizons. Couleur café clair à orangé. Bon drainage, bonne porosité. Présence de cailloutis et quelques gros blocs. Structure peu développée, grossière, à agrégats très friables. Enracinement sur toute la profondeur.

Interprétation : sol téphrique et colluvique, formé à partir de dépôts de cendre volcanique et des colluvions issues des versants alentour. Indices de modifications anthropiques possibles.

P14 - Stagnosol (Colluvic, Humic, Endoskeletal)



Date : 23/11/2013

Coord. UTM : 206128.792,2202301.751

Altitude : 2135-2140 m

Situation : plateau du Copalillo/Mich. 31N.

Forme du terrain : dépression, plan et profil concaves.

Pente : <2°

Végétation : strate herbacée, hydrophile.

Description : profil homogène avec affleurement en profondeur (100 cm). Couleur grisâtre avec tâches orangées. Drainage interne lent. Structure peu développée. Enracinement limité. Présence de cailloutis et quelques artefacts en profondeur (70 cm). Eau stagnante au fond du sondage.

Interprétation : sol formé à partir des colluvions issues des versants de la dépression et des alluvions issues du plateau. Probables manipulations anthropiques préhispaniques et plus tardives. Zone de stagnation d'eau, aujourd'hui limitée par une retenue d'eau construite en amont dans la seconde moitié du xx^e siècle.

P15 - Protostagnic, Protic (?) Regosol (Clayic, Densic, Humic, Relocatic (?))



Date : 26/11/2013

Coord. UTM : 206112.126,2202301.889

Altitude : 2140 m

Situation : plateau du Copalillo/Mich. 31N.

Forme du terrain : dépression, plan droit et profil légèrement concave.

Pente : 5-10°

Végétation : strate herbacée.

Description : profil homogène, sans horizon clairement identifiable. Couleur café clair grisâtre. Drainage modéré à lent en profondeur. Indices d'oxydo-réduction en bas du profil (taches orangées). Structure dense. Texture argileuse. Porosité *quasi* nulle. Enracinement limité dès 20 cm. Pierrosité peu importante.

Interprétation : La pédogénèse du sol est incertaine. Il a potentiellement été formé en partie par des déplacements anthropiques de terre.

P16 - Protostagnic, Colluvic, Protic (?) Regosol (Clayic, Densic, Humic, Relocatic (?))



Date : 26/11/2013

Coord. UTM : 206119.548,2202301.266

Altitude : 2135-2140 m

Situation : plateau du Copalillo/Mich. 31N.

Forme du terrain : dépression, plan droit et profil concave.

Pente : 5°

Végétation : strate herbacée.

Description : profil homogène sur les 70 premiers cm recouvrant un horizon profond argileux et dense, marqué par des indices d'oxydo-réduction. Drainage lent en

profondeur. Couleur brune dans la majorité du profil. Couleur café clair grisâtre en profondeur. Absence de structure. Porosité bonne et enracinement jusqu'à 70 cm. Pierrosité caractérisée par des cailloux de petites dimensions (~5 mm).

Interprétation : Sol formé à partir des colluvions issues des versants de la dépression. L'horizon profond argileux a été formé lors d'une phase de pédogénèse plus ancienne.

P17 - Endovertic Phaeozem (Relocatic)



Date : 27/11/2013

Coord. UTM : 206098.425,2202304.200

Altitude : 2140 m

Situation : plateau du Copalillo/amont d'une terrasse qui borde la dépression (Mich. 31N).

Forme du terrain : zone de *seepage*, plan et profil droits.

Pente : <2°

Végétation : strate herbacée.

Description : profil homogène à drainage modéré. Couleur brun grisâtre avec indices d'oxydation dès 40 cm (couleur orangée). Porosité bonne et enracinement normal jusqu'à 60 cm. Structure peu développée en surface, puis développement de structure en profondeur avec indice de migration des argiles vers le bas du profil. Propriétés verticales légèrement exprimées, en formation.

Interprétation : Sol ancien formé à partir de dépôts de cendre volcanique. De possibles modifications anthropiques semblent avoir perturbé la pédogénèse (construction de la terrasse ?).

P18 - Leptic Vertisol (Humic, Hyperskeletal)



Date : 28/11/2013

Coord. UTM : 206373.365,2202234.511

Altitude : 2135 m

Situation : plateau du Copalillo/sondage d'un réseau de terrasses (Mich. 31N).

Forme du terrain : épaulement, plan droit et profil convexe

Pente : 5-10°

Végétation : strate herbacée, végétation xérophyte.

Description : profil peu épais (40 cm max.), homogène, à drainage modéré. Couleur brune à brun rouge (violacé par endroits). Porosité limitée dans le profil inférieur. Pierrosité très importante : blocs de différentes dimensions (>10 cm et pierraille). Développement de structure en profondeur, avec *slickensides*. Fissures. Texture argileuse. Horizon C caractérisé par de la cendre indurée (*tepetate*).

Interprétation : Sol ancien formé à partir de dépôts de cendre volcanique. Action anthropique certaine et importante. Possible remodelage complet des horizons. Néanmoins, indices d'oxydo-réduction en bas du profil et concentration plus importante en argile. Ancien sol cultivé.

P19 - Acric Stagnosol (Relocatic (?))



Date : 27/11/2013

Coord. UTM : 205865.641,2202506.849

Altitude : 2135 m

Situation : plateau du Copalillo/sondage d'une plateforme préhispanique (Mich. 31N).

Forme du terrain : zone de *seepage*, plan droit et profil convexe

Pente : <2°

Végétation : strate herbacée, végétation xérophyte.

Description : profil homogène sans structuration. Drainage lent. Couleur gris-brun. Porosité et enracinement limité dès 40 cm. Nette augmentation de la teneur en argiles dès 20 cm. Stagnation d'eau en bas du profil et affleurement de cendre indurée humidifiée (*tepetate*).

Interprétation : Sol vraisemblablement issu d'un ouvrage de nivellement anthropique. L'important taux d'argile limite le drainage et entraîne la stagnation d'eau.

P20 - Leptic Phaeozem (Technic)



Date : 27/11/2013

Coord. UTM : 204730.520,2201404.392

Altitude : 2135 m

Situation : sommet Mesa del Bolsón/sondage d'un habitat préhispanique (Mich. 318).

Forme du terrain : zone sommitale avec affleurements rocheux, plan et profil convexe.

Pente : <2°

Végétation : forêt claire de chêne.

Description : Profil homogène peu épais (40 cm max.), peu structuré, à drainage modéré. Couleur brun sombre. Teinte rougeâtre en profondeur (oxydation et altération du matériau sous-jacent andésitique). Porosité bonne et enracinement sur toute la profondeur du profil. Pierrosité assez importante (cailloutis). Horizon subsuperficiel notablement plus argileux. Artefacts assez nombreux.

Interprétation : Sol d'origine téphrique altéré. La teneur plus importante en argile dans l'horizon profond et la couleur rougeâtre suggèrent l'altération pédogénétique. Possible migration des argiles au sein du profil. Remaniements anthropiques potentiels.

P21 - Endovertic, Cambic Phaeozem (Technic (Archaic))



Date : 27/11/2013

Coord. UTM : 205961.859,2202433.235

Altitude : 2145-2150 m

Situation : plateau du Copalillo/sondage d'une structure archéologique (Mich. 31N).

Forme du terrain : zone de *seepage*, plan droit et profil légèrement convexe.

Pente : <2°

Végétation : strate herbacée, végétation xérophyte.

Description : Profil homogène caractérisé par l'abondance de matériel d'origine anthropique. Drainage modéré. Couleur brun sombre. Teinte rougeâtre en profondeur accompagnée de développement de structure (horizon cambique). *Slickensides* en profondeur avec texture notablement plus argileuse. Porosité et enracinement bons en surface, réduits en bas du profil.

Interprétation : Sol d'origine téphrique altéré. L'altération pédogénétique est marquée par l'oxydation du fer et le développement de structure. Possible migration des argiles, voire néoformation (vertisolisation en cours). Remaniements anthropiques évidents dans les horizons supérieurs.

P22 - Gleyic Kastanozem (Loamic, Colluvic, Densic, Limnic)



Date : 28/11/2015

Coord. UTM : 208708.829,2202986.852

Altitude : 1975 m

Situation : rive de l'ancien lac, pied de versant de la coulée de Los Espinos/périphérie de Mich. 420.

Forme du terrain : interface pied de versant-rive lacustre.

Pente : <2°

Végétation : végétation aquatique et hydrophile.

Description : Profil clairement lité avec eau stagnante dès 60 cm. Pierrosité importante. Couleur brun sombre avec teintes bleutées et grisâtres. Quelques artefacts. Pas de structure. Texture limoneuse. Présence d'un horizon notablement plus dense au milieu du profil.

Interprétation : Sol constitué par les dépôts lacustres successifs (limnic) et l'apport de matière par colluvionnement. Potentiellement marécageux avant le drainage du lac. L'absence de matière organique non décomposée indique l'humification en cours. L'horizon densic résulte peut-être des travaux agricoles. La réaction de l'HCl suggère la présence de carbonates secondaires formés après le drainage en plus des possibles restes de malacofaune.

P23 - Chromic, Eutric, Endoskeletal Cambisol (Loamic, Colluvic, Transportic)



Date : 25/11/2015

Coord. UTM : 206781.496,2201927.093

Altitude : 2120-2125 m

Situation : inter-ride de pression sur le Caracol/Mich. 68).

Forme du terrain : inter-ride plan. Plan et profil très légèrement concaves.

Pente : <2°

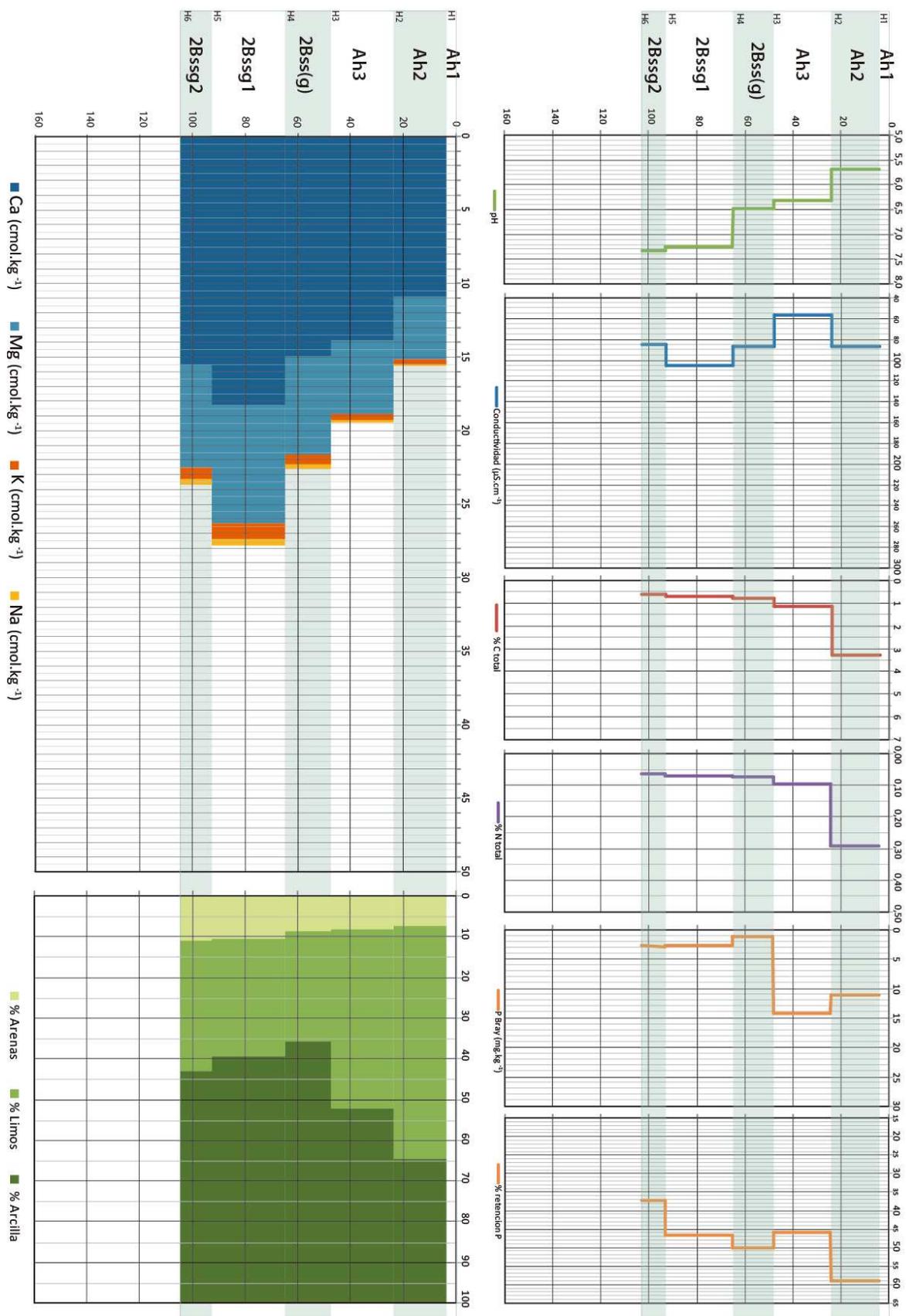
Végétation : clairière d'herbacée entre forêts de chêne éparées.

Description : Profil profond et homogène. Transition discrète entre les horizons. Bon drainage. Couleur orangée à jaune. Porosité et enracinement très important tout au long du profil. Structure peu développée. Agrégats friables (texture limoneuse). Pulvéulence une fois sec. Affleurement en profondeur. Cailloutis modérément abondant.

Interprétation : Sol d'origine téphrique et colluvique. Possible remaniement d'origine anthropique. Potentielle zone cultivée ancienne.

P1

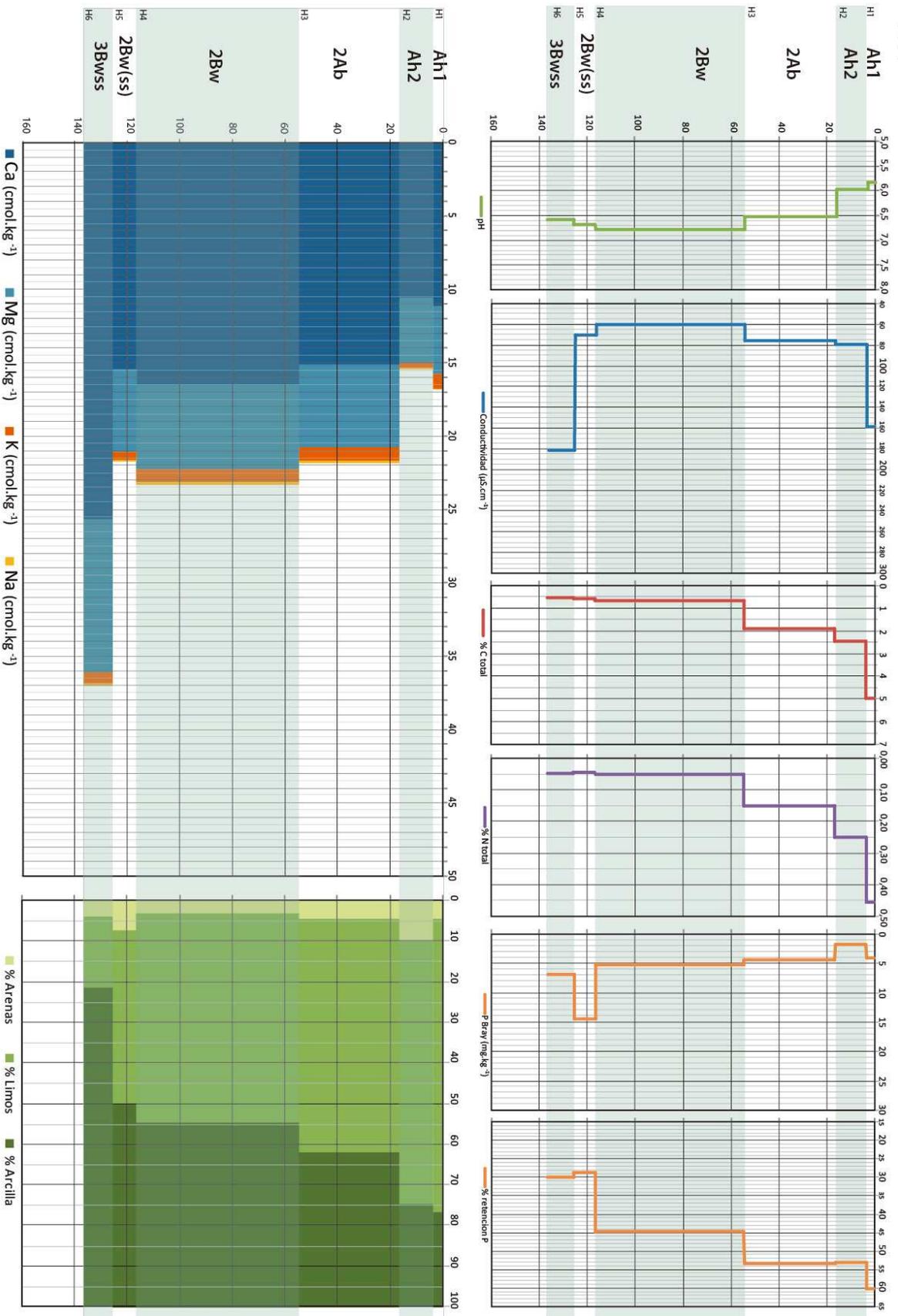
Gleyic, Endoveritic, Ferric Phaeozem (Cutanic)



Annexe 4 - Analyses de sols

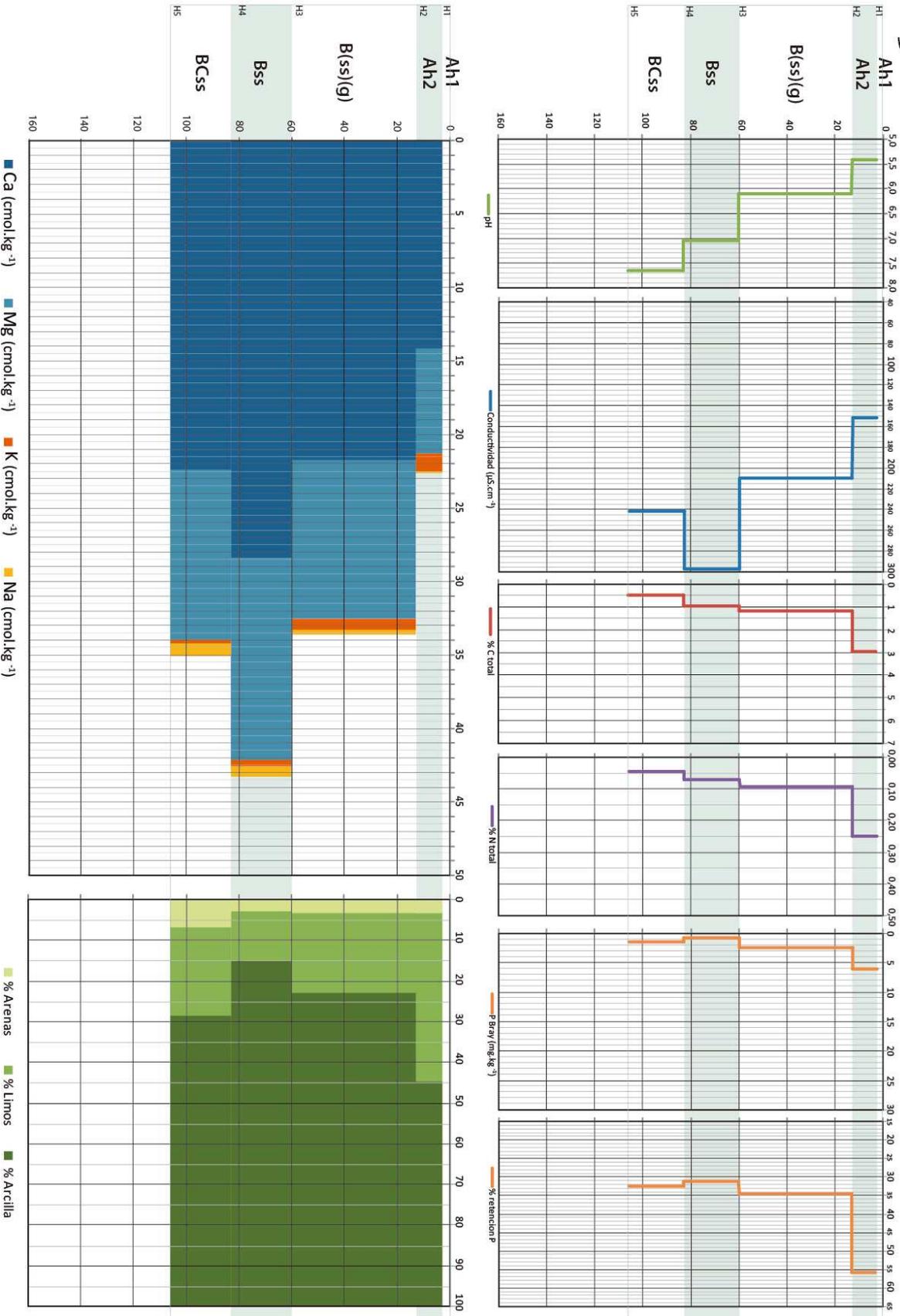
P2

Endoveritic Phaeozem (Colluvic, Cutanic, Differentic, Siltimovic)



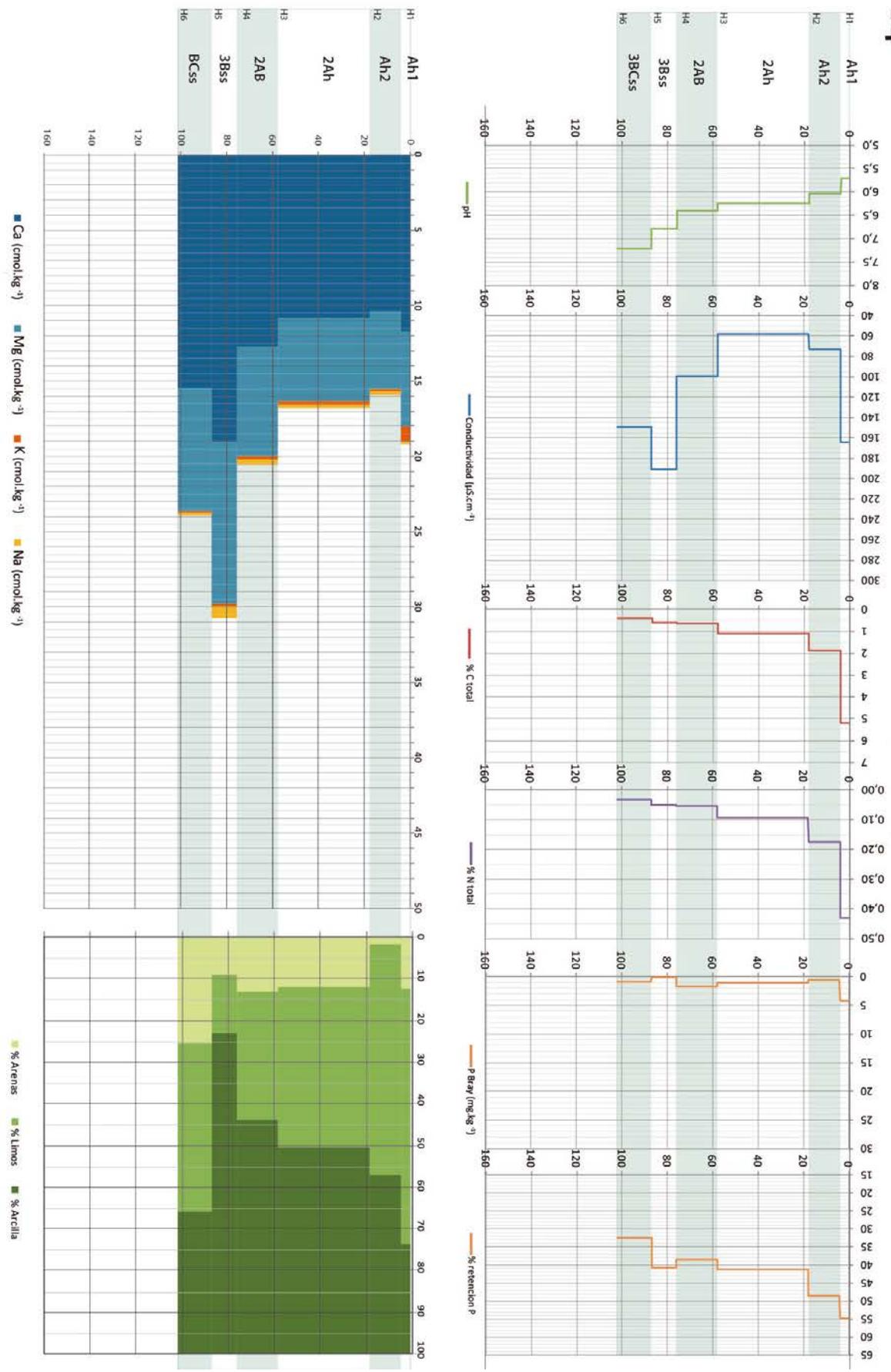
P3

Pellic Vertisol (Mollic, Stagnic)

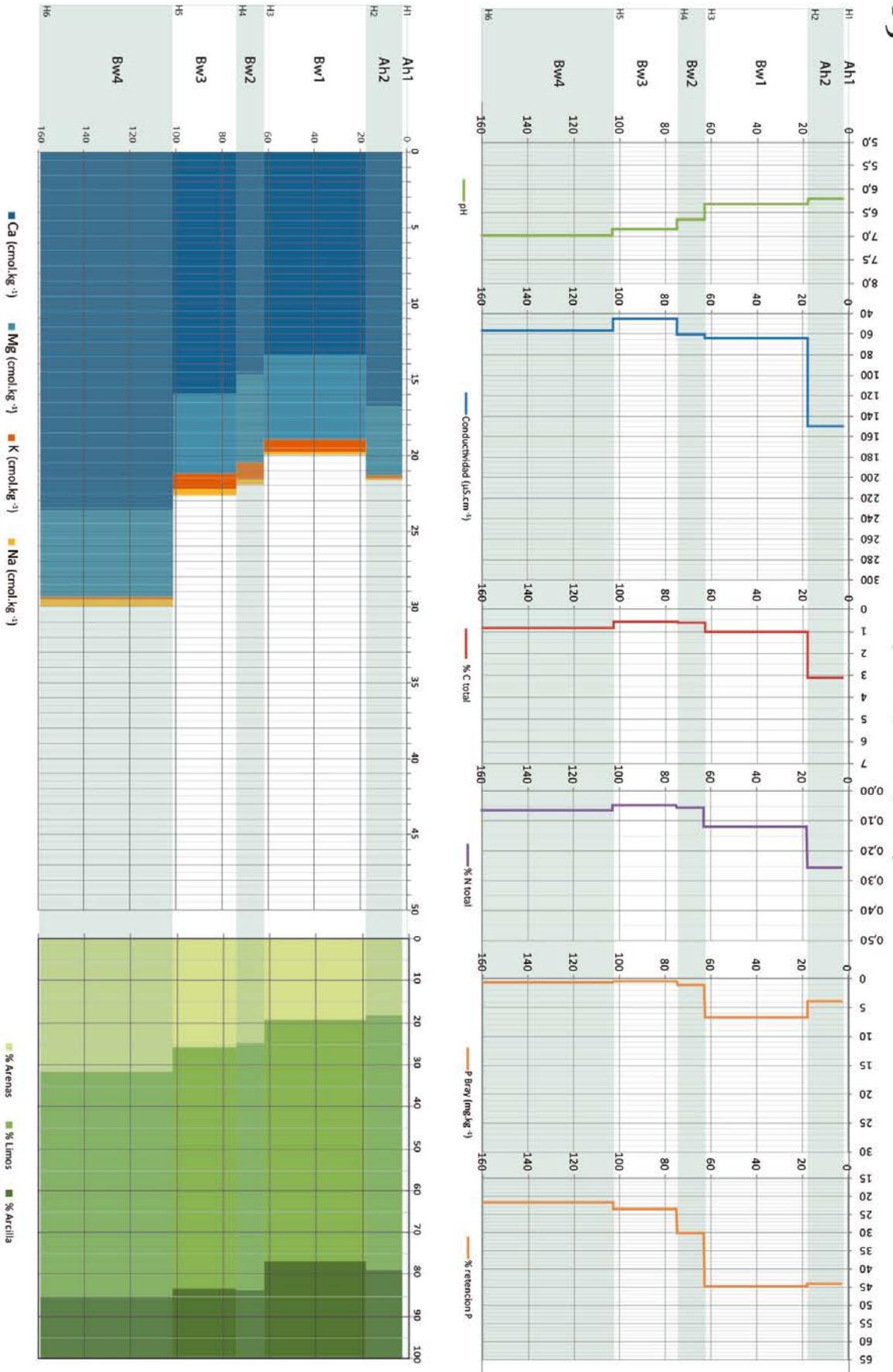


P4

Endoveritic Phaeozem (Diferentic)

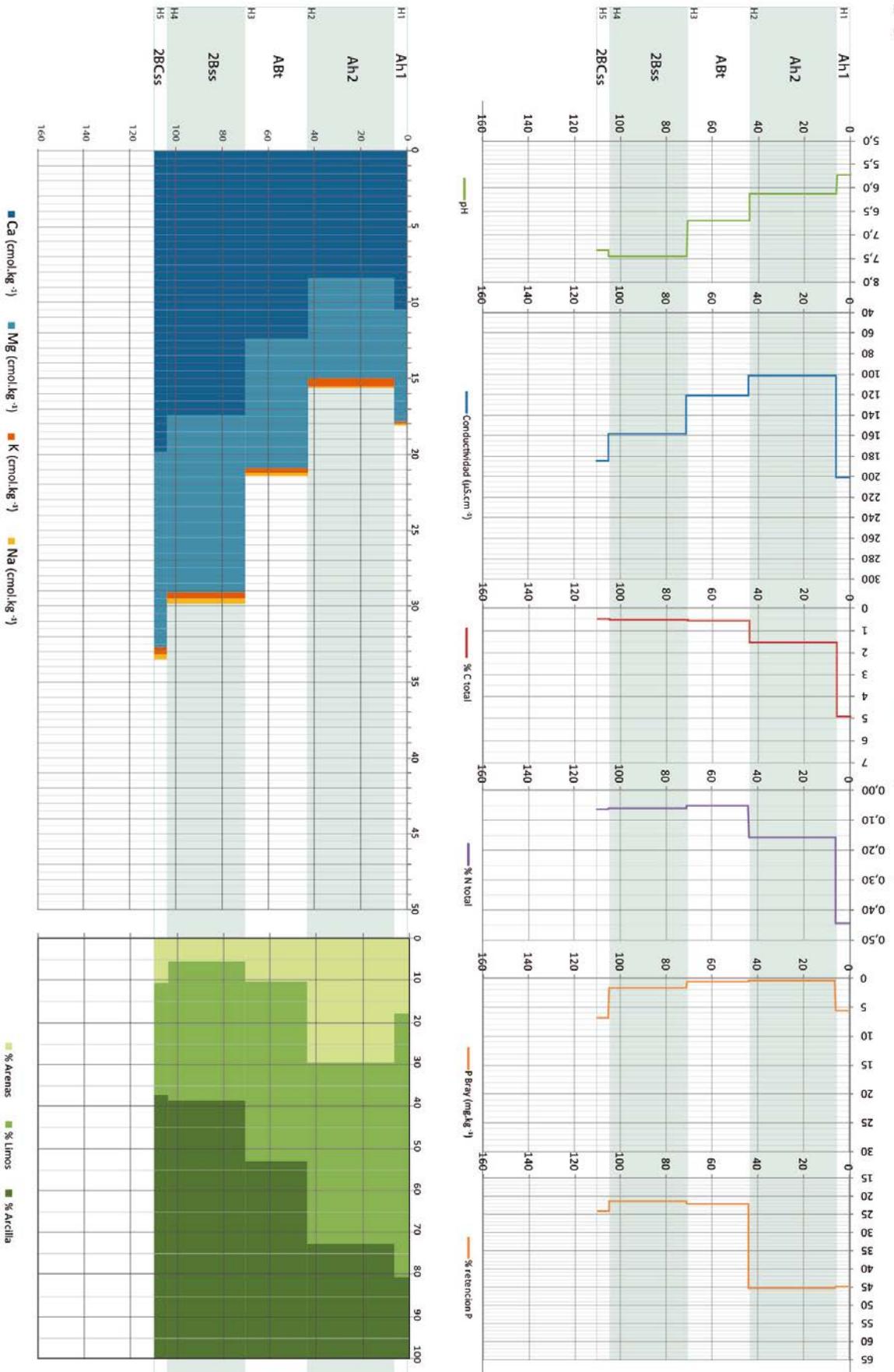


Cambic Phaeozem (Colluvic, Technic, Vitric)



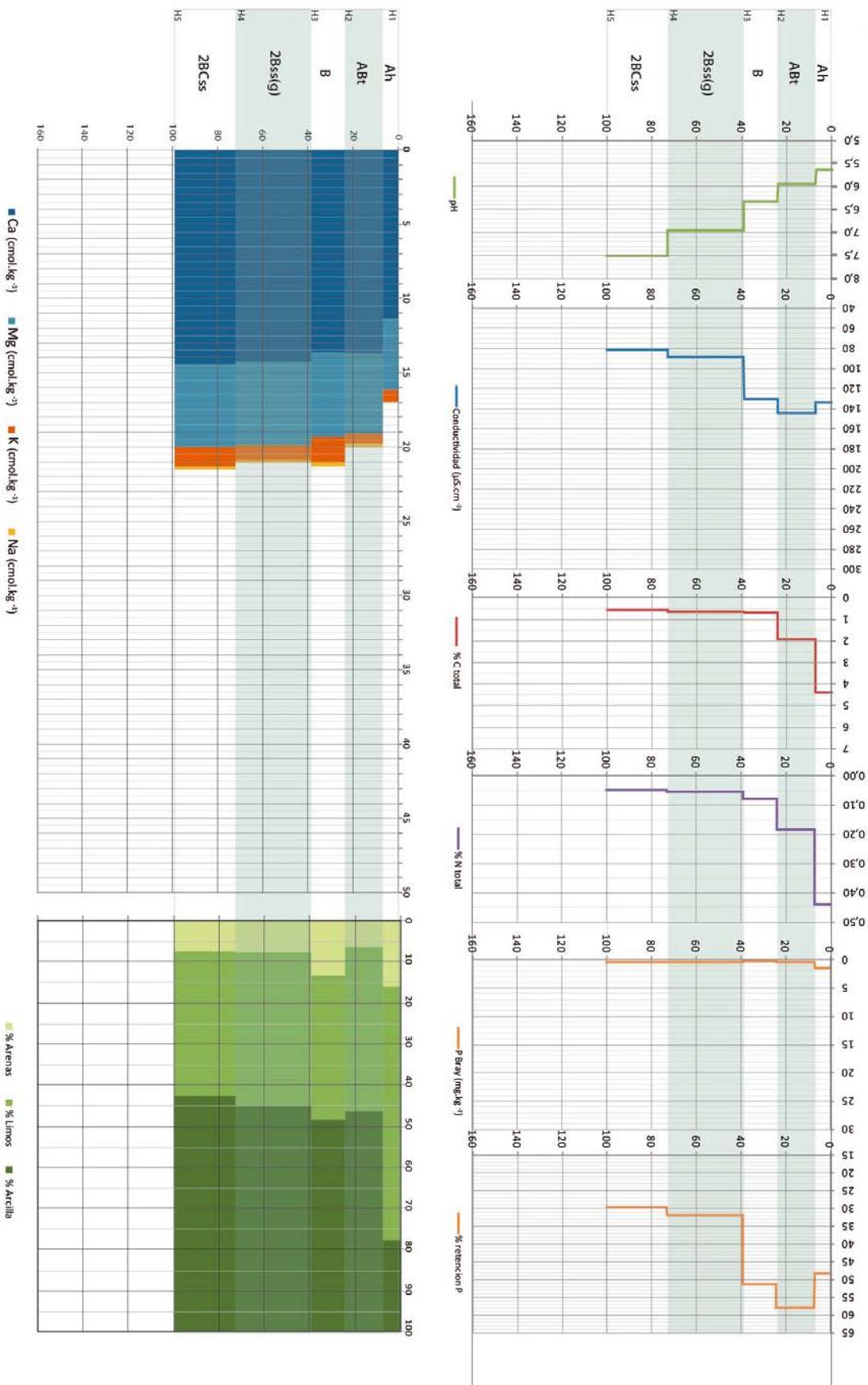
P6

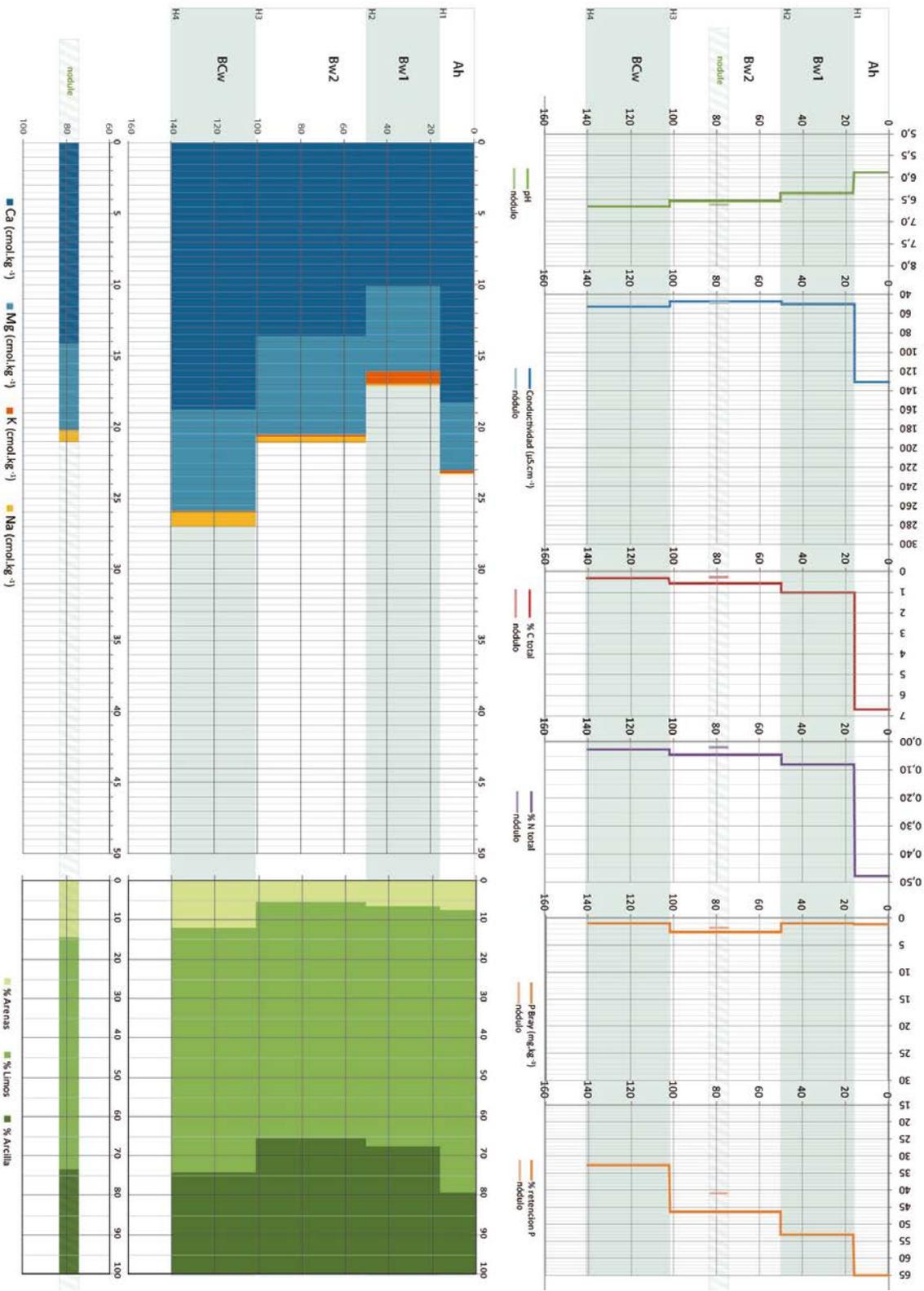
Endovertic Phaeozem (Diferentic)



P7

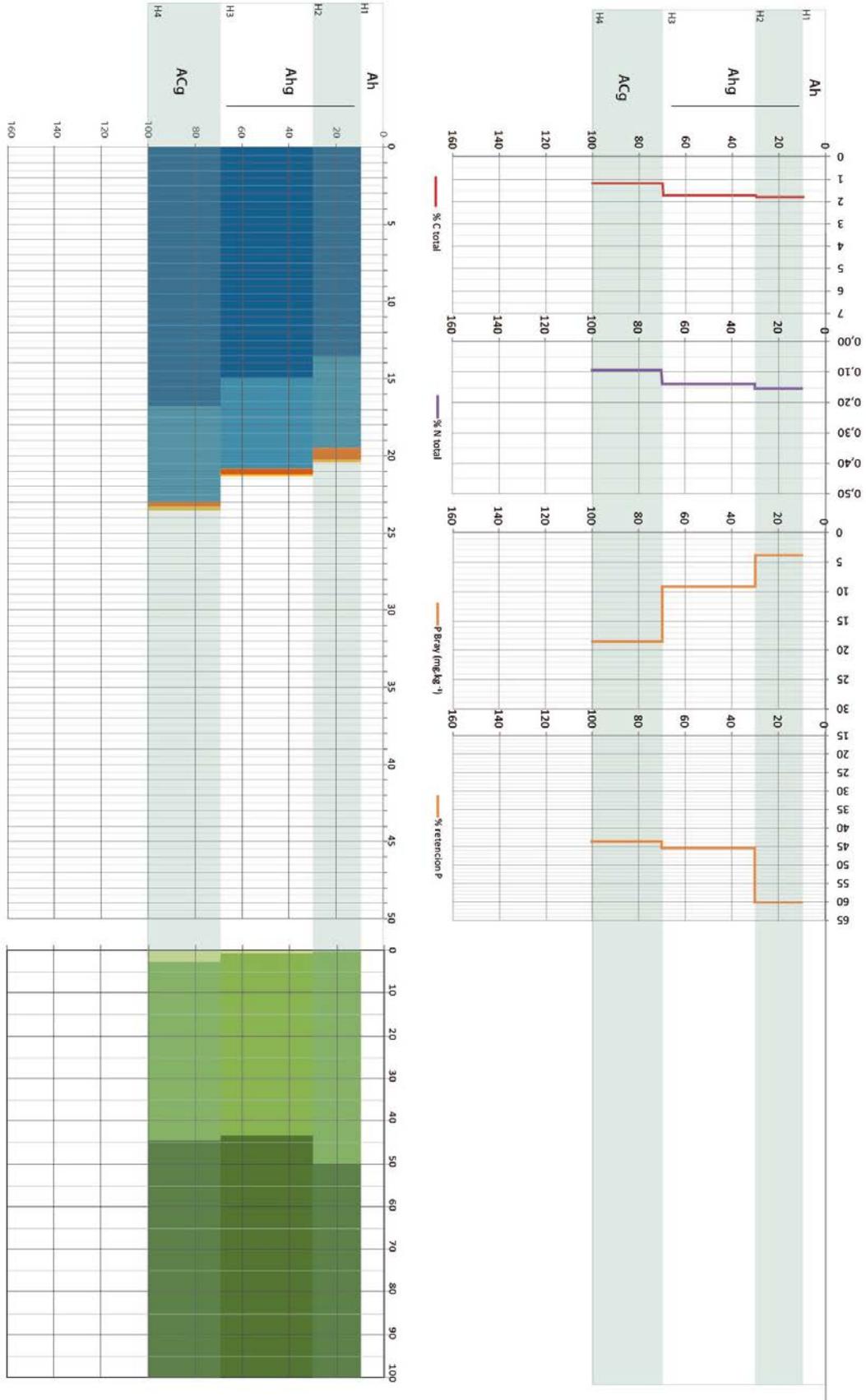
Leptic, Endoskeletal Vertisol (Diferentic)





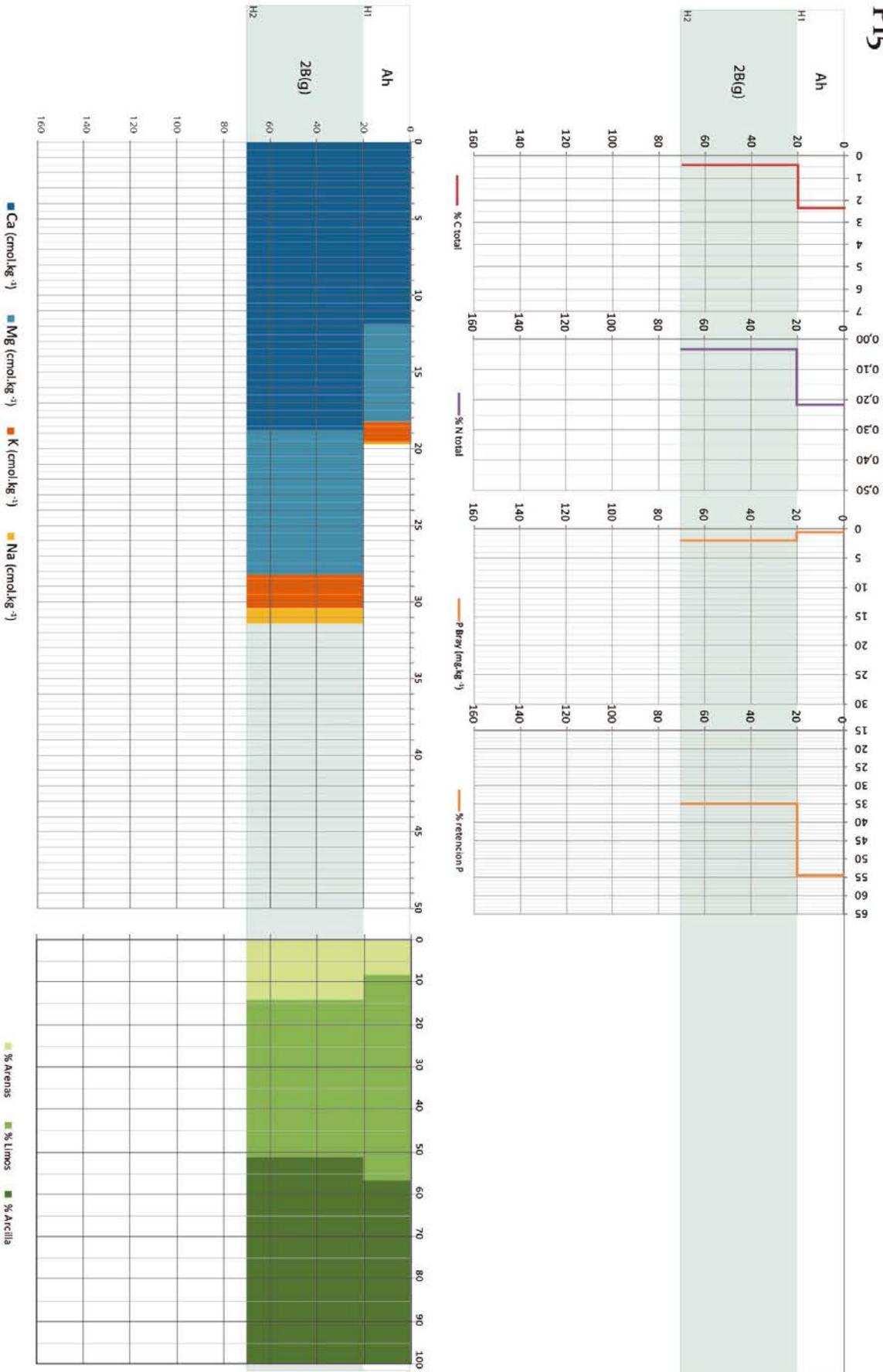
P14

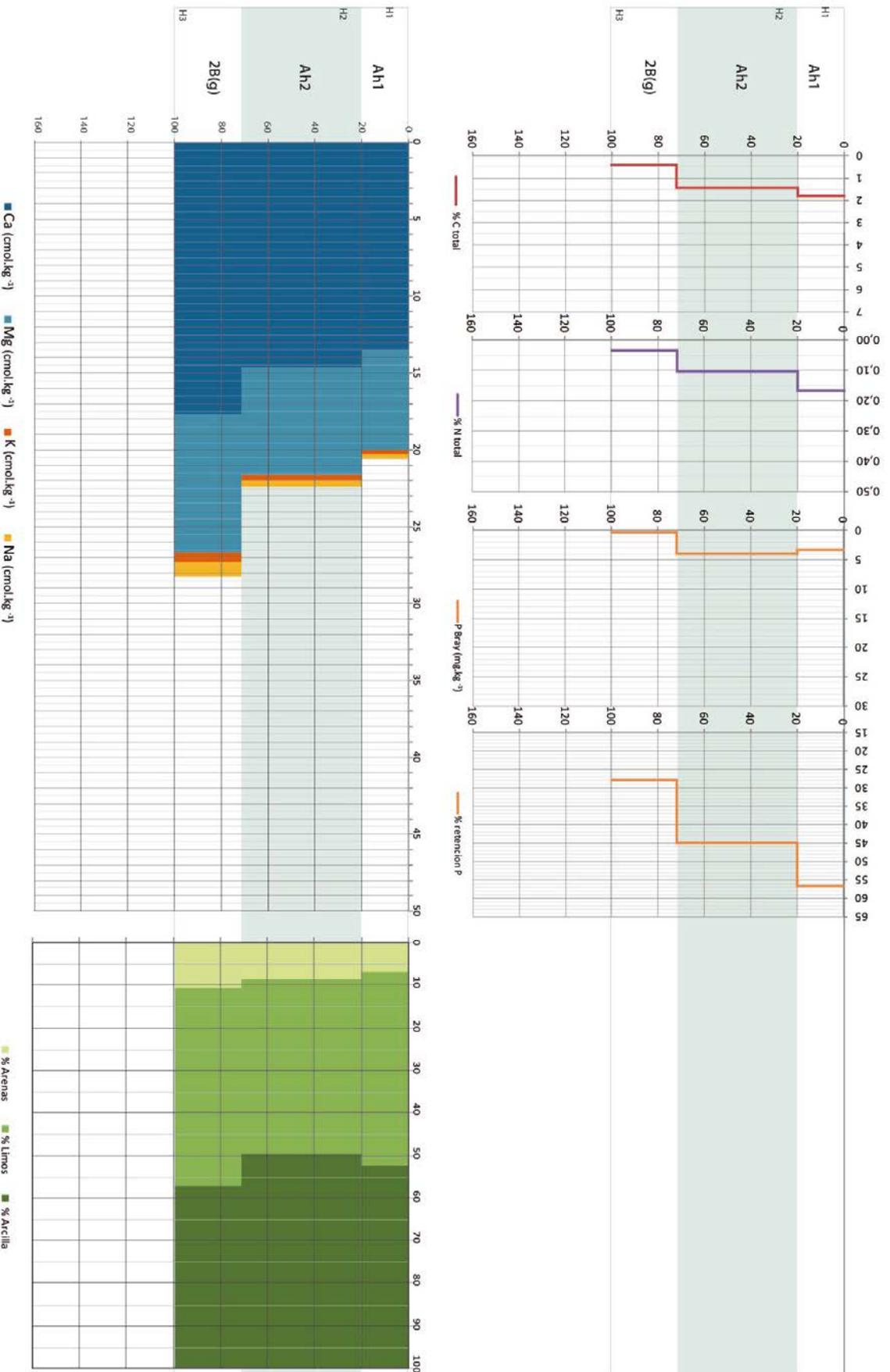
Stagnosol (Colluvic, Humic, Endoskeletal)



P15

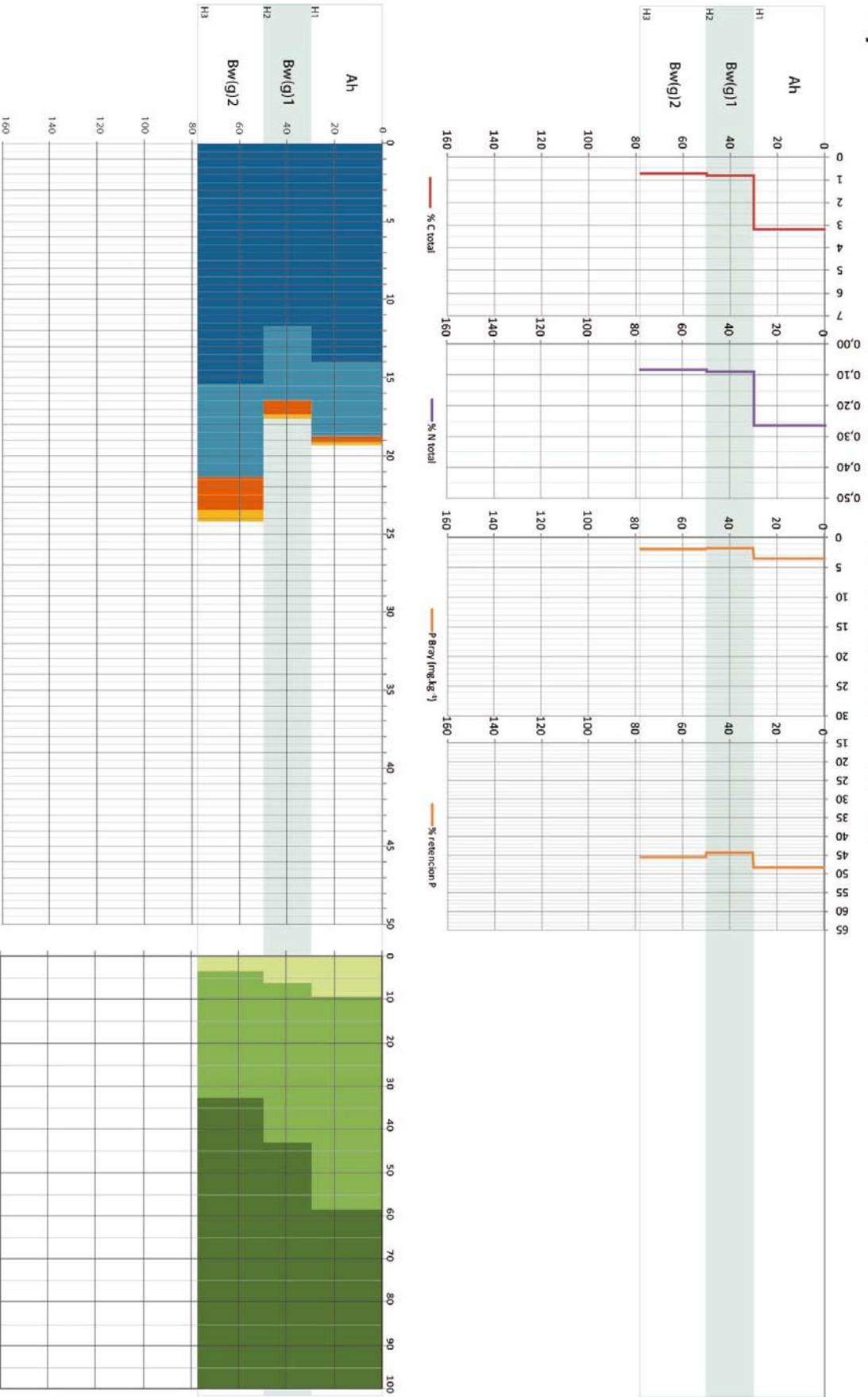
Protostagnic Protic (?) Regosol (Clayic, Densic, Humic, Relocatic (?))





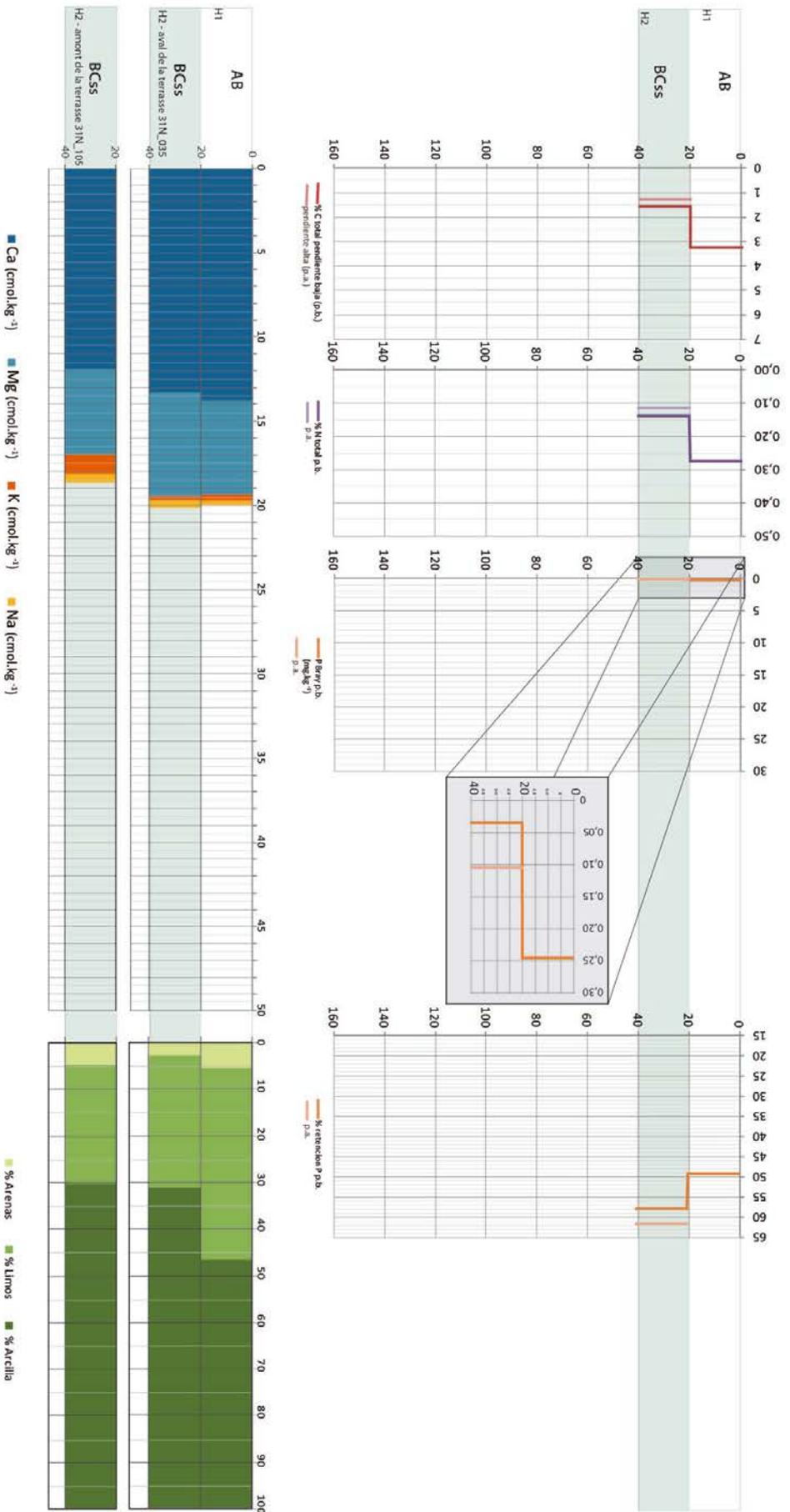
P17

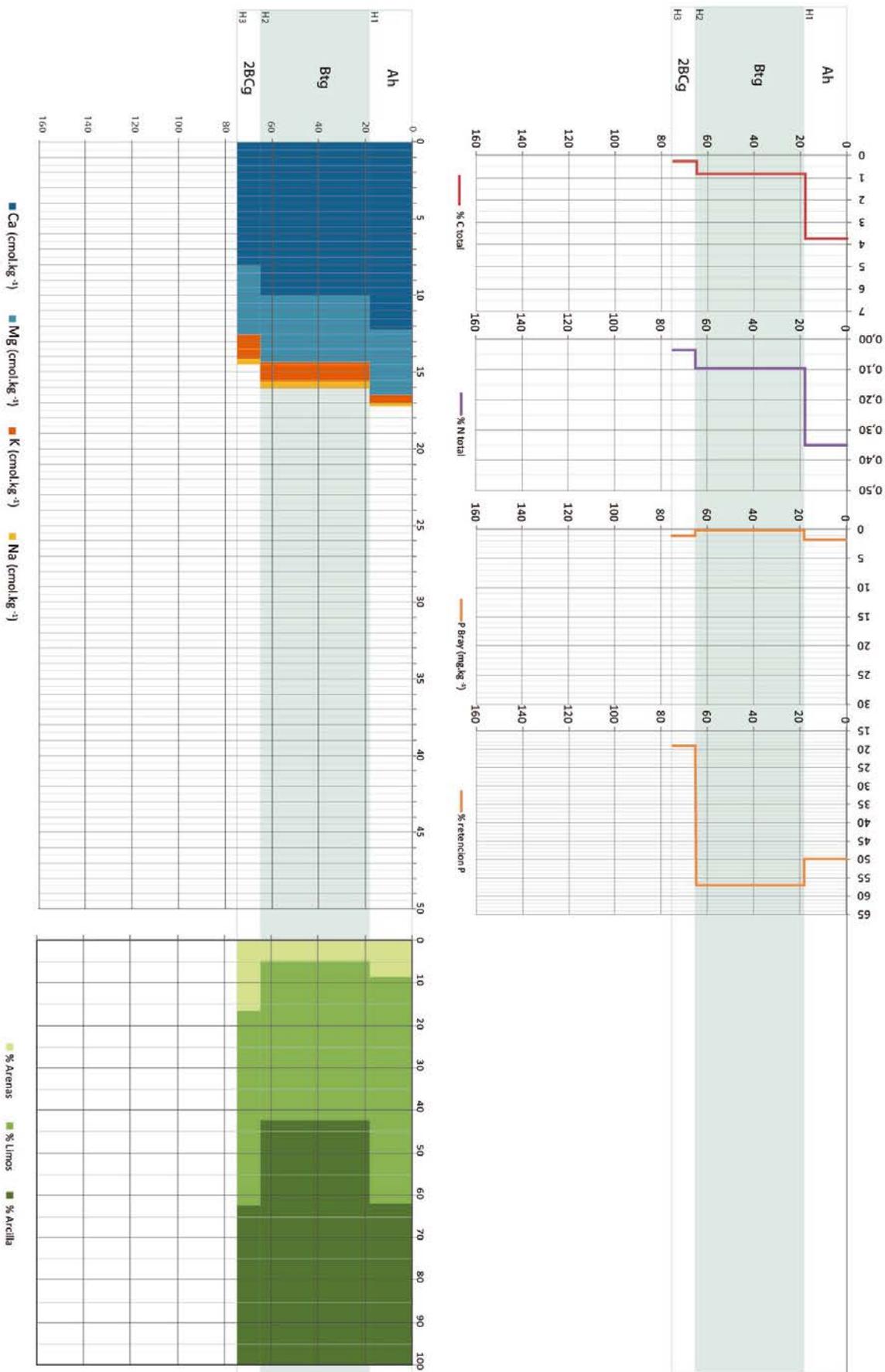
Endovertic Phaeozem (Relocatic)



P18

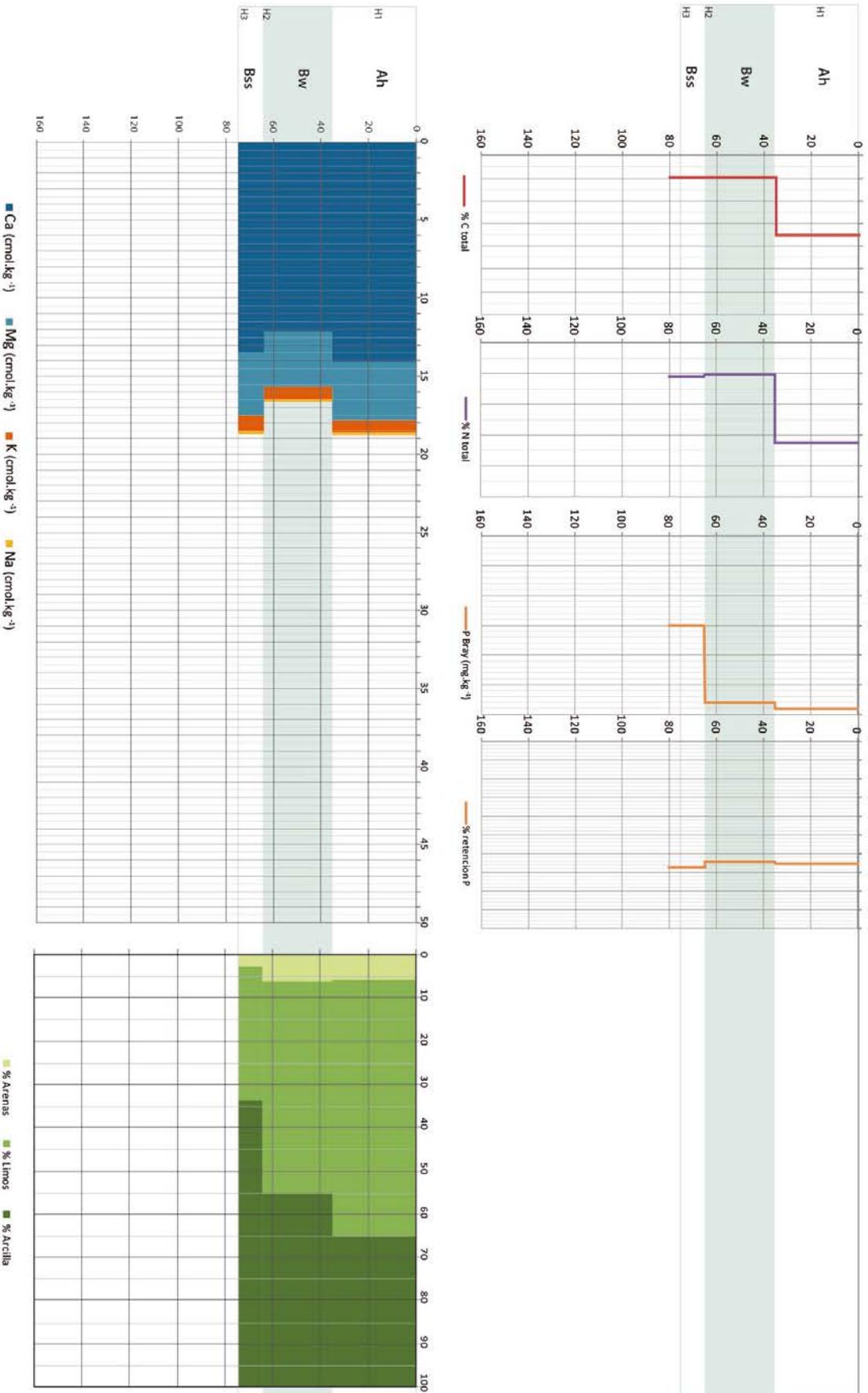
Leptic Vertisol (Humic, Hyperskeletal)





P21

Endoveritic Cambic Phaeozem (Technic (Archaic))



Annexe 5 – Évaluation écologique des sols décrits

| Profil | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 21 | 22 | 23 |
|-------------------------------|-------------|------------|------------|----------|------------|-------|------------|----------|--------|--------------|-------------|------------|------------|-------------|----------|----------|-----------------------|------------|
| Prof. physio. ⁴ | [cm] | 65 | 125 | 60 | 76 | 160 | 71 | 39 | 140 | 70 | 20 | 72 | 50 | 20 | 65 | 65 | 65 | 140 |
| CA ¹ | [%] | 5,5 (4) | 6,7 (3) | 5 (4) | 7,3 (4) | 8,75 | 8,5 (5) | 7 (5) | 7 | 4,5 (4,5) | 5,5 (3) | 4,5 (3) | 5,5 (3) | 5,5 (3) | 6 (6) | 6 (3) | 6 (>3) | 8,8 |
| CC ³ | [L·m-2] | 417 | 466 | 398 | 359 | 425 | 378 | 316 | 377 | 411 | 295 | 390 | 329 | 90 | 304 | 324 | 254 | 325,7 8 |
| dCC (RU) ³ | [L·m-2] | 89,5 | 191,8 | 71,8 | 118,8 | 269,2 | 114,4 | 68,2 | 171,7 | 83,2 | 26,7 | 85,5 | 63,5 | 13,5 | 88,8 | 96,3 | nappe | 223,2 |
| Drainage naturel ⁵ | | modéré | bon | lent | modéré | bon | modéré | modéré | modéré | lent | modéré | modéré | modéré | modéré | lent | modéré | très lent | bon |
| N total ² | [%] | 0,46 | 0,86 | 0,34 | 0,75 | 0,49 | 0,65 | 0,70 | 0,61 | 0,15 | 0,22 | 0,17 | 0,36 | 0,28 | 0,44 | 0,43 | - | - |
| P disp. ² | [mg·kg-1] | 12,7 | 3,5 | 4,3 | 1,9 | 5,3 | 3,0 | 0,6 | 1,2 | 6,4 | 1,3 | 3,6 | 2,6 | 0,1 | 0,9 | 29,0 | - | - |
| pH ¹ | | 6,2 | 6,3 | 5,7 | 6,1 | 6,6 | 6,2 | 6,0 | 6,4 | 6,1 | 6,0 | 6,4 | 6,1 | 5,9 | 5,8 | 5,8 | 5,5 | 6,0 |
| CEC ¹ | [cmol·kg-1] | 37,3 | 44,9 | 54,6 | 49,6 | 38,1 | 32,7 | 50,9 | 36,5 | 46,3 | 47,7 | 46,9 | 54,1 | 54,6 | 45,6 | 38,5 | 30,5 | - |

Tableau d'annexe III – Évaluation écologique des sols décrits

bon, modéré, bas, très bas

Prof. physio. = Profondeur physiologique

CA = Capacité d'aération

CC = Capacité au champ

dCC = Réserve utile

CEC = Capacité d'échange cationique

¹Moyenne dans la profondeur physiologique

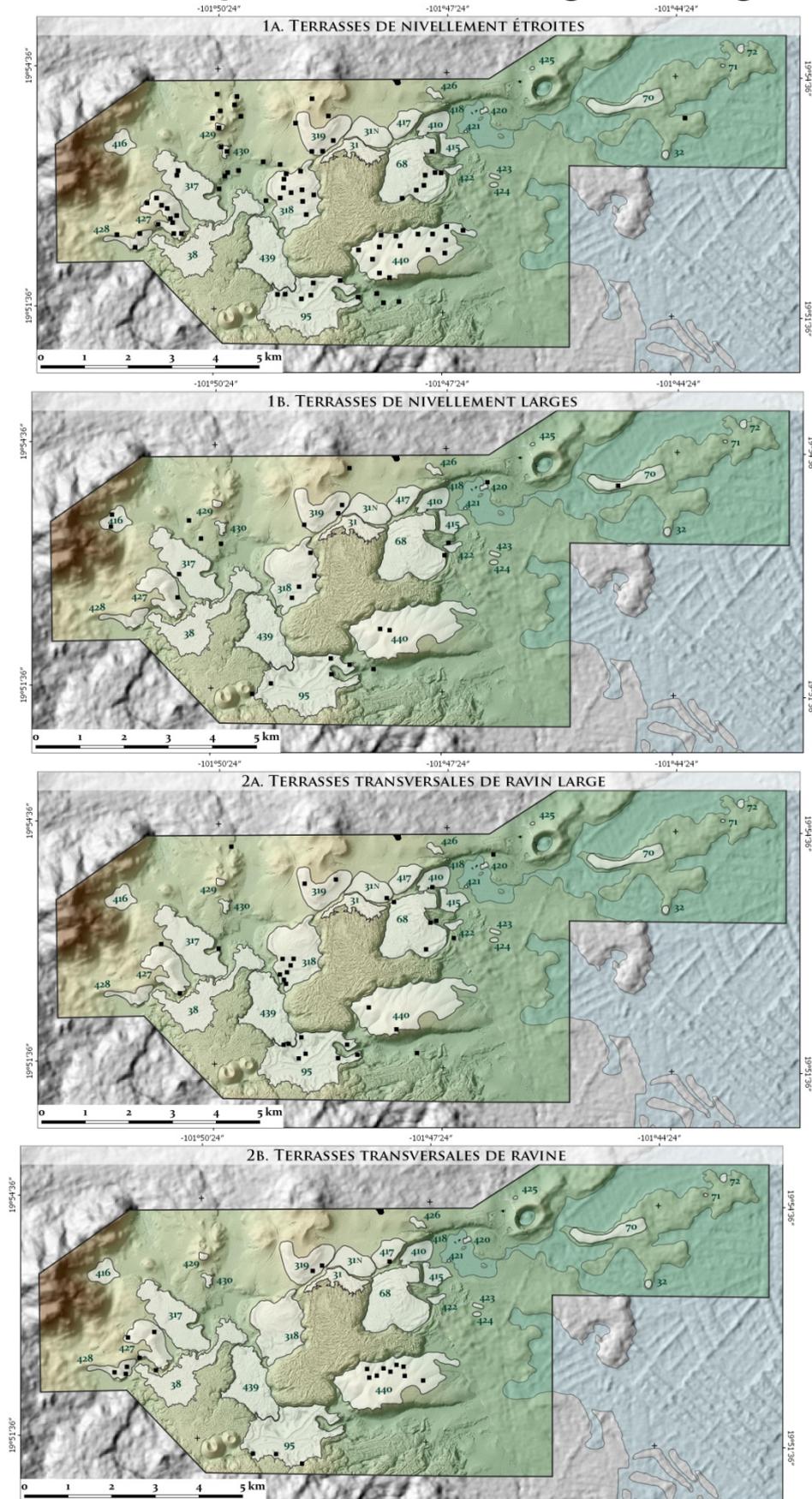
²Estimation d'après Pagel *et al.* 1982

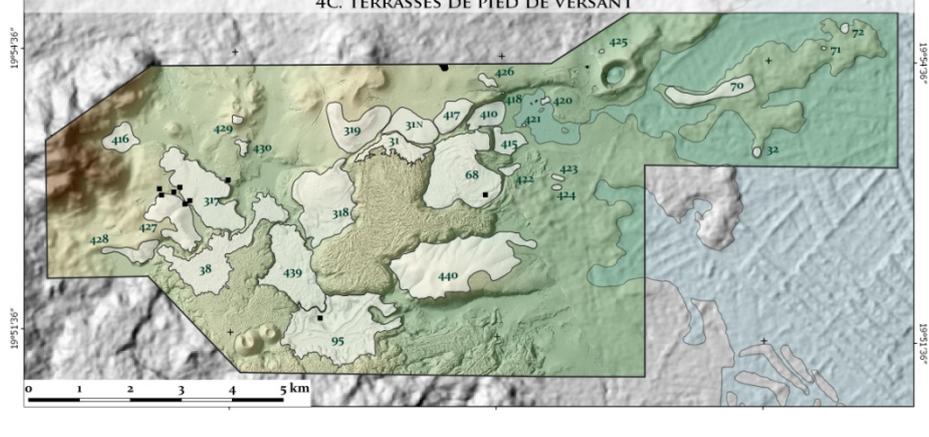
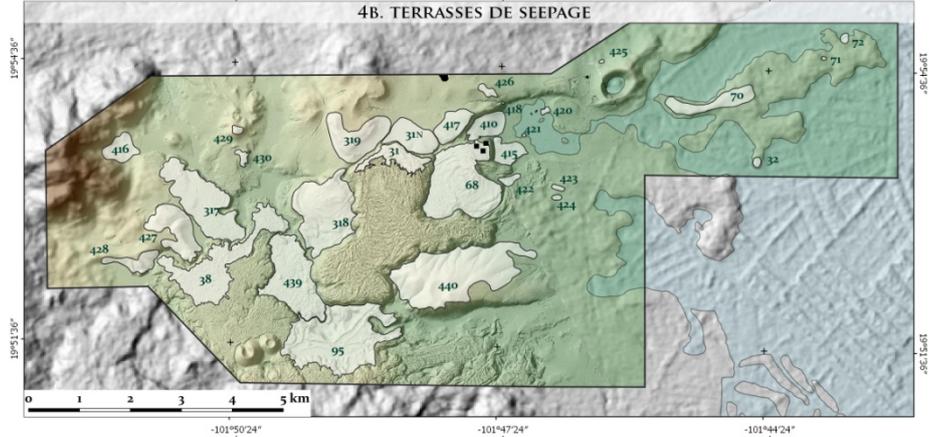
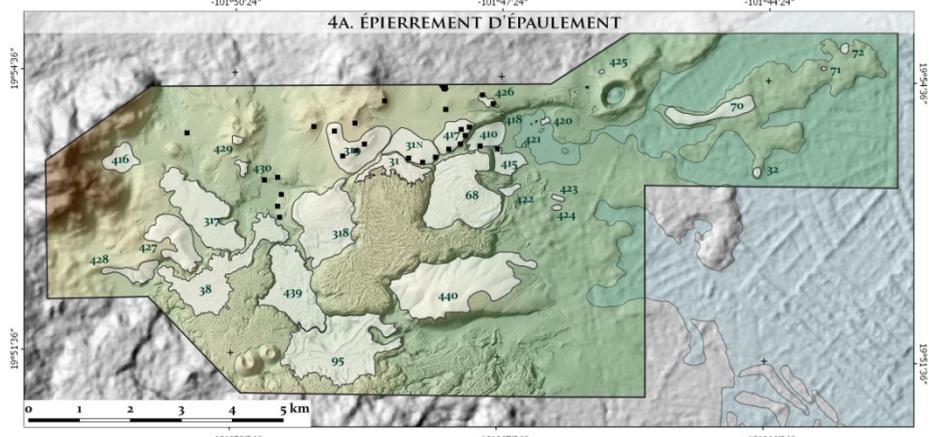
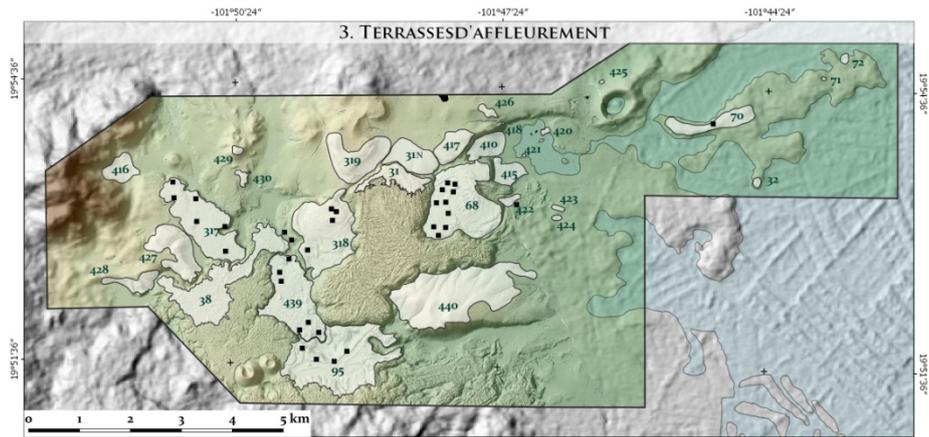
³Estimation d'après Siebe *et al.* 2006

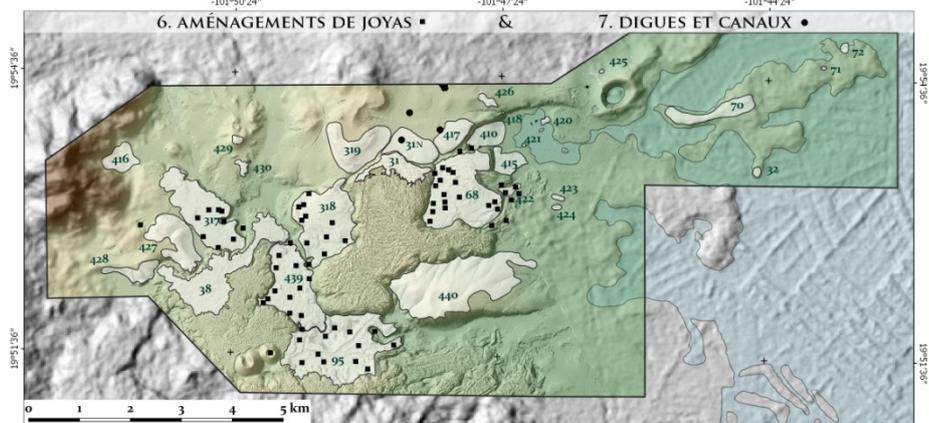
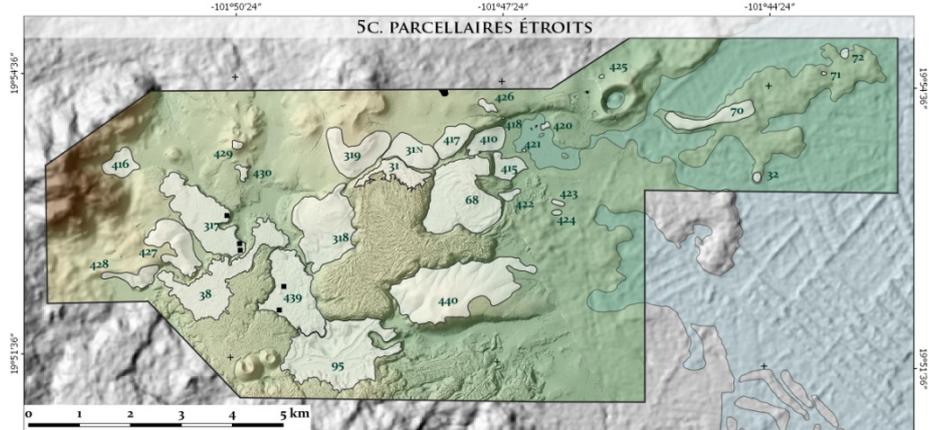
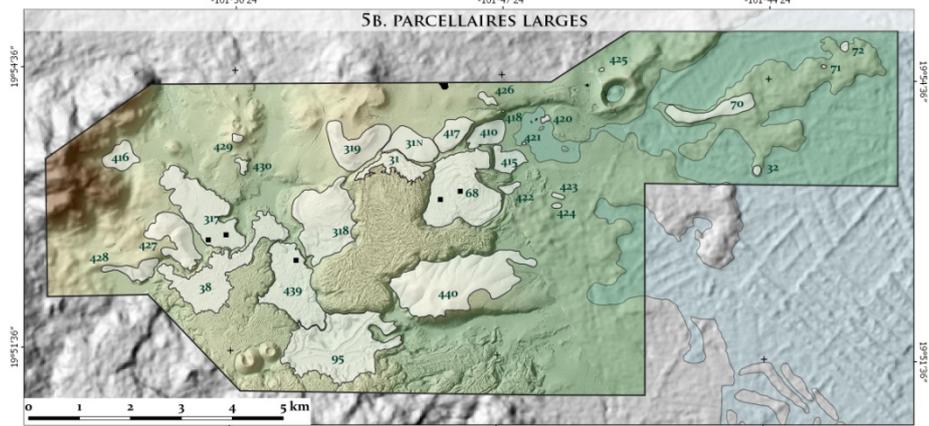
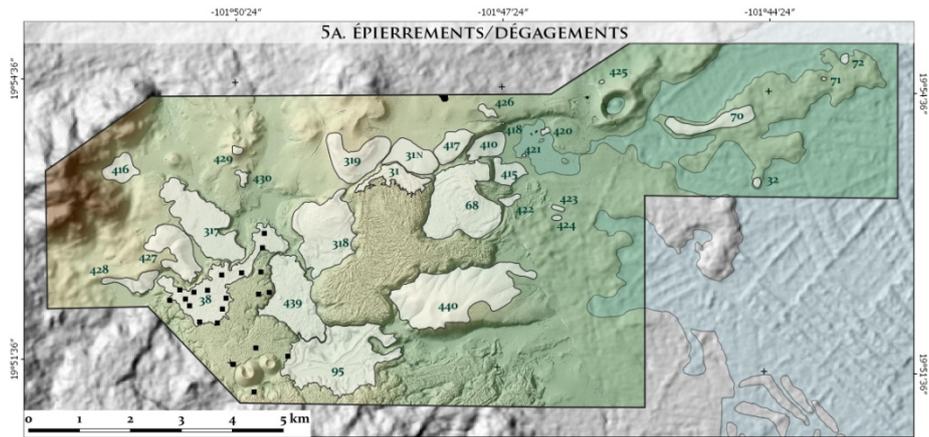
⁴Estimation d'après AGB 1982

⁵ Estimation d'après Soil Survey Division Staff 1993.

Annexe 6 - Répartition des aménagements agraires

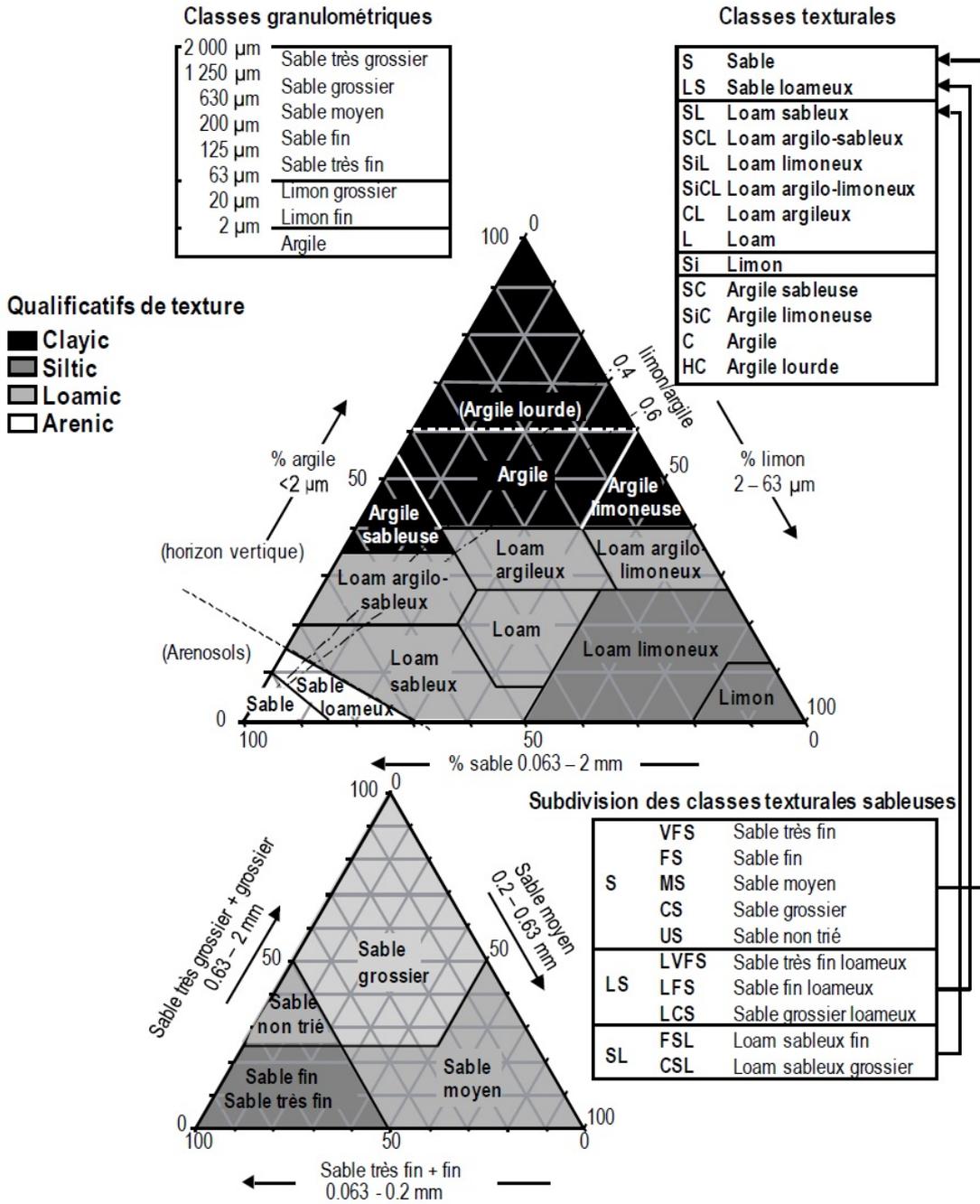






Annexe 7 - Triangle des textures utilisé

(issu de IUSS 2015 : 203)



Annexe 8 – Lexique des termes des sciences du sol utilisés

| | | | |
|--|----------|---|--|
| Adsorber | [pédol.] | Fixation d'atomes ou de molécules à l'état gazeux ou liquide sur une surface solide. | Duchaufour 2001 |
| Aération | [pédol.] | Entendu comme l'aération du sol en pédologie : porosité et espaces libres entre les agrégats. | Girard <i>et al.</i> 2011a |
| Agrégat | [pédol.] | Éléments fins ou colloïdaux (argiles, oxyhydroxydes, carbonates...) qui relient entre elles les particules minérales dans un sol. | Duchaufour 2001 |
| Allophane | [pédol.] | Espèce minérale amorphe (sans structure cristalline) du groupe des silicates (silicate d'aluminium hydraté). | Duchaufour 2001 |
| Alluvions | [géom.] | Matière accumulée à l'embouchure d'un cours d'eau temporaire ou pérenne. | Campy <i>et al.</i> 2013 |
| Altération | [pédol.] | Modification de la structure minérale des roches sous l'action de processus chimiques. | Duchaufour 2001 |
| Amendement | [agron.] | « En agriculture, moyens par lesquels on améliore ou on modifie le sol, à l'aide du colmatage, de la chaux, de la marne, du sable, de l'argile, de l'humus, ou par le mélange des terres. » Ensemble des pratiques qui permettent une fertilisation du sol, en opposition aux engrais, qui fertilisent les plantes (voir Engrais) | Littre 1878 |
| Aquifère | [géol.] | Formation géologique ou roche assez poreuse et/ou fissurée pour permettre la circulation de l'eau | |
| Argile granulométrique | [pédol.] | voir annexe 7 | |
| Argile minérale | [pédol.] | « Silicate d'aluminium plus ou moins hydraté, microcristallin, à structure en feuillets ». | Duchaufour 2001 |
| Bioturbation | [pédol.] | Modification du sol par la faune. | Duchaufour 2001 |
| Butter | [agron.] | Action de faire un tas de terre au pied d'un plant cultivé. | |
| Capacité au champ | [pédol.] | « Eau retenue dans le sol après une période de pluie, et un ressuyage de deux ou trois jours [...] : elle comprend donc l'eau capillaire [fixée par capillarité dans les pores du sol] augmentée d'une fraction variable d'eau de gravité à écoulement lent ». | Duchaufour 2001 |
| Capacité d'échange cationique (CEC) | [pédol.] | Capacité d'un complexe absorbant (ex. argiles) à retenir des cations basiques . | Duchaufour 2001 |
| Carcavas | [géom.] | (esp.) phénomène de ravinement non exclusivement circonscrit au tracé d'un talweg. Induit l'exposition des horizons subsuperficiels et souvent, une induration. Caractéristiques des zones de sols argileux (Vertisols). | |
| Cations basiques | [pédol.] | Molécules chargées négativement et pouvant être adsorbées par certaines particules du sol chargées positivement (ex. argiles). Par extensions, désignent généralement Ca, Mg, Na et K, nutriments pour les plantes. | Duchaufour 2001 ; Girard <i>et al.</i> 2011a |
| Colluvions | [géom.] | Matière détachée des versants par érosion mécanique et accumulée en bas de pentes. | Campy <i>et al.</i> 2013 |
| Couverture pédologique | [pédol.] | voir chapitre 1. | |
| Densité apparente | [pédol.] | « Masse sèche de la phase solide du sol par rapport au volume qu'occupent les trois phases du sol (solide, liquide et gaz) ». | Siebe <i>et al.</i> 2006. |
| Drainage | [pédol.] | Capacité d'un sol à évacuer l'eau. Dépend notamment de la position topographique (pente) et du matériau parental (poreux ou non). | Girard <i>et al.</i> 2011a ; Campy <i>et al.</i> 2013 |
| Écosystème | | voir chapitre 1. | Tansley 1935 |
| Ejecta | [volc.] | Élément expulsé lors d'une éruption volcanique. Désigne généralement les éléments de grandes dimensions (>50 cm) (bombes volcaniques). | Francis et Oppenheimer 2004 |
| Éluviation | [pédol.] | Appauvrissement en argiles d'un horizon superficiel à la faveur de la percolation de l'eau. S'oppose à l' illuviation . On parle alors d'horizon éluvial. | Duchaufour 2001 |
| Engrais | [agron.] | « Tout ce qui, déposé à la surface du sol et mêlé à la terre arable, augmente ou rétablit la fécondité, en lui fournissant les matières organiques ou minérales nécessaires à la végétation. » Ensemble des pratiques qui permettent la fertilisation des plantes, en opposition aux amendements, qui fertilisent les sols (voir Amendement). | Littre 1878 |
| Épaulement | [géom.] | Zone située en amont de la rupture de pente principale d'un versant. Profil convexe. Plan convexe ou droit. | Campy <i>et al.</i> 2011 |
| Espace racinaire effectif | [pédol.] | Profondeur maximale au sein de laquelle les racines arrivent à puiser de l'eau durant les années sèches. | Siebe <i>et al.</i> 2006 |
| Eutrophe | [pédol.] | Du grec <i>eu</i> , bon, et <i>trophae</i> , nourriture. Dans les sols autres que les Histosols, indique une saturation en bases élevée (> 50%), indicateur d'une bonne disponibilité en nutriments. | IUSS 2015 |
| Horizon | [pédol.] | voir chapitre 1. | |
| Humification | [pédol.] | Décomposition et réorganisation des litières par l'activité faunique pour former de | Duchaufour |

| | | | |
|-----------------------------|----------|--|---------------------------------|
| | | l'humus. | 2001 |
| Humus | [pédol.] | En surface du profil pédologique. « Fraction organique colloïdale plus ou moins foncée qui contracte des liens étroits avec l'argile et les oxydes libres. » | Duchaufour 2001 |
| Hydrolyse | [pédol.] | Altération biochimique sous l'action de l'eau. | Duchaufour 2001 |
| Illuviation | [pédol.] | Enrichissement en argiles d'un horizon profond à la faveur de la percolation de l'eau. S'oppose à l' éluviation . On parle alors d'horizon illuvial et d'argiles illuviales. | Duchaufour 2001 |
| Isopaque | | « Ligne stratigraphique correspondant au lieu de tous les points d'épaisseur égale, notamment d'une couche sédimentaire. » | <i>Encyclopedia Universalis</i> |
| Lapilli | [volc.] | Pyroclaste millimétrique. Un lapilli est composé d'éléments fins indurés en une boulette de quelques millimètres lors d'une éruption volcanique. Cette dernière est projetée lors de la phase explosive au même titre que les pyroclastes plus grossiers. | Bardintzeff 2011 |
| Levée | [volc.] | Zone d'épaulement d'une coulée volcanique. Une levée se caractérise généralement par un léger bombement par rapport à la surface interne du flux, dû au ralentissement de la lave, et par l'escarpement qui se développe ensuite. | Bardintzeff 2011 |
| Limon | [pédol.] | voir annexe 7 | |
| Litière | [pédol.] | Matière organique fraîche en surface du profil (ex. litière de feuilles de chêne...), vouée à être intégrée au sol par humification . | Duchaufour 2001 |
| Lixiviation | [pédol.] | Appauvrissement d'un horizon superficiel en bases à la faveur des mouvements hydriques et redistribution de celles-ci dans un horizon plus profond. | Duchaufour 2001 |
| Loam | [pédol.] | voir annexe 7 | |
| Maar | [volc.] | (all.) Un <i>maar</i> est un cône scoriacé dont le magma a traversé une étendue d'eau, superficielle ou souterraine, au cours de sa formation. Cette éruption, dite phréatomagmatique, a pour conséquence la formation d'un lac de cratère. | Francis et Oppenheimer 2004 |
| Matrice | [pédol.] | Entendue dans ce travail dans un sens granulométrique. La matrice est la fraction du sol dont les constituants sont de tailles inférieures ou égales à 2 mm (sables, limons et argiles), dans laquelle s'inscrivent des éléments plus grossiers (graviers, blocs, artefacts...). | Duchaufour 2001 |
| Minéraux primaires | [géol.] | Minéraux compris dans les roches ignées ou produits de leur désagrégation physique, sans modification chimique (héritage). En opposition aux minéraux transformés, solubilisés ou néoformés. | Duchaufour 2001 |
| Minéraux secondaires | [géol.] | Se dit des minéraux dont la structure a été modifiée au cours d'une réaction chimique, en opposition aux minéraux primaires hérités. Il s'agit par conséquent des minéraux transformés, solubilisés ou néoformés. | Duchaufour 2001 |
| Mor et moder | [pédol.] | Type d'humus. Humus peu actifs. Décomposition lente des litières . | Duchaufour 2001 |
| Morphogénétique | [géom.] | Se dit de processus qui concourent à la mise en place (genèse) d'une forme du terrain (ou géoforme). | Tricart 1965, 1977 |
| Morphométrique | [géom.] | ou géomorphométrique ; correspond aux paramètres mesurables définissant une géoforme (ex. longueur, largeur, angle de la pente...). | Tricart 1965, 1977 |
| Mull | [pédol.] | Type d'humus. « Humus actifs, caractérisés par une décomposition rapide des litières . » | Duchaufour 2001 |
| Néoformation | [pédol.] | Reconstruction complète d'un minéral à partir d'éléments préalablement libérés. | Duchaufour 2001 |
| Pédon | [pédol.] | voir chapitre 1. | |
| Phréatomagmatique | [volc.] | voir Maar | |
| Profil pédologique | [pédol.] | voir chapitre 1. | |
| Réserve utile | [pédol.] | « [...] quantité d'eau qu'une terre peut retenir et qui est disponible pour les plantes ». On soustrait l'eau trop fortement retenue dans le sol pour être puisée par les racines. | Girard <i>et al.</i> 2011a |
| Rides de pression | [volc.] | Alternance de plissements plus ou moins marqués de la lave lors de l'écoulement. En résultent des ondulations concentriques de roche à la surface de la coulée après refroidissement (affleurements). | Bardintzeff 2011 |
| Sable | [pédol.] | voir annexe 7 | |
| Sarcler | [agron.] | Action d'enlever les adventices à l'aide d'un outil. | |
| Saturation en bases | [pédol.] | Saturation du sol en éléments basiques (notamment cations basiques). Le sol est saturé à pH 7. | Duchaufour 2001 |
| Solum | [pédol.] | voir chapitre 1. | |
| Téphra | [volc.] | Pyroclaste volcanique, dont la cendre. | Francis et Oppenheimer 2004 |
| Téphrique | [volc.] | de téphra . Qualifie un dépôt constitué de pyroclastes volcaniques. | IUSS 2015 |
| Turnover | [pédol.] | Renouvellement de l'humus dans la dynamique de l'activité biochimique du sol. | Duchaufour 2001 |

“ [...] I feel all thin, sort of stretched, if you know what I mean : like butter that has been scraped over too much bread. [...] ”

RÉSUMÉ

Au milieu du XIIIe siècle de notre ère, une population allochtone colonise les coulées volcaniques au nord de l'actuelle Zacapu, au Michoacán, dans l'Ouest du Mexique. Le paysage, caractérisé par l'omniprésence de roches brutes, est presque vierge de toute occupation antérieure. Les nouveaux arrivants y construisent des établissements à caractère urbain qui abritent plusieurs milliers de personnes, bouleversant ainsi l'ordre en place et préfigurant l'émergence de l'État tarasque. Pourtant, moins de deux siècles plus tard, la zone est massivement abandonnée et deviendra dans la bouche des Espagnols le Malpaís de Zacapu, le mauvais pays de Zacapu.

Ces quelques lignes résumant l'état des connaissances sur l'archéologie du Nord-Ouest du bassin de Zacapu avant l'entreprise de cette thèse. Pourquoi s'installer sur ces coulées infertiles, là où personne n'avait mis les pieds ? Comment y a-t-on survécu ? Abordant ces questions par l'étude des systèmes agraires anciens, ce travail propose des réponses en convoquant les méthodes de l'archéogéographie, de l'archéopédologie et de la géopédologie appliquée. Il révèle une occupation du Malpaís bien plus longue qu'elle n'avait été entrevue et des stratégies agricoles sophistiquées pour mettre à profit les sols fertiles de ce mauvais pays.

RESUMEN

A mediados del siglo XIII de nuestra era, una población autóctona se establece sobre las coladas de lava al norte de la ciudad de Zacapu, Michoacán, en el Oeste de México. Casi nadie había colonizado antes este paisaje caracterizado por la omnipresencia de rocas brutas. Aquí construyen los recién llegados asentamientos urbanos, albergando miles de personas, así modificando el orden local y prefigurando el surgimiento del Estado tarasco. Sin embargo, apenas dos siglos después, la zona está abandonada y le ponen los Españoles el nombre de Malpaís de Zacapu.

Estas líneas resumen el estado del conocimiento arqueológico del Noroeste de la cuenca de Zacapu antes de que se lleve a cabo esta tesis. ¿Porque asentarse sobre coladas infértiles, que nadie había pisado antes? ¿Como sobrevivir en este lugar? Este trabajo propone respuestas a través del estudio de los antiguos sistemas agrícolas, convocando a los métodos de la arqueogeografía, de la arqueopedología y de la geopedología. Revela una ocupación de la zona mucho más antigua de lo que se pensaba y estrategias agrícolas sofisticadas para aprovechar los suelos fértiles de un país en realidad no tan malo.

ABSTRACT

In the midst of the 13th century AD, an allochthonous population colonizes the lava flows north of the current town of Zacapu, Michoacán, in West Mexico. Distinguished by the omnipresence of raw volcanics, the landscape is almost virgin of any previous occupation. There the newcomers undertake the building of urban establishments, housing thousands of persons, thus disrupting the local order and foreshadowing the emergence of the Tarascan state. However, less than two centuries later, the area is massively abandoned to be thereafter named by the Spaniards Malpaís de Zacapu, Zacapu's badlands.

These few words summarize the state of archaeological knowledge about the north-western part of the basin of Zacapu before this thesis. Why settle upon these infertile lava flows, where no one had set foot before ? How can one survive in such environment ? Assessing these questions through the study of ancient farming systems, this work offers some answers using the methods of archaeogeography, archaeopedology and geopedology. It reveals a much longer and substantial occupation than the one formerly identified in the Malpaís as well as sophisticated agricultural strategies to exploit the fertile soils of this indeed not-so-bad land.

Carte géopédologique du Nord-Ouest du bassin de Zacapu

101°50.820'O

101°47.820'O

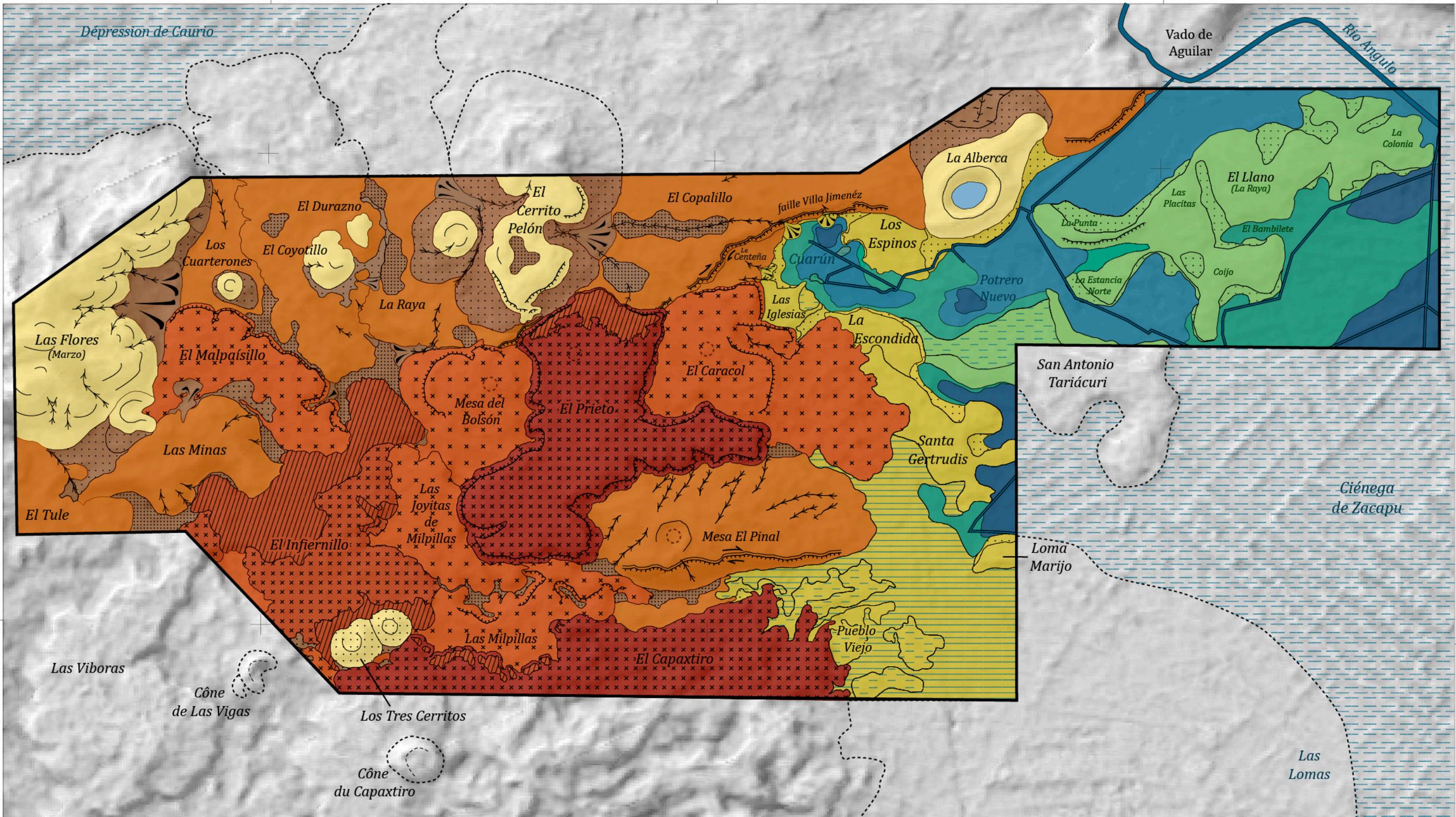
101°44.820'O

19°54.600'N

19°54.600'N

19°51.600'N

19°51.600'N



0 1 2 3 4 5 km

Carte géopédologique du Nord-Ouest du bassin de Zacapu — Légende

I. LOMERIOS/HILLANDS VOLCANIQUES

| GÉOFORMES | SOLS DOMINANTS /SECONDAIRES | |
|--|--|--|
| I.1. STRUCTURALES | | |
| I.1.1. Dôme du Pléistocène à altération avancée | Lithic, Skeletic Leptosols ³ / Mollic Andosols ³ | |
| I.1.2. Cônes scoriacés | | |
| I.1.2.1. Pléistocène moyen (à altération avancée) | Leptic Phaeozems ² / (Nudi)Lithic Leptosols ² | |
| I.1.2.2. Pléistocène récent (à altération modérée) | Vitric Andosols ³ / Eutric Cambisol ³ | |
| I.1.3. Maar Pléistocène | Eutric Cambisol ³ / Vitric Andosols ³ | |
| I.1.4. Coulées de lave | | |
| I.1.4.1. Pleistocène ancien ou moyen (à altération avancée) | Endovertic Phaeozems ¹ / Cambic Phaeozems ² / Pellic Vertisols ¹ | |
| I.1.4.2. Pléistocène récent (à altération modérée) | Chromic, Eutric Cambisols ¹ / Lithic Leptosols ² / (Mollic Andosols ³) | |
| I.1.4.3. Holocène 1 (10 000 - 2000 BP) (à faible altération) | Nudilithic Leptosols ² / Mollic Andosols ³ | |
| I.1.4.4. Holocène 2 (2000 BP - actuel) (non altérée) | Nudilithic Leptosols ² | |
| I.1.4.5. Holocène anthropisée | Leptic Technosols ² / Nudilithic Leptosols ² | |
| I.1.5. Faille | Nudilithic Leptosols ² | |
| I.2. D'ÉROSION | | |
| I.2.1. Ravine | Pellic Vertisols ² | |
| I.2.2. Escarpement marqué (dénivelé supérieur à 50 m) | Nudilithic Leptosols ² | |
| I.3. DE DÉPÔTS | | |
| I.3.1. Dépression inter-coulées ou intra-coulée (accumulation sédimentaire) | Endovertic Phaeozems ¹ / Pellic Vertisols ¹ / Umbric Stagnosols ¹ | |
| I.3.2. Cône alluvial | Cambic Phaeozems ^{1,2} / Endovertic Phaeozems ^{1,2} | |
| I.3.3. Colluvions | | |
| I.3.4. Vallée | | |
| I.3.4.1. Versant | Haplic Phaeozems ³ / Pellic Vertisols ³ | |
| I.3.4.2. Talweg | | |

II. PIEMONT

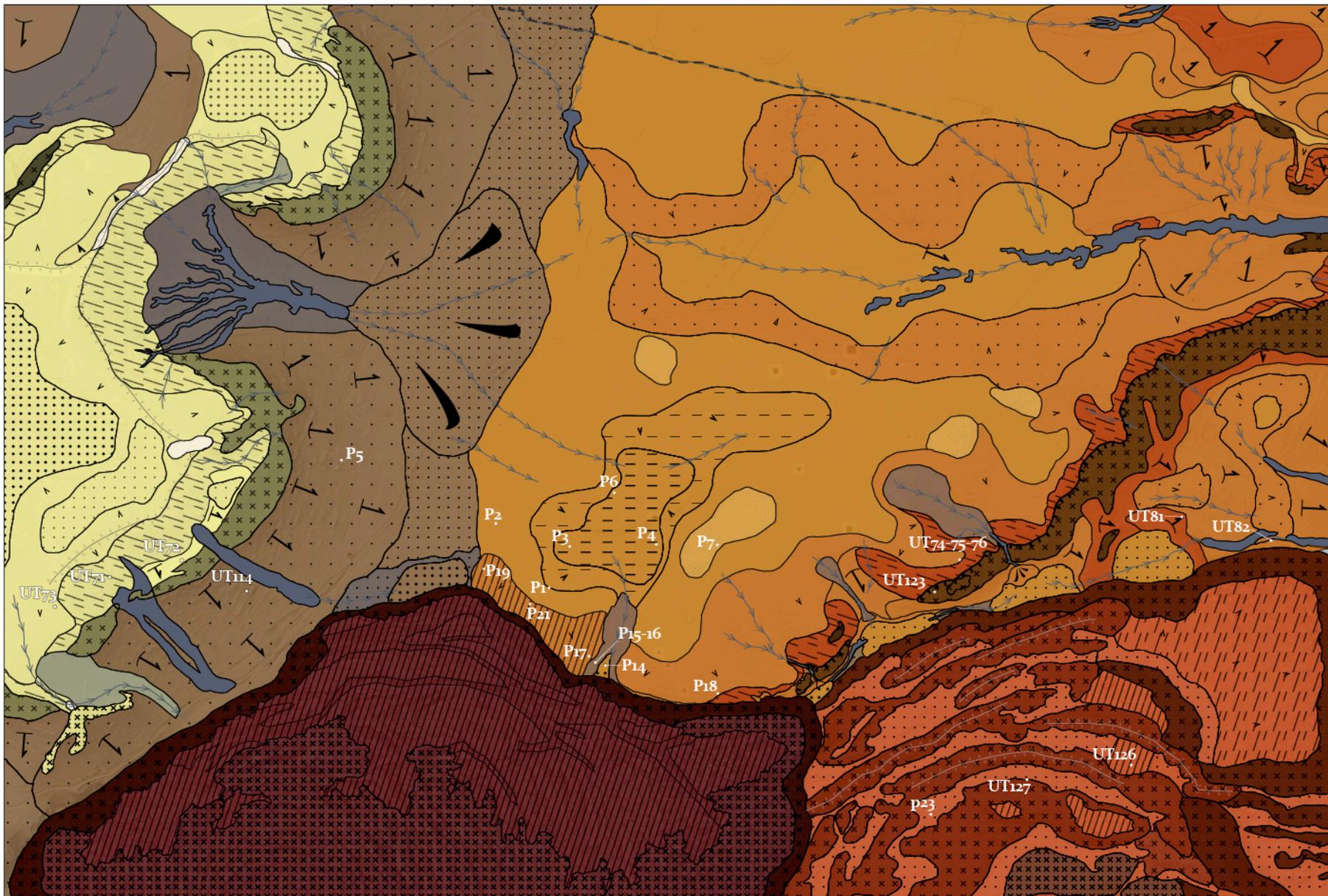
| GÉOFORMES | SOLS DOMINANTS /SECONDAIRES | |
|--|---|--|
| II.1. DE DÉPÔTS | | |
| II.1.1. Cône alluvial | Cambic Phaeozems ² / Skeletic Phaeozems ² | |
| II.1.2. Colluvions | | |
| II.2. STRUCTURALES | (Chromic Cambisols ² /) Chromic Vertisols ^{2,3} / Skeletic Leptosols ² / Leptic Technosols ² | |
| II.2.1. Coulées de lave du Pléistocène | | |
| II.3. MIXTES (STRUCTURALES-DE DÉPÔTS) | | |
| II.3.1. Coulée de lave du Pléistocène recouverte par des dépôts lacustres | Haplic Phaeozems ³ / Leptosols ^{2,3} | |
| II.3.2. Zone soulevée de dépôts lacustres (plus de 3500 ans) | Haplic Phaeozems ³ / Luvic Phaeozems ³ | |

III. PLAINE LACUSTRE

| GÉOFORMES | SOLS DOMINANTS /SECONDAIRES | |
|---|---|--|
| III.1. DE DÉPÔTS | | |
| III.1.1. Sédimentation lacustre | | |
| III.1.1.1. Lacustre 1, profond (en eau à la saison sèche) | Fibric Histosols ² | |
| III.1.1.2. Lacustre 2, superficiel (en eau avant la dessiccation) | Sapric Drainic Histosols ² / Gleyic Phaeozems ² / Pellic Vertisols ³ | |
| III.1.2. Rives palustres (marécageuses avant la dessiccation) | Gleyic Phaeozems ² / (Gleyic Kastanozems ² /) Pellic Vertisols ³ | |
| III.1.3. Colluvions | Cambic Phaeozems ² / Pellic Vertisols ³ | |
| III.1.4. Canal anthropique récent (post-1900) | | |
| III.2. STRUCTURALES | | |
| III.2.1. Îles (coulées du Pléistocène) | Pellic Vertisols ² / Skeletic Leptosols ² | |
| III.3. MIXTES (STRUCTURALES-DE DÉPÔTS) | | |
| III.3.1. Coulée de lave du Pléistocène recouverte par des dépôts lacustres | Pellic Vertisols ² / Skeletic Leptosols ² / Haplic Phaeozems ³ | |

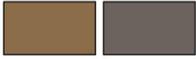
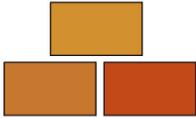
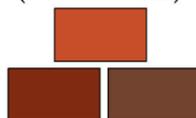
¹Classification à partir d'un profil décrit et analysé
²Classification hypothétique à partir d'observations de terrain
³Classification proposée par la DETENAL, non vérifiée

Carte géopédologique du plateau du Copalillo



0 250 500 750 1000 m

Carte géopédologique du plateau du Copalillo — Légende

| GÉOFORMES | FORMES DU TERRAIN | SOLS DOMINANTS/SECONDAIRES | FIGURÉS |
|--|--|---|---|
| 1. CÔNE SCORIACÉ (El Cerrito Pelón)  | 1.1. Escarpement | Lithic, Hyperskeletal Leptosols |  |
| | 1.2. Lave exposée | Nudilithic Leptosols |  |
| | 1.3. Versant (5-15°) | Cambic Phaeozems | convexe  droit  concave  |
| | 1.4. Épaulement (5-15°) | Protovertic, Leptic, Skeletic Cambisols |  |
| | 1.5. Zone d'écoulement lent ou seepage (0,5-5°) | Endovertic Cambisols / Cambic Phaeozems |  |
| | 1.6. Dépression sommitale | Cambic Phaeozems |  |
| | 1.7. Replat | Cambic Phaeozems |  |
| | 1.8. Interfluve | Leptic, Skeletic Cambisols |  |
| | 1.9. Ravin modérément marqué | Cambic Phaeozems |  |
| 2. PIED DE VERSANT COLLUVIAL  | 2.1. Bas versant (2-10°) | Cambic Phaeozems |  |
| | 2.2. Piémont colluvial (0,5-2°) | Endovertic, Cambic Phaeozems |  |
| | 2.3. Cône alluvial | Endovertic, Cambic Phaeozems |  |
| | 2.4. Zone de captation d'eau | Cambic Phaeozems |  |
| | 2.5. Dépression sédimentaire | Endostagnic, Vertic Phaeozems |  |
| 3. COULÉE VOLCANIQUE PLÉISTOCÈNE MOYEN (El Copalillo)  | 3.1. Point de déperdition | Leptic Vertisols |  |
| | 3.2. Plaine et replats | Endovertic Phaeozems / Pellic Vertisols |  |
| | 3.2.1. Propriétés vertiques (vr) ou protovertiques (qv) | Endovertic Phaeozems / Pellic Vertisols | vr  qv  |
| | 3.2.2. Matériaux colluviques dominants | Cambic Phaeozems |  |
| | 3.2.3. Propriétés stagniques | Umbric Stagnosols |  |
| | 3.3. Zone d'écoulement lent | Leptic Vertisols | vr  |
| | 3.3.1. Propriétés vertiques (vr) | Leptic Vertisols | vr  |
| | 3.3.2. Influencée par l'apport de matériaux colluviques (co) | Endovertic Phaeozems | co  |
| | 3.3.3. Déstructurée par un nivellement anthropique (rc) | Endovertic Phaeozems / Mollic Stagnosols / Protic Regosols | rc  |
| | 3.5. Versant | Leptic, Skeletic Phaeozems / Pellic Vertisols | convexe  droit  concave  |
| | 3.5.1. à pente modérée (5-10°) | Leptic, Skeletic Phaeozems / Pellic Vertisols | convexe  droit  concave  |
| 3.5.2. à pente forte (>10°) | Leptic, Skeletic Phaeozems / Skeletic Leptosols | convexe  droit  concave  | |
| 3.6. Épaulement (5-15°) | Leptic Vertisols / Leptic, Skeletic Phaeozems |  | |
| 3.7. Escarpement (faille) | Lithic Leptosols / Leptic, Skeletic Phaeozems |  | |
| 3.8. Zone de captation d'eau | Cambic Phaeozems |  | |
| 4. COULÉE VOLCANIQUE HOLOCÈNE 2 (El Malpaís Prieto)  | 4.1. Lave chaotique (Aa) | Nudilithic Leptosols |  |
| | 4.2. Nivellement anthropique | Leptic Technosols / Lithic Leptosols / Terric Anthrosols |  |
| | 4.3. Escarpement anthropique et/ou naturel | Nudilithic Leptosols |  |
| 5. COULÉE VOLCANIQUE PLÉISTOCÈNE RÉCENT (El Caracol)  | 5.1. Inter-rides de coulée (apports colluviques) | Chromic, Eutric Cambisols / (Mollic Andosols) |  |
| | 5.2. Nivellement anthropique | Endoskeletal Chromic Cambisols / (Mollic Andosols) |  |
| | 5.3. Épaulement | Leptic Cambisols |  |
| | 5.4. Ride de coulée faiblement altérée | Lithic Leptosols / Leptic Cambisols |  |
| | 5.5. Escarpement | Nudilithic Leptosols |  |
| | 5.5. Lave chaotique | Lithic Leptosols |  |
| ACTION HYDRIQUE | Ravine | |  |
| | Direction des mouvements hydriques (superficiels et internes) | |  |
| | Ligne de partage des eaux | |  |