Alteration des materiaux fluvio-glaciaires, genese et evolution des sols sur terrasses quaternaires dans la moyenne vallee du Rhone

M. Bornand

▶ **To cite this version:**

M. Bornand. Alteration des materiaux fluvio-glaciaires, genese et evolution des sols sur terrasses quaternaires dans la moyenne vallee du Rhone. Sciences du Vivant [q-bio]. Université Montpellier 2 (Sciences et Techniques), 1978. Français. NNT : . tel-02859745

HAL Id: tel-02859745
https://hal.inrae.fr/tel-02859745

Submitted on 8 Jun 2020

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.

TH - KA12

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE
— I. N. R. A. —
STATION de SCIENCE du SOL
Domaine Saint-Paul
84140 MONTFAVET

A Monsieur
avec mes hommages
respectueux
amitiés à votre
grize

ACADÉMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITÉ DES SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC

THÈSE

présentée à l'Université des Sciences et Techniques du Languedoc
pour obtenir le grade de Docteur d'État Mention Sciences

ALTÉRATION DES MATÉRIAUX FLUVIO-GLACIAIRES, GENÈSE ET ÉVOLUTION DES SOLS SUR TERRASSES QUATERNAIRES DANS LA MOYENNE VALLÉE DU RHÔNE

par Michel BORNAND

Soutenue le **9 Juin 1978** devant la **Commission d'Examen**

JURY :

M. M. MATTAUER

M. E. SERVAT

M. S. HÉNIN

M. G. PÉDRO

M. G. BOCQUIER

M. H. FAURE

INSTITUT NATIONAL DE LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
SERVICE D'ÉTUDE DES SOLS
E.N.S.A. 34060 MONTPELLIER CEDEX

S O M M A I R E

- - -

AVANT-PROPOS

INTRODUCTION

Première partie : LE MILIEU RHODANIEN

. Chapitre 1 - La moyenne vallée du Rhône : milieu naturel, terrasses fluvio-glaciaires et séquences de sols associées. . . 3

. Chapitre 2 - Caractérisation des matériaux fluvio-glaciaires rhodaniens 25

Deuxième partie : L'EVOLUTION PEDOLOGIQUE : Présentation et caractérisation des sols des terrasses quaternaires rhodaniennes 49

. Chapitre 3 - Première phase d'évolution : les sols des basses terrasses (stade n° 1) 51

. Chapitre 4 - Deuxième phase d'évolution : les sols des moyens et des hauts niveaux de terrasses (stades n° 2 et 3) . 73

. Chapitre 5 - Phase de transition : les sols des très hautes terrasses (stade n° 4). 109

. Chapitre 6 - Phase ultime d'évolution : les sols des niveaux villafranchiens (stade n° 5) 127

. Chapitre 7 - Synthèse des observations morphologiques et enchaînement des phénomènes au cours du temps 161

Troisième partie : ESSAIS DE QUANTIFICATION DES PHENOMENES D'EVOLUTION 171

. Chapitre 8 - Tentatives de quantification de l'évolution granulométrique. Transformations et redistributions. 175

. Chapitre 9 - Evolution quantitative des transferts géochimiques 215

Quatrième partie : INTERPRETATIONS GENERALES 237

. Chapitre 10 - Le système "argile-fer" et son évolution dans les sols des terrasses rhodaniennes 239

. Chapitre 11 - Bilan de l'évolution pédologique dans les sols des terrasses rhodaniennes. Grandes phases d'évolution. Mécanismes mis en jeu. Modalités de leur propagation 261

. Chapitre 12 - Enseignements de l'étude des sols des terrasses rhodaniennes :
- Pour la genèse des sols 283
- Pour la connaissance des phénomènes quaternaires 290

CONCLUSIONS 295

AVANT PROPOS

En parcourant les plaines rhodaniennes, quel est celui qui n'a pas été intrigué par ces vastes étendues de terrains caillouteux, dont l'uniformité n'est qu'apparente ? Pour le pédologue qui cartographie cette région, apparaît très vite la nécessité d'avoir à reconstituer l'histoire longue et complexe de ces cailloutis rhodaniens, afin de comprendre et d'expliquer la façon dont ils peuvent se transformer et donner peu à peu les sols qu'on observe aujourd'hui : tel est schématiquement un des thèmes essentiels du travail qui est présenté ici.

Ce travail n'a pu être mené à bien que grâce aux enseignements, aux aides et aux collaborations dont j'ai largement pu bénéficier dans le cadre du Service d'Etude des Sols de l'INRA à MONTPELLIER comme dans le cadre plus large du département de Science du Sol. Aussi, c'est avec joie que je tiens à remercier tous ceux qui ont pu contribuer à sa réalisation.

A Monsieur E. SERVAT, professeur de Science du Sol à l'E.N.S.A professeur associé à l'U.S.T.L. , je dois mes premières armes en matière de pédologie et de cartographie des sols, d'abord en tant qu'étudiant, puis comme chercheur. Au cours des tournées effectuées dans des régions de France, nombreuses et variées, il a su m'inculquer son sens profond du terrain et sa conception dynamique de l'intégration des sols dans leur paysage et dans leur environnement. M'accueillant au Service d'Etude des Sols dès sa création, j'ai suivi le développement de l'équipe dont il a pu progressivement s'entourer, manifestant au fil de ces années une profonde compréhension des problèmes humains. Pour tout celà, pour l'intérêt qu'il a manifesté à ce travail, pour les critiques et les suggestions qu'il a bien voulu faire au cours de l'élaboration de ce document, je veux le remercier ici et lui exprimer ma sincère reconnaissance.

Monsieur S. HENIN, membre de l'Académie d'Agriculture, Chargé de mission auprès du directeur de l'I.N.R.A. , m'a accueilli au laboratoire des Sols de Versailles dans les moments toujours délicats du passage de la vie d'étudiant de province à celui de chercheur "parisien". Par suite, en tant que Chef du Département de Science du Sol, il a pris une part importante dans l'orientation générale de mes recherches, me faisant bénéficier de ses critiques pertinentes et de ses conseils au plan méthodologique. Sa longue

expérience et l'attention qu'il a bien voulu me porter m'ont beaucoup aidé dans l'accomplissement de ce travail, et je suis heureux de pouvoir le remercier bien sincèrement.

Depuis mon court passage à Versailles, lors de mon entrée à la Recherche Agronomique, Monsieur G. PEDRO, directeur de recherches I.N.R.A. , a toujours suivi avec beaucoup de sympathie mon cheminement pédologique. Après nos tournées communes dans la Vallée du Rhône, il a su avec beaucoup de souplesse et de clairvoyance m'aider à préciser les axes essentiels qu'il y avait à développer. C'est avec lui que j'ai pu discuter des aspects fondamentaux concernant la géochimie et la minéralogie. L'expression même des résultats fut l'objet de nombreuses discussions et d'échanges de vues toujours constructifs, tant à Montpellier qu'à Versailles. Je lui suis reconnaissant pour tout ce temps qu'il a pu me consacrer, et je veux le remercier d'avoir ainsi beaucoup contribué à organiser mes idées.

Après avoir pris connaissance de mon terrain, au cours d'une tournée où il a pu largement me faire profiter de son sens aigu de l'observation et de son expérience des sols africains, Monsieur G. BOCQUIER. , professeur à l'Université de Paris VII a bien voulu accepter de faire partie de ce jury. Des contacts enrichissants que nous avons pu avoir transparaissent toujours son souci de logique et son sens de la rigueur, aussi bien dans l'analyse et dans l'interprétation des données microscopiques que dans l'expression générale des raisonnements. Je veux lui exprimer ici mes sincères remerciements et toute ma gratitude.

Ma respectueuse reconnaissance s'adresse également à Monsieur le Professeur G. MATTAUER qui malgré ses nombreuses activités, éloignées de la pédologie a bien voulu accepter de participer à ce jury et m'accueillir à l'U.S.T.L. pour présenter ce travail.

Je remercie aussi bien vivement Monsieur le Professeur H. FAURE, directeur du laboratoire de Géologie du Quaternaire à Marseille-Luminy, qui a bien voulu s'associer aimablement à ce jury, manifestant ainsi l'intérêt qu'il porte aux problèmes du Quaternaire Continental.

La réalisation de ce travail a nécessité de nombreuses collaborations tant sur le terrain qu'au laboratoire.

Je pense à Monsieur M. JAMAGNE, directeur du S.E.S.C.P.F. qui a eu l'amitié de m'accompagner sur le terrain, me faisant ainsi bénéficier de sa grande connaissance des sols de France. Je le remercie pour ses conseils et ses diagnostics au niveau scientifique et pour la bienveillante compréhension que lui-même et tous les membres de son équipe ont toujours manifestée tout au long de nos contacts.

Je remercie aussi spécialement Monsieur MM.ROBERT et D. TESSIER que j'ai maintes fois mis à contribution aussi bien pour des aides techniques que pour des discussions et des interprétations scientifiques. Je leur sais gré d'avoir toujours montré une grande disponibilité et beaucoup de gentillesse à répondre à mes demandes.

Je ne saurais oublier Monsieur P. MONJUVENT et Monsieur P. MANDIER avec qui j'ai passé de longues journées dans cette vallée du Rhône qu'ils connaissent si bien. Nos observations et nos discussions communes ont toujours été des plus profitables; avec eux s'est instaurée une collaboration amicale et efficace.

Ma reconnaissance la plus vive et la plus amicale va aussi à tous mes collègues du Service : MM. G. CALLOT, J.P. LEGROS, J. MOINEREAU et J. SERVANT, avec qui j'ai toujours eu des échanges de vue fructueux et qui m'ont fait bénéficier de leurs suggestions souvent pertinentes; MM. J.C. FAVROT, M. DUPUIS et H. CHAMAYOU qui ont eu l'amabilité et la lourde tache de lire et de critiquer mes premiers manuscrits; Monsieur P. BONFILS, à qui j'ai souvent demandé conseil aux moments délicats des choix analytiques.

Je veux aussi remercier tout particulièrement l'ensemble des membres de l'équipe du S.E.S. de Montpellier qui, par leur collaboration de tous les instants m'ont permis de réunir peu à peu les bases d'observations et les résultats indispensables pour construire cet ouvrage.

Tous les cartographes de terrain sont à citer puisque chacun a plus ou moins participé à ces tournées rhodaniennes qui s'étalent sur plus de 10 ans. Mais je veux mentionner plus spécialement ici ceux qui ont eu la responsabilité d'assurer la coordination des travaux de prospection : je pense à A. GUYON dont le nom doit être aussi associé aux blocs diagrammes présentés plus loin et aux dernières séries de plaques minces de sols; je citerai aussi R. BOUZIGUES, qui a pris la suite lors des dernières études de détail réalisées dans la vallée. Enfin, je remercie J. ARGELES qui m'a accompagné pendant les nombreuses sorties complémentaires nécessaires pour effectuer les longs comptages et pesées de galets.

Au laboratoire, c'est Mlle S. LAGET qui, avec le sérieux, la persévérance et la minutie que tous lui connaissent, a réalisé l'ensemble des extractions et des déterminations spéciales ainsi que les analyses totales. C'est L. ROGER qui a effectué toutes les déterminations des argiles dans les sols et a proposé le mode de présentation des résultats finalement retenu. C'est S. CONVENTI qui a été l'artisan des premières et longues séries de lames minces de sols. Je ne saurais jamais assez les remercier tous.

Pour la présentation finale de ce document, il m'est agréable d'associer ici le secrétariat et l'équipe de dessinateurs-cartographes du Service. Je remercie ainsi particulièrement : Mme A. JOURDAN pour avoir réalisé, dans des conditions difficiles avec tant de compétence et de gentillesse la frappe définitive de ce volumineux document,prenant la suite de Mme D. PORTALEZ qui avait effectué une première mise en page; Mr. F. MAZZELLA qui a le mérite de toute l'illustration de cette thèse, puisque c'est lui qui a préparé les schémas, les positifs-tramés et la sélection des planches-couleurs, aidé dans la phase ultime par Mr. R. ARNAUD.

Pour la duplication proprement dite, il a fallu faire appel à de nombreuses aides et je veux remercier tous ceux qui ont aimablement accepté de collaborer à ce travail : Mme H. RICHARD au S.E.S. , Mrs F. et J. RICHARD de la Station INRA d'Economie Rurale, et l'atelier d'impression off-set de l'E.N.S.A.M. et du C.R.A.M. où Mrs ARNAUD, AGOSTINI et BALMEFREZOL ont assuré avec dévouement les étapes successives allant de la duplication à la présentation définitive.

Tout ce travail qui a nécessité beaucoup de temps et de patience est aussi le reflet d'un certain environnement humain. Je le dédie à ma femme, Michèle et à toute ma famille.

INTRODUCTION

La période quaternaire est essentiellement caractérisée par l'apparition de l'homme et par l'importance des fluctuations climatiques liées aux épisodes glaciaires et interglaciaires, qui ont rythmé l'action des agents d'érosion, l'évolution biologique ainsi que les phénomènes d'altération.

Sa durée est relativement courte par rapport à l'ensemble des temps géologiques; c'est pourquoi les notions de datation et de chronologie des dépôts y revêtent une si grande importance. Cependant, de profondes modifications sont intervenues. On en retrouve les traces aussi bien dans la physionomie actuelle des paysages (géomorphologie) qu'à la partie superficielle des formations géologiques (altérations pédologiques).

- Toutes ces empreintes sont très inégalement conservées suivant les régions. Certains bassins alluviaux représentent néanmoins "de véritables musées de formes quaternaires" (Y. BRAVARD, 1963). A cet égard, le bassin rhodanien dans sa portion comprise entre Lyon et la Mer Méditerranée constitue un site privilégié. Favorisé par l'ancienneté de l'occupation des lieux et par des conditions géographiques particulières, ce vaste ensemble a suscité très tôt d'importantes recherches d'ordre géomorphologique et paléontologique (Ch. LORY, 1864 - G. MORTILLET, 1883 - M. BOULE, 1896 - A PENCK, 1905 - W. KILIAN et M. GLGNOUX, 1910 - F. BOURDIER, 1943 - J. VIRET, 1954 - E. BONIFAY, 1969, P. MANDIER, travaux en cours). Bien vite, les arguments pédologiques ont aussi été utilisés pour parfaire et étendre certaines corrélations (F. BOURDIER, 1961 - A. BONNET, 1964 - M. GIGOUT, 1969 - RUTTEN et al. 1963 - M. BORNAND, 1969).

- Les données quelque peu fragmentaires sur les "vieux sols" de cette région ont pu être complétées au cours de ces dernières années grâce aux travaux de cartographie pédologique que j'ai entrepris avec le Service d'Etude des Sols de l'INRA (Montpellier) sur une grande partie du bassin, dans le cadre de la mise en valeur hydro-agricole de cette portion de vallée. Les premiers résultats de ces études sont venus confirmer l'intérêt de cette région pour une meilleure approche des phénomènes quaternaires.

Position du problème.

Au départ, l'idée de travail a été d'utiliser et de mettre à profit les conditions de terrain un peu exceptionnelles qui existaient dans la moyenne vallée du Rhône pour suivre le développement au cours du temps-durée des phénomènes d'évolution des matériaux quaternaires rhodaniens et, en particulier, pour étudier les processus d'altération rubéfiante et pour essayer de comprendre la formation des "ultisols".

Le but final était de parvenir à reconstituer la phylogenèse, en vue d'expliquer le mode de transformation en sols de ces matériaux fluvioglaciaires au cours des épisodes quaternaires successifs. Dans ce cadre, il s'agissait évidemment de caractériser au mieux les stades essentiels d'évolution et aussi de cerner les principaux processus qui ont pu se surimposer : évolution ancienne et évolution subactuelle qui concourent, chacune pour leur part, à définir la notion de sol d'équilibre, dont les "vieux sols" observés de nos jours représentent la résultante globale.

Principes de l'étude.

L'étude des problèmes de pédogenèses et des phénomènes d'altération qui leur sont liés est basée sur la confrontation continue des données globales obtenues à partir du terrain avec celles plus focalisées issues des travaux de laboratoire. La cohérence des résultats qui découlent de ces deux types d'approches complémentaires permet de préciser un certain nombre d'interprétations majeures.

1. ETUDE DU MILIEU NATUREL.

Le recueil des données de terrain est passé par plusieurs phases fondamentales qui sont le reflet d'une certaine démarche propre au pédologue dans l'étude des paléosols (J.C. BEGON, 1973). Pour notre part, nous les schématiserons comme suit :

a) La première étape a consisté à choisir et à délimiter notre milieu d'étude sur le plan géographique, mais ce choix s'est en fait réalisé et précisé de manière progressive au fur et à mesure de l'avancement de nos travaux. A l'intérieur de limites que nous explicitons plus loin, le bassin rhodanien moyen est ainsi apparu comme un milieu bien représentatif pour l'étude des problèmes d'altérations que l'on se proposait de mieux caractériser.

Au sein de cet ensemble, il a d'ailleurs fallu circonscrire des secteurs plus limités pour réunir les conditions d'homogénéité suffisante sur le plan géomorphologique (paysages et formes du relief), sur le plan sédimentologique (nappe alluviale avec matériaux de composition pétrographique comparable) et sur le plan paléoclimatique, pour avoir le droit de supposer que pouvait y règner un même type d'action durant les différents épisodes quaternaires.

b) L'étape suivante qui a été la plus lourde de cette phase de terrain est représentée par l'inventaire régional des matériaux et des sols. Partant de l'observation ponctuelle sur coupes et pratiquant surtout une cartographie systématique, nous avons pu appréhender ces entités dans leurs

trois dimensions, en fournissant les informations indispensables sur leur importance et sur leur mode de mise en place.

C'est au cours de cette phase qu'ont été précisées la définition et la délimitation d'unités homogènes au regard de certains critères, avec caractérisation des types de matériaux ainsi que des unités pédologiques qui s'y différencient.

La distribution de ces unités dans les paysages a, en outre, permis de saisir et de comprendre les liens génétiques qui peuvent exister entre elles. Et, au niveau régional, la mise en évidence de ces données a aidé à faire les distinctions fondamentales entre les épisodes sédimentaires principaux et les épisodes secondaires ou localisés.

c) Après cette analyse nécessairement exhaustive, la phase de reconstitution paléogéographique a débouché sur l'établissement d'une chronologie relative propre au milieu rhodanien, tenant compte à la fois des éléments réunis au cours de la phase précédente ainsi que des autres types d'arguments existant (paléontologiques, préhistoriques, géomorphologiques, etc...). Dans la région étudiée, ce type de démarche a été beaucoup facilité par le grand nombre de travaux antérieurs et par l'étroite collaboration qui s'est instaurée entre pédologues, géologues et géographes. Certes, les éléments de datation absolue sont encore insuffisants, mais ils fournissent un certain nombre de points de repères, qui permettent de caler les autres types d'arguments beaucoup plus nombreux et plus étayés.

Sur ces terrasses alluviales du Bassin Rhodanien qui s'étagent assez régulièrement en différents niveaux, les sols polyphasés sont la règle générale, ce qui signifie que la surface la plus ancienne a enregistré tous les changements survenus depuis sa mise en place. Il en résulte un effet cumulatif des processus pédologiques que l'on réussit assez bien à apprécier à l'aide des indices, sur lesquels nous revenons plus loin (développement du profil, indice d'altération, indice de lessivage). Pour dissocier les caractères qui sont propres à chaque phase évolutive, il a fallu procèder par comparaisons et par soustractions successives en allant du plus jeune au plus ancien.

Cette phase aboutit finalement à la définition d'un certain nombre de données-repères qui permettent d'abord de mettre en évidence les divers processus d'évolution pédologique mis en jeu.

d) Chronoséquences pédologiques : les voies évolutives.

Sur les grands types de matériaux rhodaniens, l'approche cartographique qui précède a permis de mettre en évidence des chronoséquences caractéristiques des évolutions pédologiques. La séquence qui se développe sur les cailloutis fluvio-glaciaires de composante rhodanienne a servi de référence car elle est la plus représentative du point de vue de l'extension spatiale régionale; c'est pourquoi, elle a fait l'objet d'études détaillées, les autres séquences servant de points de comparaison complémentaires.

2. CARACTERISATION DES TYPES D'EVOLUTIONS PEDOLOGIQUES OBSERVES DANS LE BASSIN RHODANIEN MOYEN.

Cette caractérisation fine est basée à la fois sur l'étude des données morphologiques des profils et sur celles des données physico-chimiques et minéralogiques.

De la première série d'investigations, nous pouvons tirer des informations sur les variations du degré d'organisation des sols en fonction du développement des processus d'évolution et dégager les faits essentiels qui interviennent aux différents niveaux.

Le second groupe de méthodes, à caractère plus analytique, fournit des éléments pour une approche des phénomènes d'altération rubéfiante eux-mêmes. La matrice ou fraction "terre fine" des sols peut être considérée comme la résultante des divers processus qui se sont succédés au sein des matériaux originels et, à ce titre, constitue un témoin qui a cumulé et enregistré les traits caractéristiques de ces évolutions. Ainsi l'étude des formes du fer et des types d'argiles au sein de cette matrice permet de rassembler des renseignements précieux quant à la progression et la gradation de ces processus.

Mais, la dynamique d'ensemble des sols eux-mêmes ne peut s'apprécier à partir de l'examen de la matrice seule et nécessite de prendre en compte la masse globale des matériaux.

A partir de ces données, nous avons pu procèder à des essais d'appréciations quantitatives des pertes ou des gains éventuels aussi bien au plan granulométrique qu'au plan chimique (éléments majeurs Si, Al, Fe). Et, il a alors été possible de proposer un "modèle" logique de fonctionnement des sols, où est précisé le rôle respectif des phénomènes d'altération et de redistribution d'argile, au fur et à mesure que progresse l'évolution.

Notre démarche étant ainsi retracée et résumée, dans une première partie, nous présenterons rapidement le milieu rhodanien et nous rappellerons brièvement comment notre approche cartographique de terrain a permis de mettre évidence une séquence de sols qui est représentative de ce milieu, mais aussi de l'évolution pédologique quaternaire sur matériaux fluvio-glaciaires.

Dans une deuxième partie, nous procèderons à une approche plus fine visant à caractériser les traits essentiels des différents stades d'évolution qui sont à notre disposition. A cette occasion, on pourra identifier la plupart des processus de pédogenèses impliqués.

Dans une troisième partie, nous nous proposons d'établir un bilan quantitatif, à partir duquel il sera tenté de reconstituer l'évolution pédologique générale.

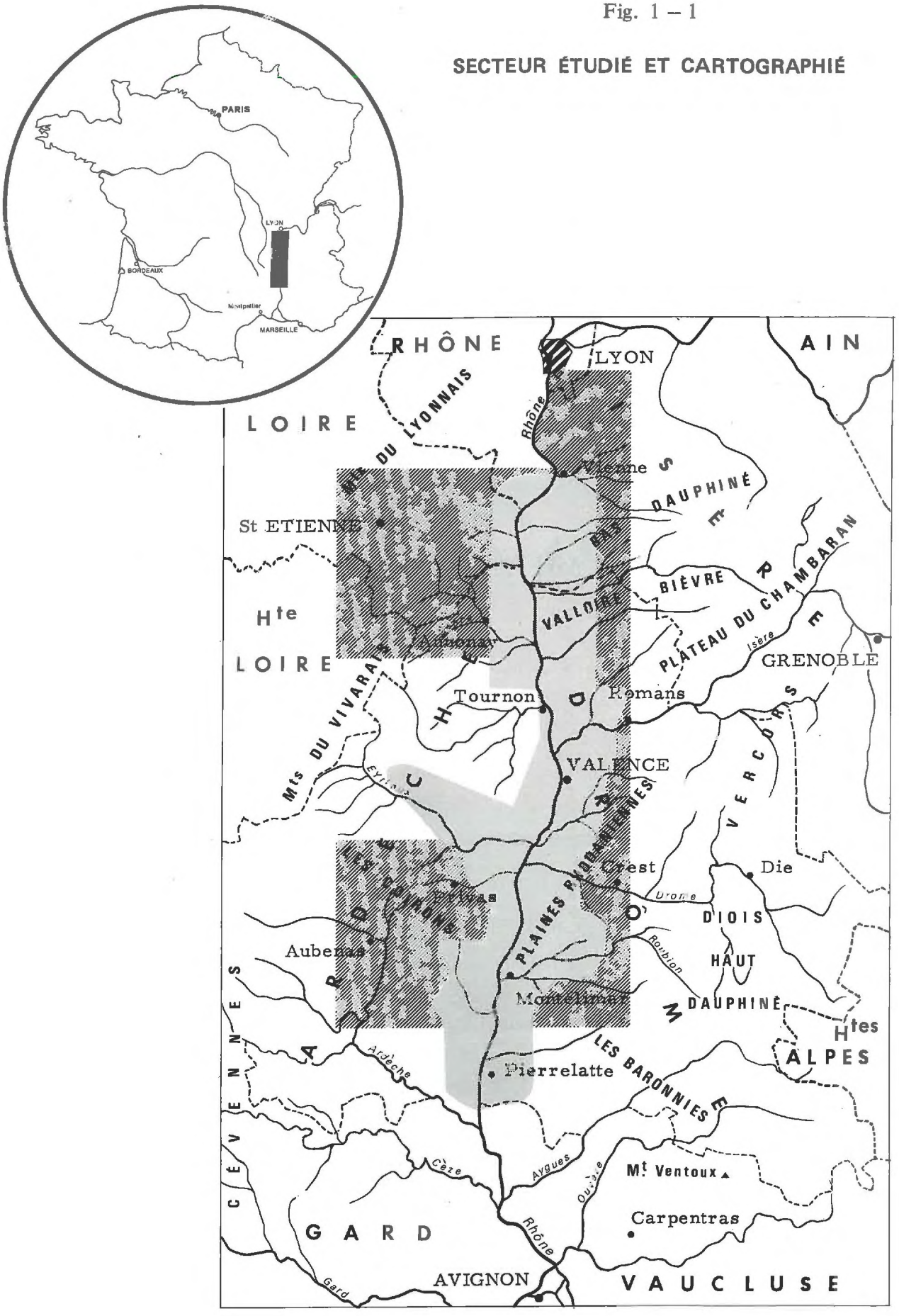
Enfin, la dernière partie sera consacrée aux interprétations générales de ces données.

1ère PARTIE

LE MILIEU RHODANIEN

Fig. 1 – 1

SECTEUR ÉTUDIÉ ET CARTOGRAPHIÉ



Chapitre 1

LA MOYENNE VALLEE DU RHONE

LE MILIEU NATUREL, LES TERRASSES FLUVIO-GLACIAIRES ET LES SEQUENCES DE SOLS ASSOCIEES

La Vallée du Rhône est, en fait, un bassin sédimentaire, beaucoup plus varié et plus irrégulier que les bassins Parisien et Aquitain. Formant un tout relativement hétérogène, elle doit essentiellement sa personnalité et son individualité morphologique actuelles au Rhône lui-même et à ses principaux affluents.

Sur le plan géologique, " l'histoire de cette région est dominée par la réalisation progressive d'un axe Nord-Sud plusieurs fois marin, continental, fluviatile qui en explique à la fois la diversité et l'harmonie. Mais son unité fondamentale résulte avant tout de l'étendue des terrains tertiaires, principalement miocènes, qui recouvrent le socle cristallin " .
(J. DEBELMAS et G. DEMARCQ - 1974)

1 - LIMITES DU TERRAIN ETUDIE.

Notre terrain (figure n° 1.1) a été volontairement limité à la portion moyenne du bassin rhodanien pour des raisons qui tiennent essentiellement à la meilleure représentativité des formations quaternaires.

Les limites sont : vers le Nord, la région de Vienne; au Sud, les secteurs de Pierrelatte et d'Orange, qui font transition avec la basse vallée du Rhône; vers l'Ouest, les plateaux cristallins du Moyen Vivarais ainsi que les plateaux ardéchois; enfin, à l'Est, les collines mollassiques du Bas-Dauphiné et les premiers contreforts des chaînes subalpines.

Ainsi, nous nous cantonnons dans les domaines typiquement fluvio-glaciaires et fluviatiles.

2 - CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES PRINCIPALES DU BASSIN RHODANIEN MOYEN ET DE SES BORDURES.

La configuration géologique des terrains constituant ou environnant le bassin rhodanien lui-même explique, en grande partie, la diversité de composition des formations alluviales régionales. Tous ces terrains ont pu alimenter directement les matériaux fluvio-glaciaires; certains d'entre eux constituent le substrat de ces dépôts.

La figure n° 1.2 ci-contre servira de canevas pour rappeler l'essentiel des caractéristiques géologiques de cette région.

21. LES TERRAINS DE BORDURES DU BASSIN RHODANIEN : zones d'alimentation pour les dépôts alluviaux.

Au sein des zones de bordures, deux types de terrains se différencient bien nettement et jouent un rôle à peu près homologue vis à vis des formations fluvio-glaciaires : le socle cristallin et les massifs calcaires.

a) - Le socle ancien cristallin ou paléozoïque est tout proche à l'Ouest où il se rattache aux bordures du Massif Central; il est plus lointain à l'Est et fait partie intégrante de la chaîne alpine. Paradoxalement, ce sont les terrains les plus lointains appartenant aux massifs cristallins externes des Alpes qui ont joué le rôle le plus important dans la composition des formations fluvio-glaciaires. Néanmoins, ceci s'explique assez bien si l'on prend en compte les directions originelles dominantes des langues glaciaires rhodaniennes et l'importance des phénomènes d'érosion qui ont pu règner sur ces jeunes massifs.

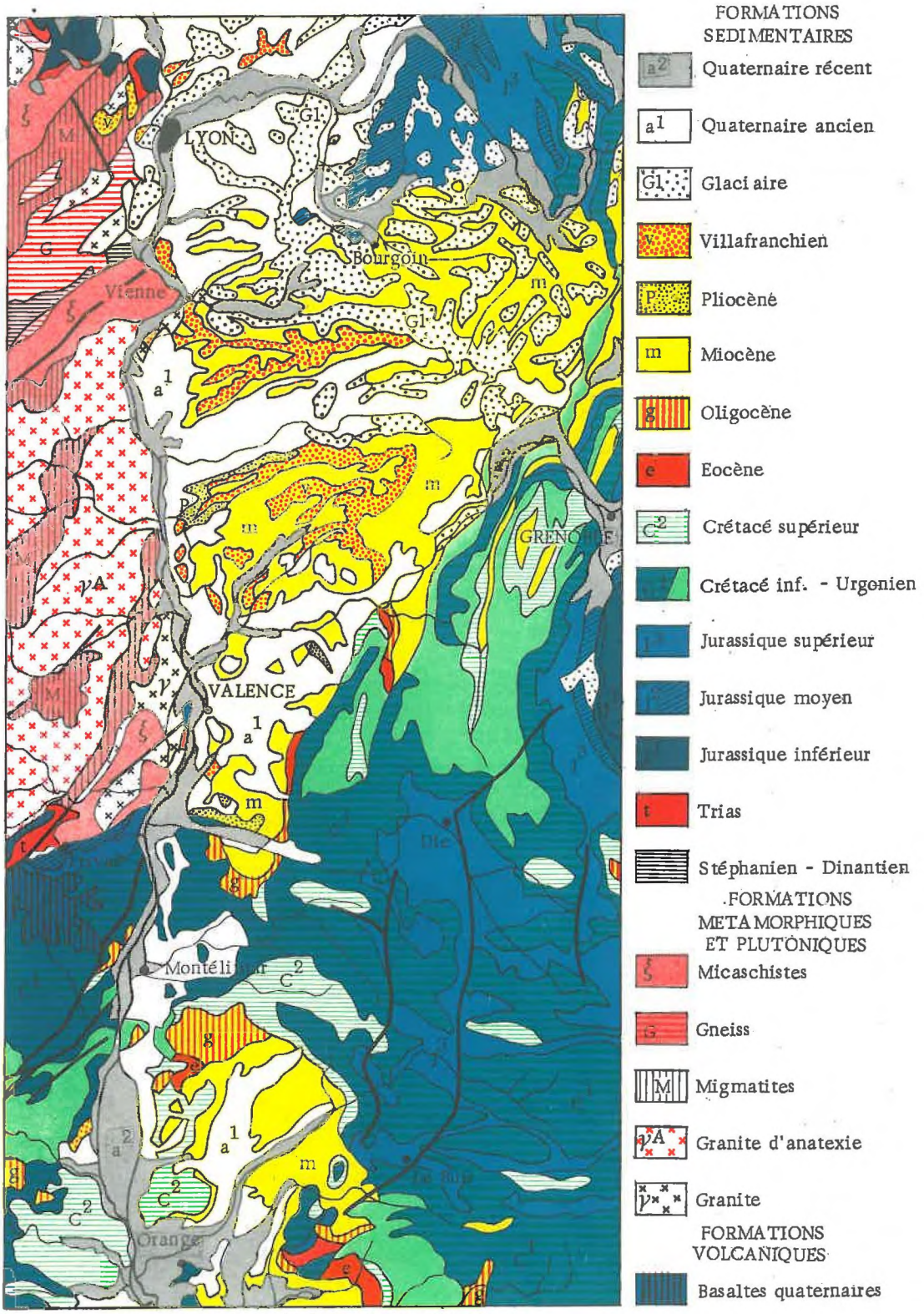
b) - Les massifs calcaires constituent les vastes zones qui se rattachent soit aux chaînes subalpines du Nord des Alpes (Haut Giffre, Bornes, Bauges, Chartreuse, Vercors), soit aux chaînes vocontiennes (Diois, Devoluy, Baronnies). Le rôle morphologique dominant y revient aux deux masses du Tithonique et de l'Urgonien, au sein desquelles les glaciers ont largement circulé et se sont abondamment alimentés. Il s'agit, par ailleurs, d'un matériel assez dur qui a relativement bien résisté aux transports; c'est pourquoi il occupe une place importante dans la masse des matériaux morainiques et fluvio-glaciaires.

22. LE BASSIN RHODANIEN PROPREMENT DIT.

Le bassin rhodanien proprement dit est constitué soit par des terrains calcaires, soit plus généralement par des sédiments tertiaires miocènes, qui tous deux servent de substratum aux terrains quaternaires.

Fig. 1 – 2

LES FORMATIONS GÉOLOGIQUES RÉGIONALES



d'après la carte géologique à l'échelle du 1 millionième
(5ème édition)

. Les deux types de substratum pour les terrasses.

a) - Dans la partie méridionale du bassin rhodanien (Sud de la Voulte-Loriol), on retrouve à l'affleurement des terrains calcaires du même type que ceux existant dans les zones préalpines. La disposition de ces terrains mésozoïques est assez simple et en partant du socle, on rencontre :

- une bande triasique qui reste de faible importance et se localise dans les secteurs de rive droite (région de Privas-Largentière),
- une bande jurassique plus continue qu'on retrouve encore en rive droite du Rhône,
- enfin, une zone crétacée beaucoup plus large, qui en rive droite constitue les plateaux karstiques ardéchois traversés par les rivières cévenoles et qui en rive gauche, forme les zones de collines de la région de Montélimar et du Tricastin. Seuls ces terrains crétacés constituent des substrats possibles mais assez localisés pour les terrasses du Rhône.

Dans les secteurs plus septentrionaux du bassin (Lyon-Crest), toutes ces formations calcaires disparaissent sous les sédiments tertiaires.

b) - Les terrains tertiaires sont les formations qui possèdent la plus grande extension dans le bassin rhodanien moyen. Ils sont constitués de dépôts complexes, tantôt continentaux (fluviatiles, lacustres ou lagunaires), tantôt marins.

Au Sud, les dépôts fluvio-lacustres de l'Eocène et de l'Oligocène sont localement bien représentés (sables, calcaires, marnes, limons et poudingues). Dès qu'on remonte au Nord de Crest, le rôle dominant est dévolu à toute la série miocène : calcaires mollassiques et bioclastiques (Pierre du Midi) et surtout sables marneux, mollassiques ou gréseux, très épais (Helvétien - Tortonien). Ces derniers faciès, perméables et filtrants, constituent dans près de 80 % des cas le substratum des formations quaternaires et, on le verra plus loin, jouent un rôle indirect mais fondamental sur l'orientation que prend la pédogénèse. Ces dépôts sablo-gréseux passent à des faciès continentaux et fluviatiles à sables et galets (Pontien) sur les bords du bassin.

Les dépôts pliocènes ne jouent en revanche qu'un rôle limité et assez discret dans le bassin rhodanien moyen, parce qu'ils sont généralement enfouis ou masqués. Néanmoins, l'époque pliocène marque une phase importante dans l'histoire du bassin rhodanien, car c'est à ce moment que s'installe un système hydrographique profondément recreusé dont l'existence explique la morphologie et l'hydrographie actuelles.

. Les terrains quaternaires : les matériaux de remblaiement.

La fin du Pliocène est marquée par une phase de sédimentation détritique grossière qui traduit un changement lithologique assez brutal par rapport aux formations fines qui précèdent (marnes, argiles, faciès palustres ou saumâtres); elle coïncide avec une recrudescence de l'érosion dans le domaine intra-alpin qui fait suite aux dernières phases actives de plissement se produisant à cette période sur la totalité de la chaine alpine. Sont associés à cette phase, des dépôts de sables fluviatiles passant vers le sommet à des alluvions à galets; ils terminent le comblement de la vaste "ria" pliocène de la Vallée du Rhône et achèvent le remblaiement des vallées.

Cet épisode aboutit à la constitution d'une nappe dont la vaste répartition géographique témoigne de la masse considérable de matériaux charriés par les fleuves existants à cette époque. Ces formations recouvrent les formations antérieures (Pliocène, Miocène, Mésozoïque et même Cristallin) depuis les Dombes et les plateaux lyonnais jusqu'à la Crau et la région de Montpellier en passant par les plateaux du Chambaran et les hauts niveaux de la région de Chateauneuf-du-Pape et d'Avignon. Elles dessinent ainsi la première et la plus ancienne nappe alluviale (actuellement la plus haute), en contrebas de laquelle vont venir s'étager les terrasses plus récentes. Ce sont ces formations qu'on considérera comme villafranchiennes et avec elles débute le Quaternaire proprement dit. On peut en apprécier la durée approximative (âge minimum de 2 à 2,5 millions d'années) grâce à la faune existant dans les loess à bancs durcis de St-Vallier, qui fossilisent ces formations villafranchiennes.

Ces brefs rappels de l'histoire du fossé rhodanien permettent de restituer la place du Quaternaire dans l'enchaînement des phénomènes géologiques. Le point capital est qu'elle se situe entièrement à l'intérieur d'une période de creusement.

D'un point de vue très général, il faut aussi souligner que le Quaternaire rhodanien est marqué par un certain nombre de faits majeurs :

a) - La prédominance des formes d'érosion en paliers successifs de plus en plus bas, au fur et à mesure qu'on se rapproche de la période actuelle. C'est également un point d'une importance fondamentale puisqu'il a permis une bonne conservation des altérations et des pédogénèses dans les matériaux alluviaux rhodaniens,

b) - la faible importance des dépôts associés à l'arrêt des cycles de remblaiements alluviaux. Elle explique l'ampleur limitée des formations alluviales de recouvrement, formées essentiellement aux dépens des formations tertiaires et limitées aux plus bas niveaux de terrasses (niveaux würmiens). Ce phénomène réduit le caractère polygénique des matériaux et des sols sur les terrasses rhodaniennes,

c) - l'existence du phénomène glaciaire qui a perturbé cette phase de creusement et en a rythmé les oscillations essentielles. En effet, les glaciers du Rhône et de l'Isère (Bièvre) qui envahissent la partie orientale et septentrionale du bassin rhodanien, ont apporté une grande masse d'alluvions. Ces glaces et leurs alluvions remplissent le réseau hydrographique et interrompent momentanément le creusement. Au contraire, pendant les périodes de fusion, les eaux acquièrent une puissance corrosive considérable qui détermine un creusement au fur et à mesure du retrait des glaces. Les périodes de froid et de réchauffement ont ainsi rythmé une série d'avancées et de reculs successifs des glaciers, qui sont les responsables indirects mais prédominants des phases de creusements et de remblaiements alluviaux.

23. PRESENTATION GENERALE DES TERRASSES RHODANIENNES.

A la suite de ce que nous venons de dire, il n'est pas étonnant que la Vallée du Rhône renferme un des ensembles de terrasses le plus complet et le plus complexe de France, aussi bien par leurs origines différentes et le nombre des niveaux existants que par la diversité des "vieux sols" qui y ont été conservés. (cf. carte 1.3 et fig. 1.4)

Trois domaines différents peuvent y être distingués :

a) - Au Nord de Lyon, c'est le domaine des terrasses glacio-lacustres, dont certains niveaux sont en relation avec les moraines externes des Dombes. C'est un secteur qui ne sera pas abordé ici, car il s'étale largement en dehors des limites de notre étude; de plus, les dernières avancées glaciaires rissiennes et würmiennes l'ont largement envahi, rendant aléatoire la bonne conservation d'un ensemble cohérent de terrasses et de vieux sols qui leur sont associés,

b) - Entre Lyon et Valence, les terrasses sont en relation directe avec les glaciations, au moins en ce qui concerne le Riss et le Würm; c'est le domaine des terrasses fluvio-glaciaires, bien représenté dans la Bièvre-Valloire, la basse vallée de l'Isère et l'Est lyonnais. Seuls les deux premiers secteurs seront abordés ici; nous n'avons pas retenu l'Est Lyonnais pour les mêmes raisons que celles évoquées ci-dessus,

c) - Enfin, de Valence au Sud de Donzère, les influences fluvio-glaciaires cessent, c'est le domaine des systèmes de remblaiement fluviatile ou terrasses alluviales proprement dites, qui s'étendent en une série de niveaux régulièrement étagés et plus ou moins continus tout au long de cette portion de vallée. Nous pouvons les regrouper en 5 niveaux principaux au-dessus des alluvions récentes.

Les terrasses fluviatiles et fluvio-glaciaires sont généralement beaucoup mieux conservées et développées sur la rive gauche du fleuve que sur la rive droite, le cours du Rhône ayant été progressivement déporté vers l'Ouest au cours du Quaternaire. Le long du Rhône et de l'Isère les secteurs où l'on bénéficie des étagements de terrasses les plus démonstratifs et les plus complets se situent entre Vienne, Rives et Pierrelatte.

Dans les petites vallées affluentes du Rhône, ces formes de remblaiements fluviatiles cessent au profit des apports périglaciaires locaux (Drôme, Roubion-Jabron, Ardèche). Les étagements des niveaux deviennent beaucoup moins nets et sont surtout beaucoup plus difficiles à relier avec ceux du système rhodanien.

. Essais de chronologie des terrasses rhodaniennes.

De nombreux essais ont été faits pour essayer de préciser la chronologie relative et absolue de ces différents niveaux de terrasses, afin de les situer dans le vaste ensemble quaternaire, tels PENCK et BRÜCKNER (1907), F. BOURDIER (1961), M. GIGOUT (1969). C'est par un travail d'équipe et en utilisant différentes techniques propres aux disciplines comme la géomorpho-

logie, la sédimentologie, la paléontologie, la préhistoire et la pédologie qu'ont pu être réalisés des tentatives de synthèses de plus en plus motivées (A. BONNET, M. BORNAND et G. MONJUVENT - 1971, M. BORNAND - 1973). Parmi les dernières propositions en matière de chronologie des terrasses rhodaniennes, qui ont fait l'objet d'un travail effectué en collaboration, citons M. BORNAND, F. BOURDIER, P. MANDIER, G. MONJUVENT - 1976, a - b - c. Les résultats en sont schématisés dans la figure 1.3 ci-contre; ils serviront d'éléments de référence pour la suite du mémoire. Nous y avons conservé les termes de la chronologie alpine consacrés par l'usage, sans leur affecter un sens étroit et absolu, mais en leur conférant simplement une valeur de repères pour une chronologie relative.

Cette figure qui correspond à un schéma en plan des principaux niveaux de terrasses de la moyenne vallée du Rhône trouve son complément dans la figure 1.4 ci-contre. Celle-ci présente un profil en long de ces mêmes niveaux et met en évidence un certain nombre de points fondamentaux concernant les terrasses de cette portion de vallée, notamment :

- l'abaissement et la convergence vers l'aval de l'ensemble des nappes alluviales,
- la réduction du nombre général des niveaux d'amont en aval,
- le rapprochement vers l'aval de la nappe würmienne et des alluvions holocènes. Cette nappe würmienne plonge sous le remblaiement récent au Sud de Pierrelatte,
- la dualité des nappes alluviales d'origine glaciaire depuis le Günz et leur réduction à un seul niveau vers l'aval (la terrasse du Mindel Ancien de Tourdan - Valloire - ne semble pas représentée dans la vallée du Rhône),
- la disparition vers le Sud des hautes terrasses mindéliennes et des alluvions de plateaux,
- l'incertitude sur les raccordements des très hauts niveaux en aval.

L'ensemble des faits que nous venons de rappeler montre que les limites que nous avons fixées ont permis de concentrer notre terrain d'étude à l'intérieur de la portion de vallée du Rhône, où existe le minimum de lacunes stratigraphiques pour les formations quaternaires. Par conséquent, c'est bien dans cet ensemble que nous avons les chances de réunir le maximum de termes évolutifs permettant de jalonner la progression des phénomènes d'altération des matériaux alluviaux rhodaniens.

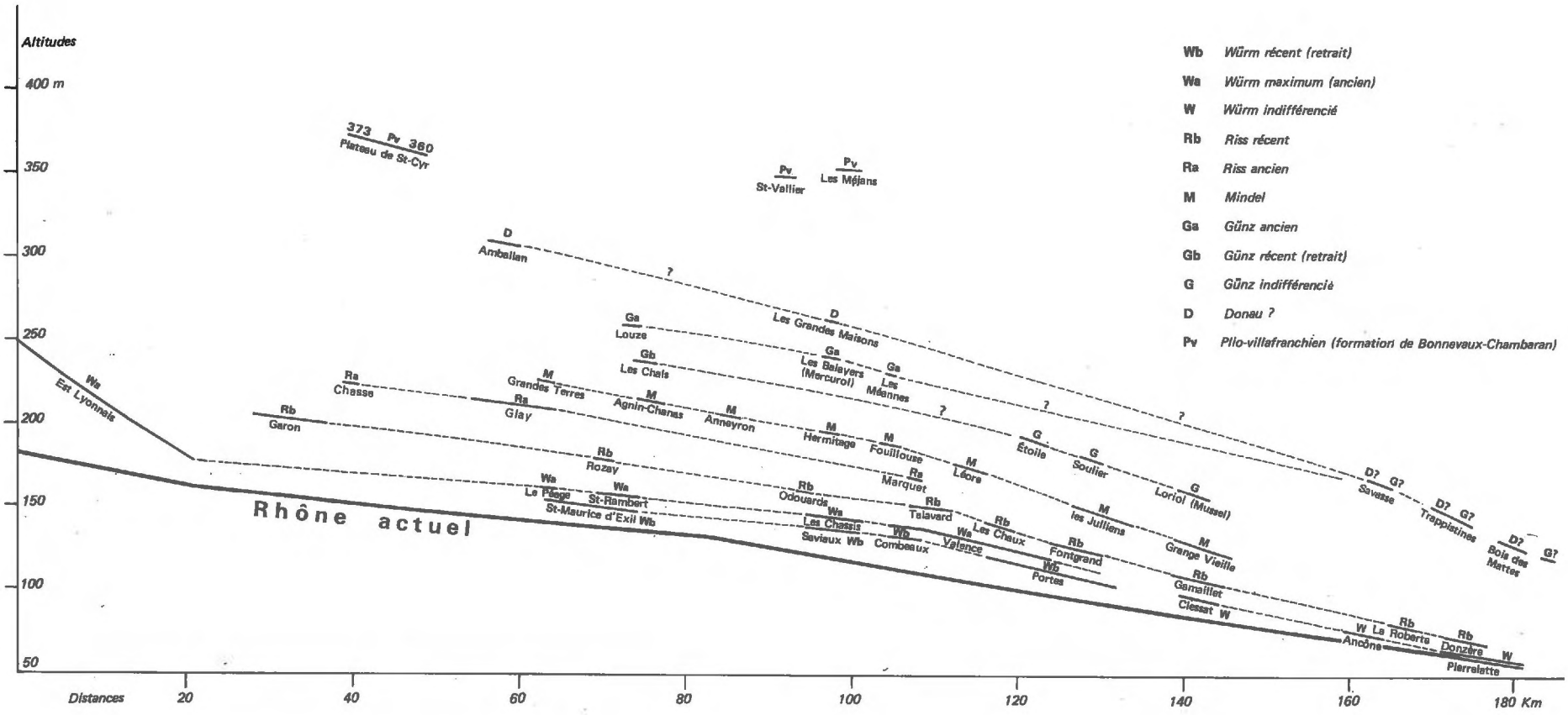
3 - PRINCIPAUX SITES D'ETUDE DES TERRASSES DANS LA MOYENNE VALLEE DU RHONE.

L'individualisation du bassin rhodanien moyen s'est effectuée progressivement au cours de son histoire géologique. A l'intérieur de ce bassin, un certain nombre de régions naturelles se sont elles-mêmes différenciées en fonction des variations géomorphologiques locales.

La cartographie pédologique détaillée qui a été effectuée au 1/25.000 de même que la synthèse au 1/100.000 qui a suivi (M. BORNAND-1972) ont montré que ces différentes régions naturelles n'étaient pas toutes équivalentes; elles possèdent leur individualité et leurs caractéristiques propres qui rendent certaines d'entre elles plus favorables que d'autres pour l'étude des formations alluviales quaternaires.

Fig. 1 – 4

PROFIL EN LONG DES TERRASSES DE LA MOYENNE VALLÉE DU RHÔNE



d'après M. BORNAND, F. BOURDIER P. MANDIER, G. MONJUVENT 1976

Nous avons pu ainsi définir et choisir au sein de la moyenne vallée du Rhône un certain nombre de sites bien représentatifs des principales situations que nous avons pu rencontrer dans l'ensemble de la vallée. A partir de ces exemples, il devient possible de donner une idée de l'agencement et de la distribution générale des principales unités de sols associées aux paysages rhodaniens les plus caractéristiques. Ce qui a permis d'aboutir à l'établissement des divers blocs diagrammes et coupes (cf. figures 1.5 à 1.8), dont nous présentons ci-après une analyse plus détaillée.

31. 1er Type de site : LES PLAINES FLUVIO-GLACIAIRES ET FLUVIATILES RHODANIENNES (Bièvre-Valloire et confluent Rhône-Isère).

La Bièvre-Valloire et les plaines du confluent Rhône-Isère (région de Valence) constituent les meilleurs exemples régionaux relatifs à ces formations qui sont en rapport soit avec les glaciers du Rhône, soit avec le Rhône lui-même. Les vues perspectives rassemblées dans les figures 1.5, 1.6 et 1.6 bis mettent bien en évidence quelques-uns des traits essentiels des paysages qui les composent. Nous noterons particulièrement :

- le rôle morphologique important joué par l'aplanissement mio-pliocène dont la surface a été en grande partie reprise par la nappe d'épandage villafranchienne pour constituer les plateaux de Bonnevaux et du Chambaran,

- le recreusement généralisé et progressif des autres niveaux de terrasses quaternaires à l'intérieur même de ce premier ensemble villafranchien,

- les sites privilégiés que représentent ces deux régions des points de vue géomorphologique et pédologique, car les 5 principaux niveaux fluvio-glaciaires y sont bien conservés ainsi que l'ensemble des "vieux sols associés" à toutes les formations caillouteuses.

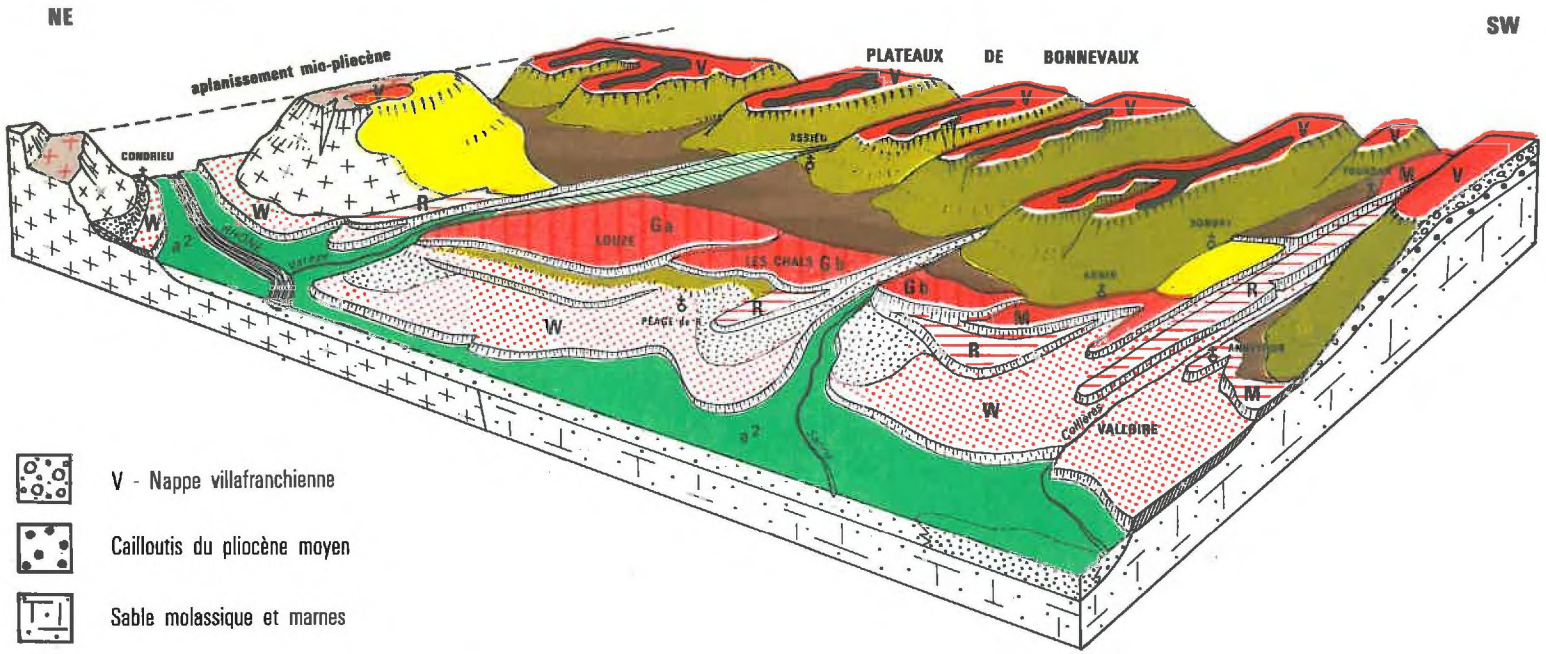
- le rôle plus irrégulier qu'y jouent les recouvrements limoneux de reprise éolienne, dont l'importance est beaucoup plus grande en Bièvre-Valloire dans les zones proches des avancées maximum glaciaires qu'au Sud dans la plaine de Valence,

- l'aspect complémentaire de ces deux régions : la Bièvre-Valloire est typique des zones à substratum mollassique épais; les plaines de Valence font transition entre ces zones mollassiques et celles à substrat calcaire dur; ainsi, sur les bordures orientales, apparaissent d'importants cônes périglaciaires locaux (exemples : cônes issus du Vercors) à éléments calcaires qui viennent recouvrir plus ou moins les terrasses rhodano-iseranes.

Pour toutes ces raisons, ces deux régions ont constitué des sites-tests en vue de l'étude des vieux sols développés sur ces types de formations. Et une grande partie de nos observations détaillées et de nos mesures y ont été concentrées.

Fig. 1 – 5

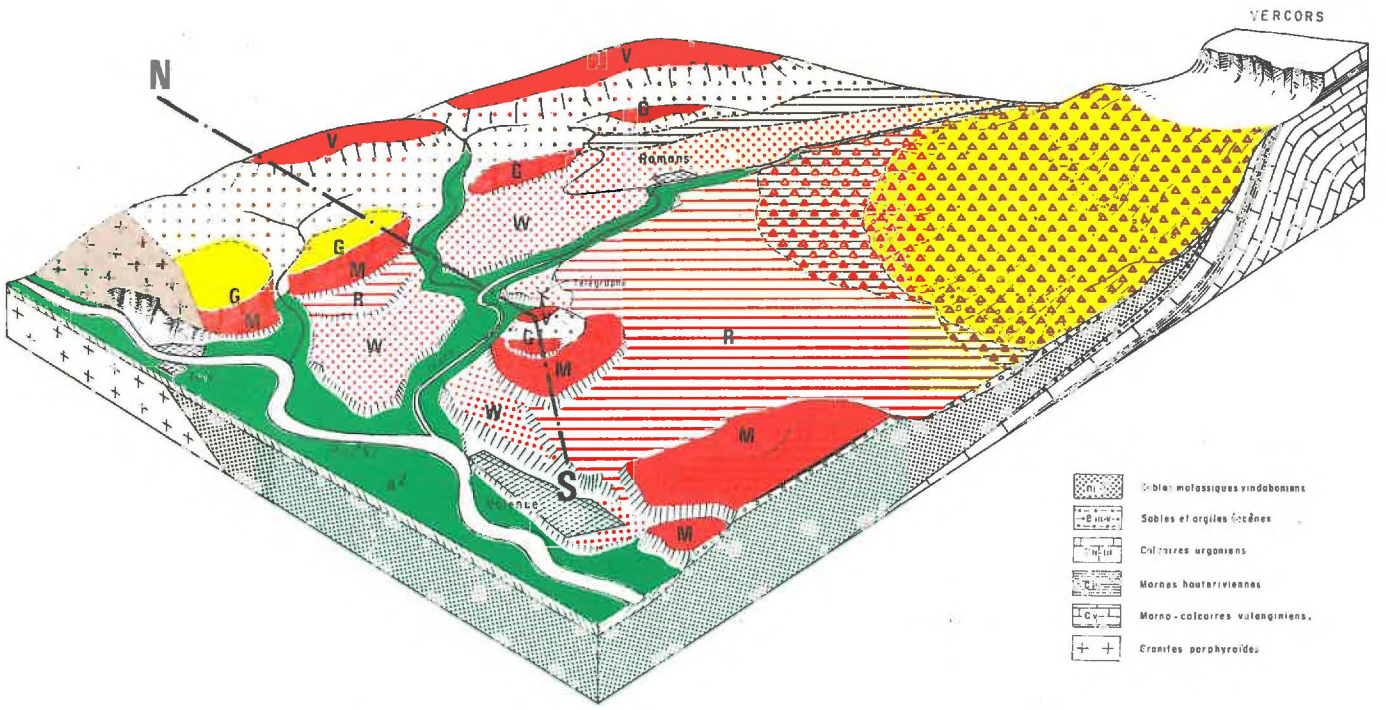
COUPE PERSPECTIVE DES TERRASSES RHODANIENNES AU DÉBOUCHÉ DE LA VALLOIRE



a^2	Alluvions récentes (stade initial)	R	Moyennes terrasses - Riss Stade d'évolution n° 2	Ga Gb	Très hautes terrasses - Günz Stade d'évolution n° 4		Recouvrements limoneux d'origine éolienne
W	Basses terrasses - Würm Stade d'évolution n° 1	M	Hautes terrasses - Mindel Stade d'évolution n° 3	V	Niveaux villafranchiens Stade d'évolution n° 5		Recouvrements sableux de fin de cycle alluvial

Fig. 1 – 6

COUPE PERSPECTIVE DU CONFLUENT RHÔNE – ISÈRE (PLAINES DE VALENCE)



a² Alluvions récentes (stade initial)

R Moyennes terrasses - Riss Stade d'évolution n° 2

G Très hautes terrasses - Günz Stade d'évolution n° 4

Formations limoneuses de recouvrement

W Basses terrasses - Würm Stade d'évolution n° 1

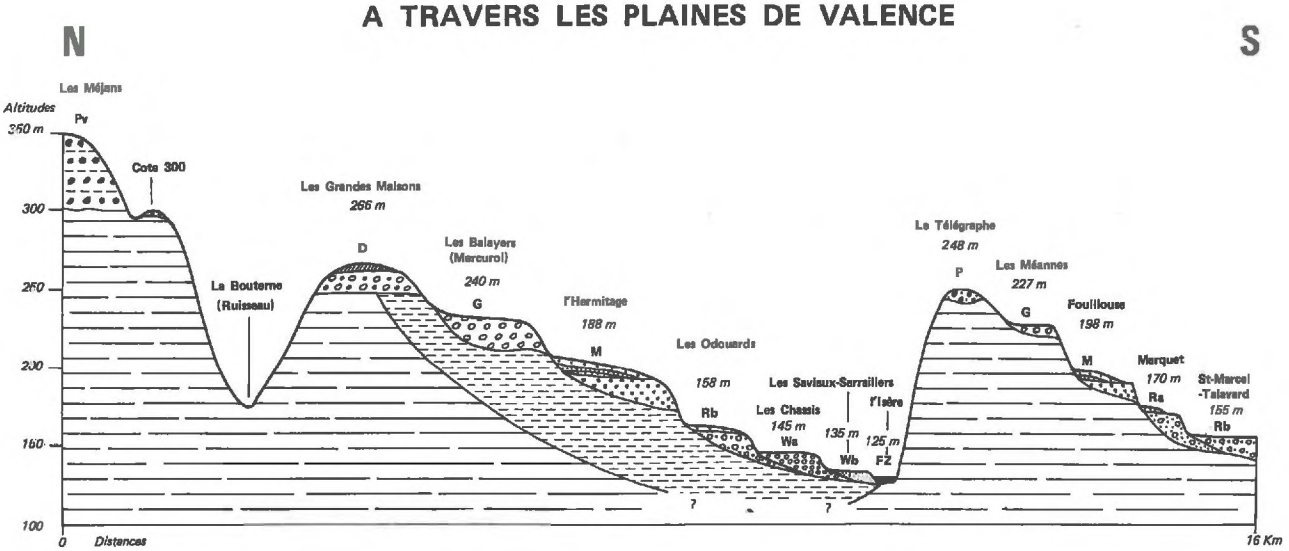
M Hautes terrasses - Mindel Stade d'évolution n° 3

V Niveaux villafranchiens Stade d'évolution n° 5

Cônes de déjection calcaires issus du Vercors

Fig. 1 – 6 bis

COUPE SEMI-SYNTHÉTIQUE NORD – SUD A TRAVERS LES PLAINES DE VALENCE



SUBSTRATUM

Argile pliocène

Molasse miocène

ALLUVIONS

Fz *Holocène*

Wb *Würm de retrait*

Wa *Würm du maximum*

Rb *Riss récent*

Ra *Riss ancien*

M *Mindel*

G *Günz*

D *Donau ?*

Pv *Plio-villafranchien (formation de Chamberan)*

LOESS & LIMONS

Loess calcaire (würmien)

Loess riss (calcaire avec paléosol)

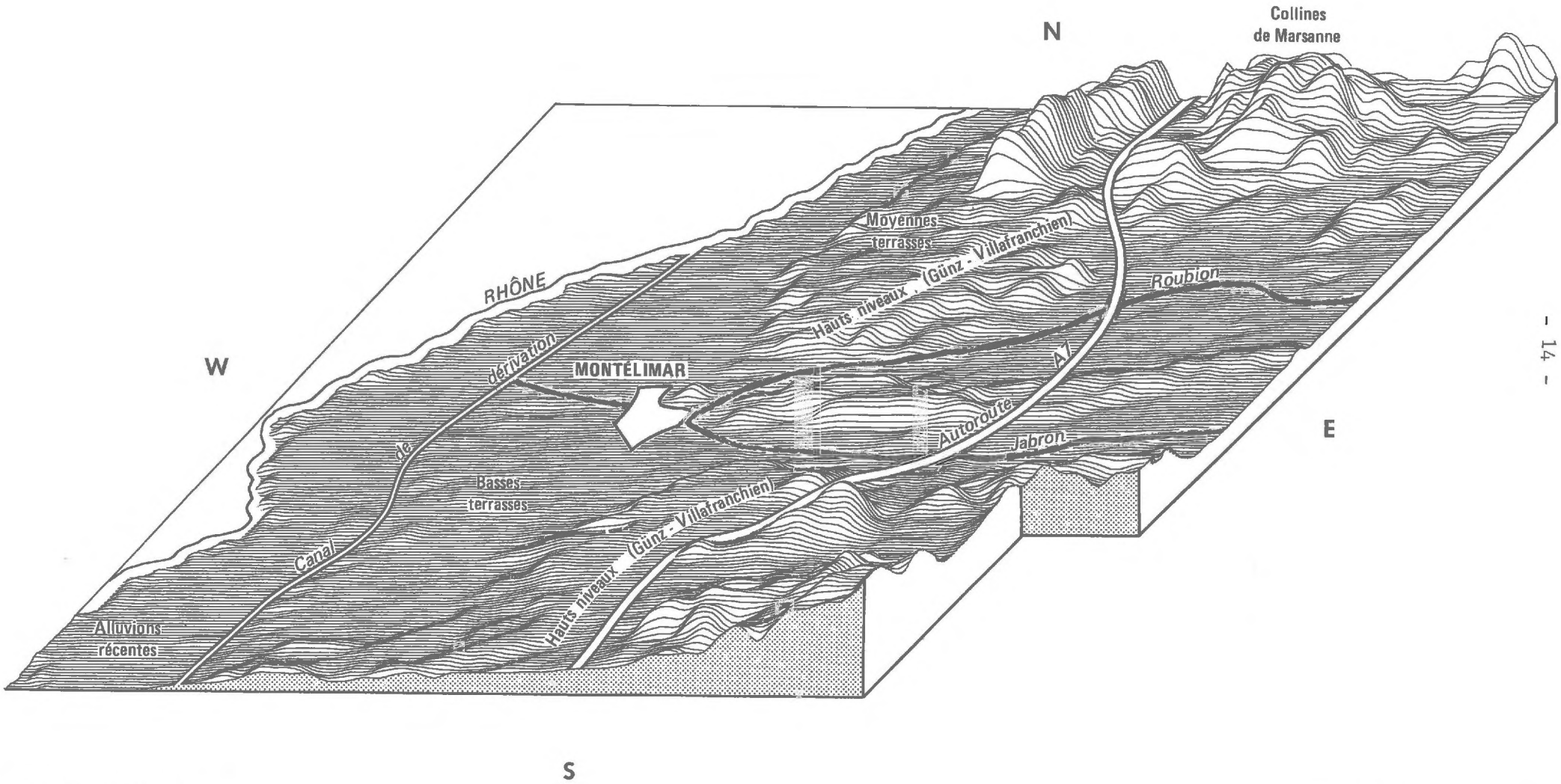
Loess durci

Limon

d'après M. BORNAND, F. BOURDIER P. MANDIER, G. MONJUVENT 1976

Fig. 1 – 7

BLOC DIAGRAMME DES PLAINES DE MONTÉLIMAR ET DU BASSIN VALDAINAIS

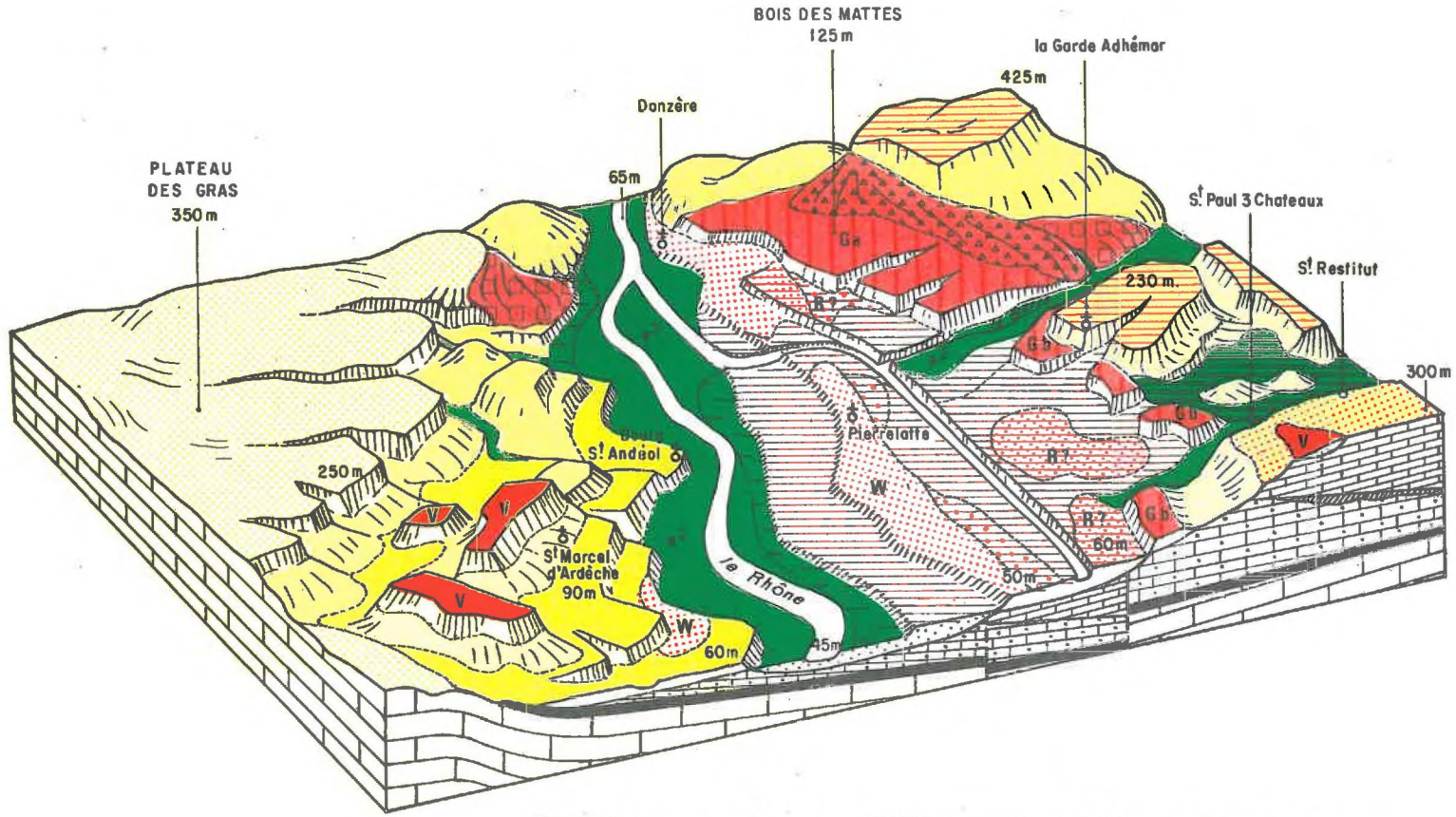


PROGRAMME : Bibliothèque Cartolab J-L. MALLET

DONNÉES : INRA Science du Sol Montpellier

Fig. 1 – 8

BLOC DIAGRAMME DE LA RÉGION DE PIERRELATTE – BOURG-St-ANDEOL



Mollasses et calcaires du Burdigalien

Formations détritiques de l'Eocène

Marnes aptiennes

Grès et sables du Crétace supérieur

Calcaire urgo-aptien

a^2 Alluvions récentes (stade initial)

R Moyennes terrasses - Riss Stade d'évolution n° 2

Ga Gb Très hautes terrasses - Günz Stade d'évolution n° 4

a b Formations limoneuses de recouvrement a - éoliennes, b - alluviales

W Basses terrasses - Würm Stade d'évolution n° 1

M Hautes terrasses - Mindel Stade d'évolution n° 3

V Niveaux villafranchiens Stade d'évolution n° 5

Cônes de déjection issus des bordures calcaires

32. 2ème Type de site : LES PLAINES FLUVIATILES RHODANIENNES AU CONTACT AVEC LES ZONES PREALPINES (Plaines de Crest et région de Pierrelatte-Montélimar).

Des sites aussi typiques que ceux que l'on vient de présenter sont assez peu nombreux. Dès qu'on descend vers le Sud, l'influence du Rhône se mêle à celle des apports latéraux locaux en provenance des zones calcaires préalpines. Les plaines de Crest, comme celles de Pierrelatte et de Montélimar permettent d'illustrer parfaitement les particularités de ces zones au contact entre deux types d'influences. Deux domaines bien distincts s'y juxtaposent :

a) - En bordure du fleuve se retrouve le domaine des terrasses fluviatiles "rhodaniennes" homologue de celui déjà décrit dans les secteurs plus septentrionaux. L'étagement des différents niveaux n'y est plus aussi complet. Néanmoins, la région de Montélimar et celle de Pierrelatte - Bourg-St-Andéol constituent encore de beaux exemples qui sont schématisés dans les figures 1.7 et 1.8. Les terrasses rhodaniennes reposent alors directement sur le substratum calcaire et sont souvent recouvertes (notamment en rive droite dans les secteurs ardéchois) par un manteau loessique, en relation avec les formations marneuses pliocènes existant dans ces secteurs.

b) - Quand on s'écarte vers l'Est, commencent les véritables zones d'influences préalpines. Ainsi, au Nord de Crest, se sont les glacis issus du piedmont nord-occidental du Vercors qui tiennent le rôle morphologique joué au Nord de la vallée par les plateaux de Bonnevaux-Chambaran. Comme dans ces régions, les nappes alluviales quaternaires post-villafranchiennes s'y sont encastrées (cf. figure 1.9). Cet étagement spectaculaire des nappes à éléments calcaires est d'ailleurs exceptionnel, et on ne le retrouve nulle part ailleurs dans la moyenne vallée du Rhône, Ainsi, dans les plaines du Bassin Valdainais qui s'étendent à l'Est de Montélimar, ces apports calcaires d'influence préalpine s'étalent en vastes nappes qui ne forment plus de terrasses typiques. Pourtant, elles présentent encore une extension appréciable, constituant ainsi une région bien représentative pour l'étude des sols qui se développent sur ces formations alluviales calcaires.

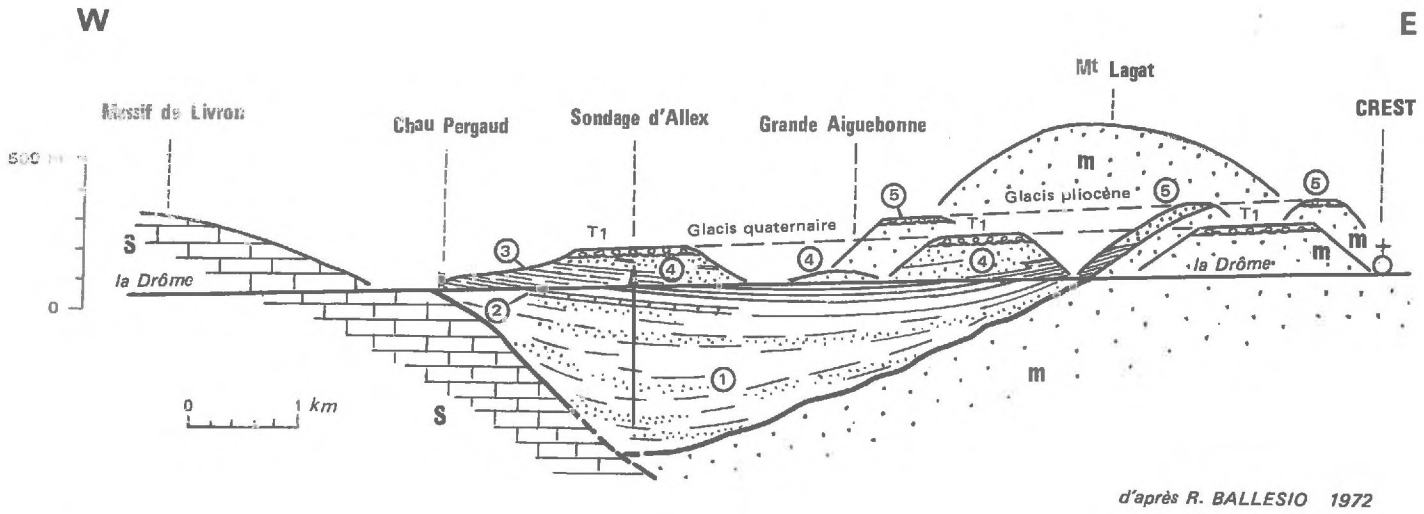
33. 3ème Type de site : LES ZONES DE CONTACT AVEC LES BORDURES DU MASSIF CENTRAL.

Le long du Rhône moyen, les influences possibles des rivières issues des bordures orientales du Massif Central ont été mal conservées, du fait du déplacement progressif du fleuve vers l'Ouest qui a entraîné leur décapage quasi-complet. Seuls subsistent des cônes locaux récents, de médiocre intérêt autant pour la morphologie que pour l'étude des processus d'évolution pédologique.

Il faut donc s'éloigner du Rhône pour trouver des secteurs où les alluvions en provenance du Massif Central ont été préservées. C'est ce qui se produit le long de l'Ardèche, où l'on retrouve un étagement de terrasses qui a permis de caractériser un tel milieu qui se distingue des précédents aussi bien du point de vue des conditions géomorphologiques que du point de vue pédologique (M. BORNAND et al. - 1977).

Fig. 1 – 9

PROFIL DU VERSANT NORD DE LA VALLÉE DE LA DRÔME EN AVAL DE CREST : LES GLACIS PLIOCÈNES ET QUATERNAIRES ANCIENS



T1 – Terrasse ..... Quaternaire
5 – Conglomérats des Serres de Montoison
4 – Sables saumatres
3 – Argiles marines ..... Pliocène
2 – Couches à congéries
1 – Dépôts d'eau douce inférieurs
m – Miocène : molasse sablo-gréseuse et conglomérats du Mont Lagat
S – Substratum crétacé : calcaire marneux hauteriviens (C_{IV})

4 - GRANDS TYPES D'APPORTS ALLUVIAUX.

La cartographie détaillée de cette région rhodanienne a permis de préciser l'origine, la mise en place et la diversité des formations alluviales et d'en réaliser la synthèse. Aussi, nous pouvons dire qu'il existe un apport principal à dominante caillouteuse et des apports de fin de cycle très localisés (cf. figure 1.10).

41. LES APPORTS ALLUVIAUX PRINCIPAUX A DOMINANTE CAILLOUTEUSE.

Dans toute la moyenne vallée du Rhône, les apports alluviaux principaux sont des apports sablo-caillouteux; ils sont assez homogènes du point de vue granulométrique et, au plan sédimentologique, ceci implique que le flux et la dynamique d'apport soient restés assez comparables. Par contre, la composition pétrographique varie en fonction des bassins versants originels; aussi, il y a lieu de distinguer bien nettement 3 types d'apports principaux (M. BORNAND - 1973, M. BORNAND et al. - 1977).

a) - Un apport sablo-caillouteux principal d'origine rhodanienne, ainsi dénommé parce que les éléments grossiers caillouteux qui le constituent ont été largement repris aux matériaux amenés par les glaciers du Rhône (au sens large). La composition pétrographique de ces galets, qui sera étudiée en détail dans le chapitre 2 comprend des éléments issus des massifs internes et externes alpins. Les calcaires sont dominants et mélangés avec des matériaux cristallins ainsi qu'à des éléments siliceux (quartzite, quartz et silex). La fraction "terre fine" de ces apports a une composante sableuse grossière qui rappelle celle des mollasses gréseuses miocènes formant le substratum majeur de toutes ces formations.

Cet apport "rhodanien" est largement dominant puisqu'il constitue à lui seul 80 à 90 % de la superficie d'ensemble des terrasses et alluvions du bassin rhodanien moyen. A cet apport sont venus s'ajouter d'autres apports caillouteux d'origine locale (Préalpes ou Massif Central). (cf. fig. 1.10)

b) - Un apport sablo-caillouteux d'origine préalpine à large dominante calcaire, localisé aux secteurs situés sur les bordures des avancées des chaînes subalpines (secteurs Est des plaines de Valence, bassin de Crest, bassin Valdainais). Les apports calcaires à caractère typiquement fluviatile (terrasses de cônes de déjection) occupent à peine 10 à 15 % de la superficie totale du bassin rhodanien moyen.

c) - Un apport gravelo-caillouteux issu du Massif Central, à plus forte composante cristalline et siliceuse, qui est cité ici pour mémoire, compte-tenu de sa faible importance spatiale au sein de la région étudiée. Dans cette étude il ne sera pas abordé de cas correspondant à ce type d'alluvionnement. On s'en servira simplement d'élément de comparaison car son importance théorique est capitale pour l'évolution des sols. Ce type d'apport possède un développement important en Languedoc dans les vallées des fleuves côtiers issus des bordures Sud du Massif Central, où il a fait l'objet d'études cartographiques et pédologiques assez complètes (J. BARRIERE - 1971 a et b, J. BARRIERE et al. - 1969). Cette région languedocienne présente d'ailleurs l'intérêt de permettre de "caler" ces vieux sols dans la chronologie quaternaire, grâce à la présence des appareils volcaniques d'Agde (St-Thibéry et Valros) fossilisant les vieilles terrasses et bénéficiant de datations absolues et grâce à leurs relations stratigraphiques avec des gisements paléontologiques classiques : Saint-Palais, Saint-Martial, Saint-Thibéry, Servian (J. BARRIERE, J. MICHAUX - 1971).

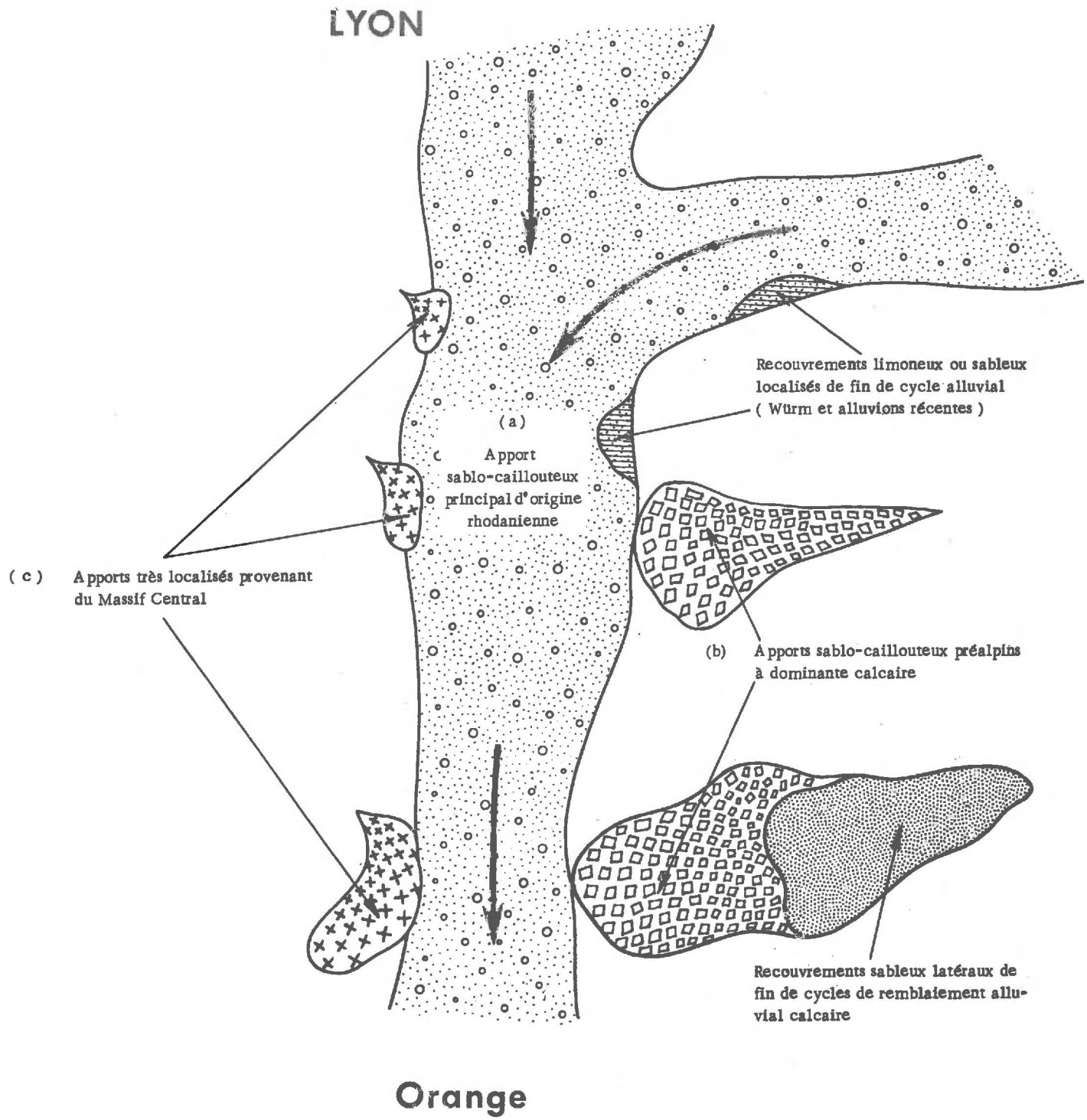
42. LES RECOUVREMENTS ALLUVIAUX DE FIN DE CYCLES.

A ces apports caillouteux liés au flux principal sont venus s'ajouter des apports correspondant à des fins de cycle sédimentaires. Ils possèdent une texture plus fine (sableuse ou limoneuse) et occupent toujours une faible extension dans les "terrasses rhodaniennes" proprement dites, sauf dans les basses terrasses (würm) et dans les alluvions récentes. Dans ces situations, ces recouvrements sont souvent localisés aux zones de piémont ou aux secteurs bordant les affluents latéraux. Ainsi, ce type de formation peut être proportionnellement plus développé dans les apports préalpins à dominante calcaire (cf. figure 1.10).

De toute façon, il y a lieu de bien dissocier ces recouvrements alluviaux des vastes recouvrements loessiques d'origine éolienne existant

Fig. 1 – 10

LES GRANDS TYPES D'APPORTS ALLUVIAUX DANS LA MOYENNE VALLÉE DU RHONE



en Bièvre-Valloire, qui possèdent une granulométrie beaucoup plus classée et qui sont souvent plus épais.

Pour résumer schématiquement, nous dirons que les apports caillouteux principaux occupent une place majeure ou très largement prépondérante à l'intérieur du flux principal des alluvions rhodaniennes; les sables et les limons n'occupent qu'une surface limitée sous forme de recouvrements localisés et peu épais dans les zones de piémont ou dans les apports latéraux à composante calcaire; enfin, les fractions plus fines, comme les argiles et les limons fins,ont été transportées plus loin et ont finalement abouti à la mer, où elles se retrouvent d'ailleurs dans les sondages effectués en Méditerranée (CHAMLEY H. - 1971).

5 - APPORTS ALLUVIAUX CAILLOUTEUX ET SOLS ASSOCIES.

51. LES CHRONOSEQUENCES QUATERNAIRES SUR ALLUVIONS CAILLOUTEUSES.

Au sein des alluvions caillouteuses, nous avons pu distinguer 3 familles de roches aux caractéristiques pétrographiques bien définies : cailloutis "rhodaniens", cailloutis préalpins, et cailloutis provenant du Massif Central . Cette distinction présente un intérêt fondamental pour l'étude des processus de transformation de ces matériaux en sols et pour l'approche du fonctionnement des sols eux-mêmes.

En effet, sur chacune de ces grandes familles de roches-mères alluviales, nous avons pu identifier un certain nombre de sols qui apparaissent comme le reflet des pédogénèses ayant affecté ces matériaux pendant le Quaternaire. La cartographie détaillée de ces systèmes de sols a montré qu'il était possible d'associer aux 5 principaux niveaux de terrasses un sol bien caractérisé, représentant la résultante des phénomènes d'altérations qui se sont exercés pendant la période ayant suivi la phase de dépôt proprement dite. Seul, le sol développé sur les terrasses les plus récentes a subi l'effet d'une pédogénèse unique. Tous les sols observés sur les autres niveaux cumulent les effets de pédogénèses successives. Par suite en allant des niveaux les plus récents jusqu'aux plus anciens, se développent des sols de plus en plus vieux ("vieux sols" quaternaires) correspondant à des degrès d'évolution croissante : ce sont des stades successifs d'évolution, dont le terme ultime est représenté par les sols développés sur les niveaux "villafranchiens".

A un type de matériau de composante donnée correspond donc une série de stades d'évolution dont l'ensemble définit la séquence de sols qu'on peut associer à ce matériau. Chaque terme évolutif intègre essentiellement des variations liées au temps ou à la durée d'évolution et aussi les variations éventuelles des conditions climatiques. Il s'agit donc bien essentiellement d'une chronoséquence, mais en toute rigueur, elle prend également en compte les variations climatiques quaternaires.

- La mise en évidence de ces séquences a aussi aidé à dégager les grandes tendances pédogénétiques qui se sont développées pendant cette période quaternaire et dont l'orientation dépend de l'ambiance physico-chimique et pédo-climatique, associée à la nature propre des matériaux. Nous avons

ainsi pu préciser les différences de comportement et de susceptibilité de chacun des matériaux à l'égard d'un même processus pédogénétique, ce qui a permis des comparaisons que nous nous efforçons d'exploiter au long de ce travail pour comprendre l'importance de certains facteurs dans le déclenchement des mécanismes de formation des sols.

Finalement, trois séquences de sols ont été définies (M. BORNAND et al. - 1977), qui sont détaillées et explicitées dans les publications citées en référence :

- une séquence de sols sur cailloutis de composante rhodanienne,
- une séquence de sols sur cailloutis préalpin à dominante calcaire,
- une séquence de sols sur cailloutis issus du Massif Central à composante plus cristalline.

52. SEQUENCE DE REFERENCE : Les sols des terrasses quaternaires à composante "rhodanienne".

Ces trois séquences ne présentent pas le même intérêt aussi bien sur le plan régional que sur le plan théorique. Ainsi, la séquence sur cailloutis de composante "rhodanienne" est la seule à être vraiment représentative de l'ensemble du milieu alluvial rhodanien, car elle y possède une extension spatiale appréciable (cf. figure 1.10). De plus, c'est aussi pour cette séquence que tous les termes évolutifs majeurs ont le maximum de chances d'avoir été conservés dans leur quasi-intégralité; c'est donc bien elle qui peut nous permettre de recueillir le maximum de maillons pour suivre les processus d'évolution quaternaire que nous cherchons à caractériser.

Pour la suite, c'est donc cette séquence qui nous servira de référence.

Compte-tenu du caractère encore incomplet des données de chronologie absolue, il serait illusoire de vouloir affecter une durée précise d'évolution à chacun des stades développés sur les différents niveaux de terrasses morphologiquement bien définis. Néanmoins, pour les deux termes extrêmes, stade 1 associé au Würm et stade 5 associé au Villafranchien, les données tirées directement du bassin rhodanien lui-même et les recoupements que nous avons pu effectuer avec des sites préhistoriques et paléontologiques similaires permettent de considérer comme vraisemblables pour la région les fourchettes suivantes de datation :

20.000 BP < Würm < 60.000 BP

2 Millions d'années < Villafranchien < 2,5 Millions d'an.

Pour les termes intermédiaires, nous sommes contraints de nous référer aux seules données paléontologiques encore imprécises. Pour faciliter la lecture et la compréhension du texte, il paraît nécessaire de se "caler" approximativement par rapport à la nomenclature quaternaire classique. Si les échelles de temps sont peut-être imprécises en valeur absolue, la succession chronologique est sure. A titre indicatif, nous nous référerons à l'échelle proposée ci-après :

Période de dépôt (nomenclature alpine)	Stades d'évolution pédologique	Durée d'évolution approximative en années
WÜRM	stade 1	30.000
RISS	stade 2	250.000
MINDEL	stade 3	500.000
GÜNZ	stade 4	800.000
VILLAFRANCHIEN	stade 5	1.800.000 2.000.000

Présentation schématique de la séquence "rhodanienne"

Depuis les niveaux alluviaux les plus récents jusqu'aux plus anciens, les processus pédogénétiques qui se sont surimposés et cumulés sur ces matériaux "rhodaniens" se traduisent par la différenciation de sols de plus en plus vieux et de plus en plus développés. Les 5 stades majeurs d'évolution que nous avons pu distinguer en plus des matériaux mères peuvent alors se schématiser comme suit (cf. figure 3.1) :

- A partir des terrasses würmiennes jusqu'aux niveaux mindéliens, nous observons une série de 3 stades évolutifs (stades 1, 2, 3), correspondant à des sols rouges dont le caractère, d'abord faiblement fersiallitique va en s'affirmant de plus en plus nettement. Pour ces sols, le degré d'argilisation et de rubéfaction va croissant avec l'intensité des altérations subies, de même que l'épaisseur de développement des profils: (stade 1 : 1 m, stade 2 : 2-3 m, stade 3 : 4-5 m). En profondeur existe un double horizon d'accumulation du calcaire : accumulation diffuse à la base des profils, poudingue plus ou moins épais et concrétionné dans les zones plus basses au sein même du matériau-mère.

- Au dessus des niveaux mindéliens, les profils continuent encore à s'approfondir (8-10 m au stade 4, 15-20 m au stade 5). Il apparaît en surface une tendance à la dégradation des sols rouges fersiallitiques (stade 4). Il y a individualisation nette d'un horizon A_2 clair, souvent graveleux, bien visible sous forêt et d'horizons B très compactés, imperméables, à structure massive. Cette tendance s'accentue au fur et à mesure que progressent corrélativement les processus d'acidification, de désaturation et d'engorgement. On aboutit finalement au stade 5 à des termes qui s'apparentent aux "ultisols" (sols dérubéfiés et sols jaunes).

6 - CONCLUSIONS

La complexité du bassin rhodanien transparaît assez bien au travers de la présentation qui précède. Les sites favorables à l'étude des formations alluviales sont en nombre limité : nous avons pu les définir et les choisir. Au sein de ces sites, la cartographie pédologique détaillée et exhaustive a permis de mettre en évidence plusieurs familles pétrographiques de matériaux alluviaux caillouteux.

Seuls les matériaux caillouteux d'origine "rhodanienne" présentent un étagement suffisamment caractérisé et continu sur l'ensemble du quaternaire pour être utilisé comme système de référence. Ce sont donc ces "cailloutis rhodaniens" qui nous serviront de base pour suivre et étudier la progression des processus de pédogénèses quaternaires en fonction du temps.

Chapitre 2

CARACTERISATION DES MATERIAUX FLUVIO-GLACIAIRES RHODANIENS

Position du problème

Pour pouvoir comparer entre eux les différents stades évolutifs de la séquence choisie comme référence, il est fondamental d'avoir une bonne connaissance de la composition des matériaux fluvio-glaciaires "rhodaniens" , puisque ceux-ci constituent les bases de départ pour les altérations conduisant à chacun des sols observés. Il était donc important de procéder à une caractérisation aussi précise que possible de ces matériaux originels :

- de façon à pouvoir tester leur degré d'homogénéité et d'hétérogénéité relatif,
- et en même temps, de manière à pouvoir s'assurer de la valeur significative des prélèvements effectués et de leur représentativité.

C'est pourquoi, nous avons été amenés à réaliser un certain nombre de mesures sur le terrain et de déterminations au laboratoire :

- d'abord pour préciser l'importance relative des fractions "grossières" et des fractions "terre fine" ,
- ensuite pour caractériser au mieux chacune de ces fractions, aussi bien du point de vue granulométrique que du point de vue pétrographique et minéralogique.

Importance relative des fractions "grossières" et "terre fine".

Compte-tenu du caractère exceptionnellement grossier du matériau, les 2 fractions classiques de l'analyse granulométrique sont insuffisantes pour bien le caractériser. Aussi, avons-nous utilisé la maille suivante, qui permet de distinguer 4 classes d'éléments au sein de la fraction supérieure à 2 mm :

- blocs ou pierres ou éléments compris entre 200 mm et 50 mm
- cailloux ou éléments compris entre . . . . 50 mm et 20 mm
- graviers ou éléments compris entre . . . . 20 mm et 5 mm
- gravillons ou éléments compris entre . . . 5 mm et 2 mm

} Fraction "grossière"

- terre fine ou éléments situés au-dessous de 2 mm

Nous avons procédé à une série de tamisages et de pesées à partir du matériau-mère en place. Les mesures ont porté sur des quantités assez importantes de matériau, supérieures à 40-60 kg, de manière à obtenir des résultats reproductibles et significatifs. Les résultats sont consignés dans les tableaux 2.1 : ils correspondent aux horizons notés C.

L'examen de ces résultats permet de constater que l'éventail des variations observées pour la fraction "terre fine" est assez faible; en effet, tous les résultats se regroupent dans leur grosse majorité entre 15 et 20 % . La moyenne calculée des teneurs en poids de terre fine pour les alluvions rhodaniennes s'établit à 15,75 % .

La seule exception vraiment nette correspond à la terrasse de Louze, en Valloire, où l'on observe seulement 6 % de terre fine. Cette valeur ainsi que d'autres caractéristiques sur lesquelles nous reviendrons plus loin peuvent expliquer les particularités de l'altération constatée sur ce niveau.

1 - CARACTERISATION DES ELEMENTS GROSSIERS.

11. GRANULOMETRIE DES FRACTIONS GROSSIERES.

L'ensemble des fractions grossières représente donc plus de 80 % de la masse des alluvions rhodaniennes. De ce fait, ces fractions vont jouer un rôle majeur dans les phénomènes d'altération quaternaires.

Les résultats présentés dans les tableaux 2.1 montrent que l'hétérogénéité de distribution des éléments par classes granulométriques est moins grande qu'on aurait pu le penser.

- Les variations verticales de composition granulométrique que l'on enregistre au sein d'un même ensemble alluvial (même niveau de terrasse) sont généralement minimes, sauf dans certaines situations correspondant souvent à des particularités morphologiques (superposition de deux apports fluviatiles d'origines différentes, plus ou moins grande proximité du socle ou du substrat, voisinages immédiats des arcs morainiques, etc...). Ainsi, en dehors de ces cas exceptionnels, qu'il convient d'écarter pour le choix des profils de référence, la composition granulométrique des alluvions rhodaniennes ne subit que peu de variations verticales autour d'une valeur modale caractéristique du point d'observation considéré.

Tabl. 2 – 1

DISTRIBUTION DES ÉLÉMENTS PAR CLASSES DE TAILLE DANS LES ALLUVIONS RHODANIENNES ET LES SOLS SUPERPOSÉS

Stade d'évolution n° 1

LOCALISATION	HORIZON	PROFONDEUR cm	OBSERVATIONS	BLOCS %	CAILLOUX %	GRAVIERS %	GRAVILLONS %	TERRE FINE %
Pont d'Isère	A	0-20	Cultivé, défoncé	0	22,7	22,7	8,4	46,2
	B_2	50-70	Peu rubéfié et argilifié	16,5	35,5	19,7	4,6	23,7
	C	400-600	En place dans carrière	22,9	37,0	15,8	3,4	20,9
Combeaux Marcerolles	A	0-20	Cultivé	0	13,4	15,7	7,9	63,0
	B_2	60-80	Peu rubéfié et argilifié	16,3	35,4	21,1	4,8	22,4
	C	250-300	En place carrière	5,5	40,1	29,9	3,7	20,8
Beaumont Monteux	A	0-20	Cultivé, légt. calcique	0	17,4	17,4	5,6	59,6
	B_2	30-60	Peu argilifié	29,0	26,2	11,6	7,0	26,2
	C	150-200	Fondations	27,3	19,0	20,3	10,1	23,3
St-Rambert d'Albon (aérodrome)	A	0-30	Anciennement cultivé	4,5	16,2	14,4	6,3	58,6
	B_2	30-50	Peu rubéfié	9,5	40,1	19,1	5,4	25,9
	C	200-220	Typique carrière	18,9	40,5	24,3	5,7	10,6
Andancette (ferme Marcoz)	A	0-30	Anciennement cultivé	4,0	21,6	22,2	6,8	45,4
	B_2	60-80	Peu rubéfié	6,1	28,2	24,6	4,9	36,2
	C	450	En place carrière	9,3	38,6	32,8	1,9	17,4

Stade d'évolution n° 2

St-Marcel-les-Valence (bordures village)	A	20-50	Sous-horizon cultural	34,3	23,2	16,0	7,2	19,3
	B_{21}	100-110	Sommet B rubéfié	16,9	25,1	23,5	9,3	25,2
	B_{22}	120-150	Milieu B rouge typique	11,8	36,0	19,9	9,3	23,0
	BC	250	Passage au Cca	14,5	33,7	33,2	7,2	11,4
	C	300-400	Carrière	26,0	32,4	24,2	3,0	13,4
St-Marcel-les-Valence (fondation maison)	A	10-30	Anciennement cultivé	2,8	18,4	23,5	8,9	46,4
	AB	30-50	Hor. transition typique	2,6	30,6	30,6	9,2	27,0
	B_2	80-100	B rouge argilifié	16,4	32,1	16,4	6,1	29,0
	C	200-250	Début puits	30,1	31,1	22,0	4,2	12,6
Rosay (fondation maison)	Ap	0-10	Cultivé, défoncé	47,4	14,6	9,9	4,0	24,0
	A_1	20-40	Hor. peu perturbé	33,4	25,9	13,3	7,4	20,0
	B_2	80-100	B_2 rouge typique	26,2	31,3	18,8	6,2	17,5
	C_1	150	Début mat. sain	40,7	31,7	13,8	1,6	12,2
	C_2	250	Autre prélèvement	35,2	31,1	16,4	1,6	15,7
Epinouze (carrière)	A	0-30	Peu perturbé	5,0	27,8	19,3	10,1	37,8
	AB	30-50	Hor. transitoire typique	29,4	28,4	19,6	8,8	13,7
	B_2	120-150	B_2 rouge bien argilifié	14,0	20,3	23,8	7,0	34,9
	C	350	typique apport local	23,2	37,3	22,6	2,3	14,6

Stade d'évolution n° 3

Fouillouse (Carrière Sandon)	Ap	0-20	Horizon travaillé	4,1	8,2	20,5	8,8	58,4
	B	80-100	B_2 typique local	4,0	11,9	20,6	19,8	43,7
	C	- 1500	Dans C à petits blocs	11,7	42,2	19,5	8,1	18,5
Fouillouse (Verveyre)	A	0-30	Horizon cultivé	4,0	10,7	21,8	7,3	56,2
	B_2	110-160	B_2 argileux	12,8	18,7	26,0	7,4	35,1
	C	- 400	Matériau-mère	12,0	40,5	20,5	7,5	19,5
La Léore (Hopital construction)	A	20-40	Horizon travaillé	18,4	23,7	15,8	7,9	34,2
	AB	50-70	Horizon à graviers	22,2	29,6	26,4	6,9	15,1
	B	150	Brun rouge bariolé	11,7	27,5	17,5	8,8	34,5
	C	- 300	Carrière	22,0	38,0	20,1	4,5	15,4
Pact (Carrière Dolon)	Ap	20-50	Horizon sous-cultural	18,4	22,9	11,5	12,6	34,4
	AB	50-80	Horizon jaune à graviers	23,6	38,7	18,9	4,7	14,1
	B_2	100-160	Rouge et argileux	38,5	19,2	9,6	8,7	24,0
	C	- 2000	Sous poudingue calcaire	17,3	48,1	16,2	3,1	15,3

Tabl. 2 – 1 (suite)

DISTRIBUTION DES ÉLÉMENTS PAR CLASSES DE TAILLE DANS LES ALLUVIONS RHODANIENNES ET LES SOLS SUPERPOSÉS

Stade d'évolution n° 4

LOCALISATION	HORIZON	PROFONDEUR cm	OBSERVATIONS	BLOCS %	CAILLOUX %	GRAVIERS %	GRAVILLONS %	TERRE FINE %
La Forêt (Sud Les Chals)	Ap	0-10	Horizon défoncé, Pêchers	23,5	32,0	10,7	3,8	30,0
	A_2	60-80	Horizon à graviers	32,0	31,2	16,0	8,0	12,8
	B	250	B argileux bariolé	25,7	28,8	10,6	7,6	27,3
	C	- 1000	Carrière	20,2	35,7	19,0	7,5	17,6
Nord Salaise	Ap	20-40	Horizon sous-cultural	43,0	16,0	10,6	5,9	24,5
	A_2	40-100	Horizon lavé à graviers	36,8	30,0	14,2	9,7	9,3
	B	200-250	Horizon argileux rouge bariolé	45,6	14,6	12,6	8,0	19,2
	C	- 800	Carrière	19,7	37,8	18,9	7,0	16,6
Louze (Bord N 7)	A	0-30	Assez typique	20,3	20,3	11,8	6,4	41,2
	AB	60-80	Horizon à graviers typique	21,6	20,5	26,6	22,7	8,6
	B_{21}	150	Sommet B argileux	30,5	35,6	10,2	10,2	13,5
	C	- 2000	Carrière	35,7	31,5	19,2	7,6	6,0
Bois de la Viale (Donzère)	Ap_1	0-10	Horizon défoncé	37,6	29,8	15,6	5,0	12,0
	Ap_2	0-10	Cultivé, irrigué	35,3	32,7	15,4	5,2	11,4
	A_1	10-20	Garrigue de chênes verts	8,3	26,7	28,3	9,2	27,5
	A_2	20-40	Horizon à graviers	14,4	20,2	15,4	10,6	39,4
	B	80-100	Très rubéfié et argilifié	29,2	18,8	9,1	7,8	35,1
	C_1	- 1000	Matériau-mère en place	31,7	36,2	17,9	2,2	12,0
	C_2	- 1200	dans poudingue	23;0	35,5	20,6	3,2	17,2

Stade d'évolution n° 5

"Blayn" Montélimar	Ap	0-20	Horizon défoncé (vignes), épierré	9,4	50,0	15,6	3,3	21,7
	B_2	400	Brun rouge peu bariolé	42,8	19,3	14,3	6,2	17,4
	B_2g	400-500	Brun rouge bariolé	36,5	20,8	17,2	7,3	18,2
	C	1200	Sommet mat, mère légèrement altéré	41,1	28,5	14,5	4,8	11,1
Jardin (Bonnevaux) Chambaran "Aval"	A	0-20	Horizon colluvial	47,5	9,5	3,6	1,4	38,0
	B_2	300-350	Horizon argileux bariolé typique	21,3	28,4	14,2	8,4	27,7
	C	1500-2000	Mat, mère sous poudingue	18,8	43,9	16,7	3,1	17,5
Montchenu Chambaran (secteurs amont)	A - A_2	20-40	Horizon sous végétation naturelle	21,0	27,0	24,0	5,5	19,5
	B_1	100	Horizon jaune	13,5	14,5	8,0	2,0	62,0
	B_{21}	150	Horizon jaune bariolé, sommet B_2	15,0	21,0	8,0	2,0	54,0
	$B_{22}g$	250	" jaune bariolé, milieu B_2	19,0	25,0	8,0	1,0	47,0
	C	2500	Matériau-mère	20,0	49,5	10,0	2,0	18,5

- Latéralement ou géographiquement, les variations peuvent être plus importantes et sont elles-mêmes fonction de plusieurs types de données : nature et éloignement du bassin d'alimentation, position par rapport à l'axe médian du courant (dynamique fluviatile), possibilités d'apports latéraux alluviaux (zones de confluence) ou colluviaux (influences des piémonts). Les observations faites ponctuellement ne peuvent donc être étendues à l'ensemble d'une surface morphologique ou d'un même niveau de terrasse, qu'en prenant un certain nombre de précautions et en sachant notamment qu'elles ne peuvent avoir qu'une valeur approchée et indicative.

- Dans ce même esprit, il était également souhaitable de pouvoir se faire une idée de l'importance des variations éventuelles de composition granulométrique des apports alluviaux au cours des différents épisodes quaternaires (variations des apports au cours du temps). Les résultats des tableaux 2.1 qui sont présentés par niveaux chronologiques associés aux différents stades d'évolution pédogénétique, permettent de se faire une idée des variations de détail observées. Mais nous avons cherché à avoir un aperçu plus synthétique de la question. A cet effet, bien que la notion de moyenne n'ait qu'une valeur relative pour ce genre de caractéristiques, nous donnons dans le tableau 2.1 bis les résultats des calculs que nous avons pu effectuer concernant la granulométrie moyenne des matériaux originels sur les principaux niveaux morphologiques régionaux.

Tabl. 2 – 1 bis

VALEURS MOYENNES DE LA GRANULOMÉTRIE GLOBALE POUR LES MATÉRIAUX ORIGINELS DES TERRASSES RHODANIENNES REGROUPÉS PAR NIVEAUX MORPHOLOGIQUES ET CHRONOLOGIQUES

Taille des éléments / Niveau de terrasses	Blocs %	Cailloux %	Graviers %	Gravillons %	Terre fine %
Niveau 1	16,8	35,0	24,6	5,0	18,6
Niveau 2	31,8	33,0	19,8	2,5	13,7
Niveau 3	15,7	42,2	19,1	5,8	17,2
Niveau 4	26,0	35,4	19,1	5,5	14,0
Niveau 5	26,6	40,7	13,7	3,3	15,7

Deux points essentiels ressortent de ce tableau 2.1 bis :

a) - Les variations les plus fortes s'observent pour les classes granulométriques extrêmes notamment pour les éléments de type "gravillons" et surtout pour les "blocs".

b) - Au contraire, la fraction "cailloux" présente une relative stabilité qui se conserve au cours des apports successifs quaternaires; cette fraction est toujours largement dominante au sein de ces éléments grossiers et reste comprise entre 35 et 50 % de la masse globale du matériau originel.

12. CARACTERISATION PETROGRAPHIQUE DES "FRACTIONS GROSSIERES".

Pour suivre la progression des phénomènes d'altération au sein de ces matériaux de terrasses alluviales, il était nécessaire, d'un autre côté, d'avoir une bonne idée de la composition pétrographique de ces fractions grossières, c'est à dire de connaître aussi précisément que possible à la fois, la nature et aussi les pourcentages respectifs de chacun des constituants du matériau.

121. Mode opératoire et résultats.

En toute rigueur, une caractérisation idéale aurait évidemment nécessité de procéder à des comptages pétrographiques au sein des diverses fractions granulométriques constituant les matériaux originels.

Cependant, il est tout à fait possible de mettre à profit le fait que la fraction "caillouteuse" constitue la fraction la mieux représentée et aussi celle qui possède la moindre variabilité au sein de la masse alluviale à caractériser. Par suite, nous avons multiplié les comptages au sein de cette seule fraction (on sait que celle-ci est facilement accessible car la taille des éléments rend les déterminations pétrographiques plus commodes).

Ces comptages ont été réalisés sur des ensembles d'environ 200 galets prélevés au hasard au sein de la fraction caillouteuse, avec un minimum de 2 répétitions pratiquées sur des prélèvements distincts; ils sont exprimés en pour cent de cailloux dénombrés. Nous les considérerons comme représentatifs de l'ensemble de la fraction grossière et ils serviront à la caractériser. Ils ont permis d'évaluer les poids relatifs des principales composantes pétrographiques des alluvions rhodaniennes.

Nos comptages et nos déterminations sur cette fraction caillouteuse, ainsi qu'un certain nombre de déterminations que P. MANDIER a bien voulu nous communiquer malgré leur caractère encore inédit (thèse en cours) sont rassemblés dans les tableaux 2.2. Les points de prélèvements sont localisés à l'aide de leur numéro de référence sur le croquis de la figure 2.2 ci-jointe.

122. Commentaires.

Pour faciliter la discussion, la composition pétrographique a été regroupée en 3 grands ensembles :

- roches calcaires (calcaires durs et calcaires gréseux)
- roches siliceuses (quartzite, quartz, silex)
- roches cristallines et cristallophylliennes.

a) - Origine des cailloutis.

Compte-tenu de la présentation des sites faite en 1ère partie, il semble que le bassin d'alimentation des formations alluviales "rhodaniennes" s'est progressivement élargi et compliqué depuis la fin du Tertiaire jusqu'à l'Actuel, et avec R. TRUMPY et A. BERSIER (1954), J. BOCQUET (1966) et G. LATREILLE (1969), on peut raisonnablement penser que les calcaires et les silex ont pour origine les faciès subalpins; les galets de roches dures qui peuvent résister à un long transport sont fournis par les zones alpines internes:calcaires nummulitiques du Flysch des Aiguilles d'Arves grès grossier du Permo-Houiller, quartzites triasiques du Briançonnais, ophiolites de la zone piémontaise. Les galets cristallins qui ne sont bien représentés que dans la partie supérieure du Miocène alpin proviendraient essentiellement du massif du Pelvoux.

A partir du Pliocène, à la suite du soulèvement et de la surrection des massifs cristallins de Belledonne et du Pelvoux (dernier contrecoup du plissement alpin), l'érosion a sans doute été plus active, ce qui se traduit par une nette augmentation de la proportion des galets cristallins de type Belledonne dans la grosse majorité des alluvions pliocènes (cf. Lens-Lestang n° 30-31) et aussi dans les alluvions quaternaires issues de la vallée de l'Isère (Bièvre-Valloire et plaine de Valence).

b) - Principales variations de la composition pétrographique des cailloutis rhodaniens plio-quaternaires.

La composition des cailloutis subit des variations d'amont en aval de la vallée, mais aussi d'une région géographique à une autre, et les résultats rassemblés dans le tableau 2.2 permettent de s'en faire une idée assez complète. En voici un bilan schématique :

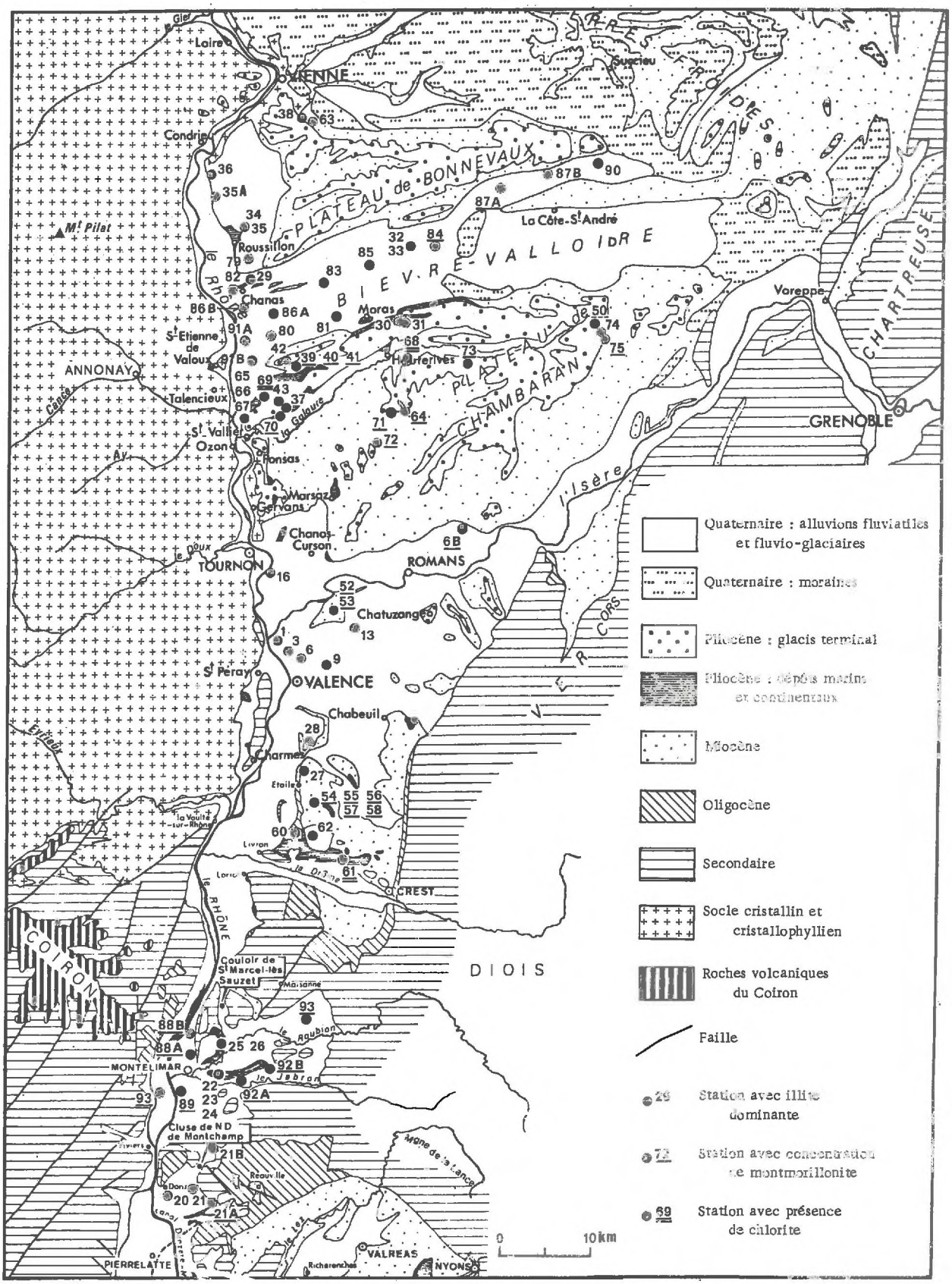
Variations verticales au niveau d'une région donnée.

Dans ce domaine, ce sont les formations quaternaires les plus anciennes (Villafranchien, Günz) qui reflètent sans doute les hétérogénéités les plus marquées. S'il n'est pas possible de dégager de tendance générale, on peut parler d'un appauvrissement progressif en éléments cristallins aux dépens des éléments calcaires et siliceux lorsqu'on passe de la base au sommet des remblaiements (ex. Villafranchien de Bièvre-Valloire, cp. n° 43, 37, 38; Günz de Louze, cp n° 36, 35, 35 A et 34).

Fig. 2 – 1

LOCALISATION SCHÉMATIQUE DES PRINCIPAUX POINTS DE PRÉLÈVEMENTS DE MATÉRIAUX - MÈRES DANS LA MOYENNE VALLÉE DU RHÔNE

(d'après schéma géologique R. BALLESIO – 1972)



Tabl. 2 – 2

PÉTROGRAPHIE DES FRACTIONS GROSSIÈRES DANS LES FORMATIONS MIO-PLIOCÈNES ET DANS LES ALLUVIONS DES TERRASSES RHODANIENNES

Numéro	Age ou chronologie relative	Lieu	Composition pétrographique en pour cent (comptages)		
			Roches calcaires (%)	Roches cristallines ou cristallophylliennes (%)	Roches siliceuses Quartzites+Quartz+Silex (%)
FORMATIONS MIO-PLIOCENES et (ou) VILLAFRANCHIENNES de la moyenne vallée du Rhône					
Bièvre - Valloire					
72	Miocène	Bathernay	55	15	30
63	"	Pinet -Sud Vienne- apports massifs centraliens	3	82	15
67	"	Montrebut (Massif Central)	2	85	13
39-41	Pliocène	Mantaille	62,5	0,5	37
42	"	Tour d'Albon	45	33,5	21,5
30-31	"	Lens - Lestang Sommet	67	21	12
		Base	73	10	17
38	Villafranchien	Jardin (Bonnevaux)	52	14	34
75	"	Le Platre (Chambaran amont)	84	9	7
37	"	Berteux (Chambaran aval)	52	20	28
43	"	Col du Grand Boeuf (St-Philibert)	56	31	13
Région de Valence - Bassin de Crest					
52-53	Villafranchien	Chateauneuf d'Isère - sommet	30	2	68 (dont 16 silex)
		(le Télégraphe) - base	45	3	52
54-58	"	Montéléger - Consenave	94 (dont 20 grès mollasses)	0	6 (silex)
60-62	"	Ambonil - Plateau du/ sommet	75	10	15
		Soulié base	65	15	20
Bassin de Montélimar					
25-26	Villafranchien	Plateau de Blayn	64	17	19
22	"	Plateau de Géry sommet	96	0	4
24	"	base	60	17	13
FORMATIONS DES TRES HAUTES TERRASSES DU RHONE					
34-35	Günz	Louze N 7 - sommet remblaiement	50	10	40
36		Louze - Clonas - milieu remblaiement	40	16,5	43,5
35		Louze Le Colombier (Combe du Soleil) base remblaiement	36,5	18,5	45
27		Etoile (Sud Valence)	55	21	24
	Günz	Bois de la Viale (Donzère)			
21		Axe du courant	40	27	33
20		Vers bordures calcaires	59	11	30
21 A		Proximité des piémonts calcaires	95	2	3
21 B		Trappistines - sommet remblaiement	58	15	28
		(talus est) - base remblaiement	57	16	27

Tabl. 2 – 2 (suite)

PÉTROGRAPHIE DES FRACTIONS GROSSIÈRES DANS LES FORMATIONS MIO-PLIOCÈNES ET DANS LES ALLUVIONS DES TERRASSES RHODANIENNES

Numéro	Age ou chronologie relative	Lieu	Composition pétrographique en pour cent (comptages)		
			Roches calcaires (%)	Roches cristallines ou cristallophylliennes (%)	Roches siliceuses Quartz+Quartzites+Silex (%)
FORMATIONS DES HAUTES ET MOYENNES TERRASSES DU RHONE					
Bièvre-Valloire					
32-33	Mindel 1	Pact (carrière Dolon)	75	10	15
29	"	Chanas (carrière)	52	38	10
79	"	Les Chals (carrière)	24	28	48
80	Mindel 2-3	Anneyron (carrière Rapon)	44	42	14
81	"	St-Sorlin en Valloire Sommet	82	2	16
		Base	67	18	15
82	"	Moulin de Galley	40	43	17
83	Riss	Epinouze (carrière)	56	7	37
84	"	Beaurepaire (carrière)	54	9	37
	"	Beaurepaire - St-Barthelemy	66	9	25
85	"	Lapeyrouse - Mornay			
		- sommet nappe	80	2	18
		- base nappe (apports Bièvre)	59	30	11
86 A	"	Rosay (sud)	64	11	25
86 B	"	Rosay (autoroute)	68	10	22
87 A	"	Liers (vallée du Suzon)	80	1	19
87 B	"	Liers Arzay	76	10	14
Région de Valence					
28	Mindel	La Léore - carrière - sud	67	8	25
		" - centre	62	11	27
13	"	Fouillouse			
		- carrière Sandon (Isère)	90	5	5
		- bord nord (rhod.)	65	12	23
9	Riss	Alixan - St-Marcel	54	40	6
6	"	Alixan - Talavard	52	40	8
6 B	"	Chatillon St-Jean (apports locaux	79	13	8
Région de Montélimar					
88 A	Riss (?)	Montélimar nord	60	24	16
88 B	Riss (?)	L'Homme d'Armes (ouest)	69	9	21
89	Riss	Champ de manoeuvres Montélimar	83	0	17
21 C	Mindel - Riss (?)	Conquet	70	10	20
FORMATIONS DES BASSES TERRASSES DU RHONE					
Bièvre-Valloire					
90 A	Würm	St-Rambert d'Albon	44	26	30
90 B	"		65	16	19
91	"	Liers (Champier)	72	3	25
Région de Valence					
3	Würm	Armailler : carrière Girard	54	34	12
1	"	Marcerolles : carrière Combeaux	50	33	17
Région de Montélimar					
92 A	Würm	La Batie Rolland (apports locaux préalpins)	89	0	11
92 B	"	Vermenon (apports idem)	90	0	11
93	"	Montélimar (S-Est) apports rhodaniens	60	25	15

Pour les formations quaternaires post-günz, l'homogénéité verticale de composition pétrographique est meilleure d'une façon générale, au sein d'un même niveau de terrasse (exception pour le Riss de Lapeyrouse, où deux nappes d'origines différentes viennent se superposer n° 85).

Variations spatiales ou géographiques.

L'ampleur et l'importance de ces variations sont encore plus difficiles à apprécier de manière synthétique. Au sein des alluvions rhodaniennes proprement dites, les plus grosses variations s'enregistrent dans les zones de confluence où se manifestent les influences d'apports issus de bassins différents (comparer exemples n° 85, 80, 81 et 82).

Lorsque l'on suit la composition pétrographique des alluvions rhodaniennes dans des régions géographiquement assez éloignées comme les plaines de Bièvre-Valloire, les plaines de Valence ou celles de Montélimar, les variations observées sont du même ordre de grandeur que celles constatées à l'intérieur d'une même entité géographique. Et, si l'on se place dans les zones d'alluvionnement correspondant à l'axe principal du courant rhodanien, on retrouve une certaine constance de composition pétrographique entre des prélèvements éloignés (cp. n° 27 et 21 B ou 21). Par contre, dès qu'on passe sur les bordures du flux principal (cp.n°21, 20 et 21 A) l'influence des piémonts calcaires est manifeste.

Variations chronologiques.

Enfin, sur le plan chronologique, c'est à dire d'un niveau de terrasses à l'autre, les variations de composition pétrographique des matériaux alluviaux rhodaniens se regroupent autour de trois ensembles majeurs. Les deux premiers englobent les matériaux quaternaires les plus anciens (Villafranchiens et Günz). Le dernier rassemble toutes les autres formations quaternaires mais avec une homogénéité de résultats peut être moins bonne que celle qu'on observe pour ces alluvions villafranchiennes. Ce qui s'explique parfaitement par le grand nombre de situations géographiques rassemblées dans ce dernier ensemble.

c) - Composition pétrographique moyenne des fractions grossières.

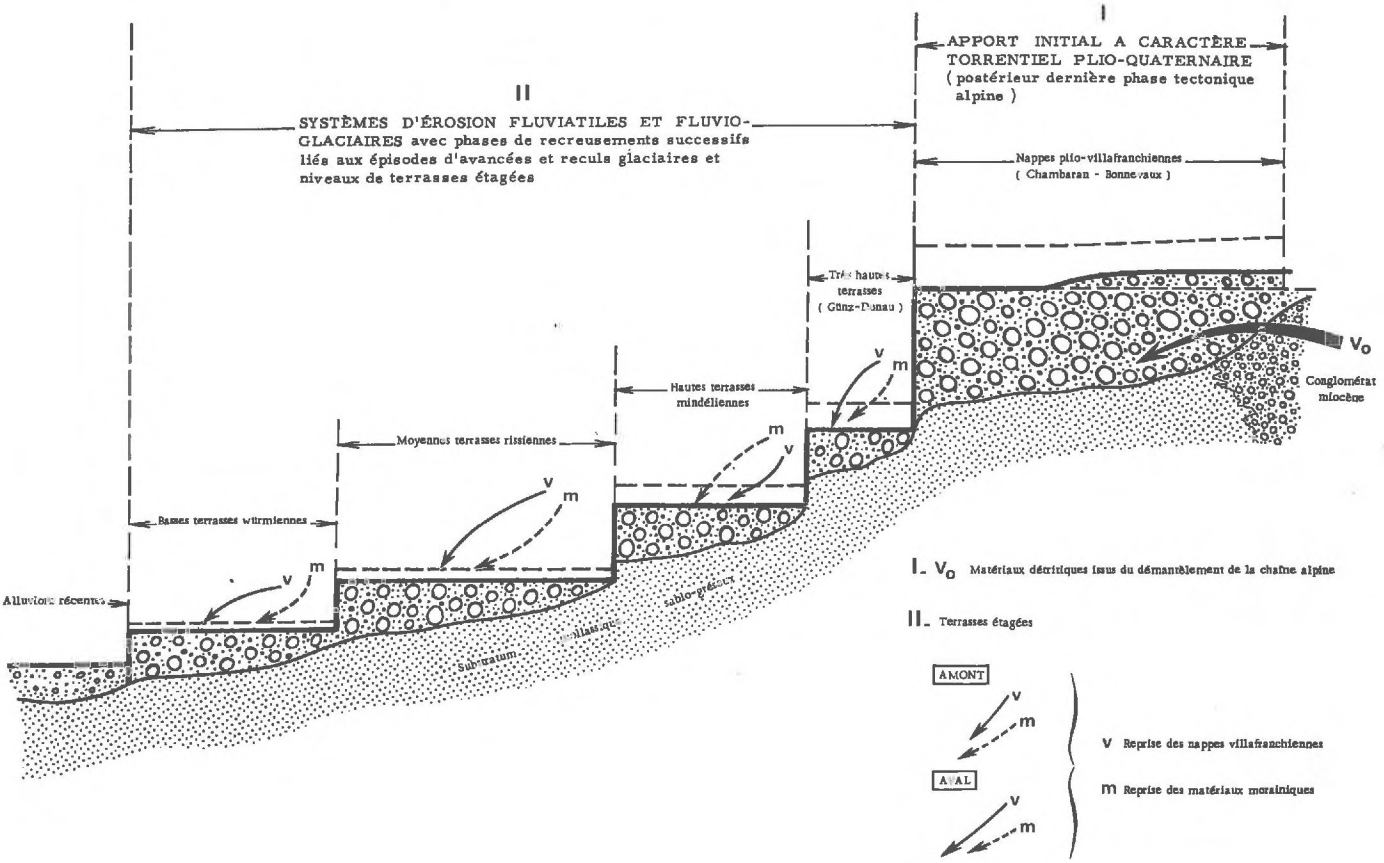
La figure 2.3 ci-contre résume de façon schématique l'essentiel des données que nous venons de présenter :

- les nappes villafranchiennes se sont alimentées aux dépens des produits de démantèlement de la chaîne alpine,

- les terrasses quaternaires qui s'étagent à l'intérieur de cette nappe initiale en niveaux de recreusements successifs ont deux sources essentielles d'alimentation : d'une part la reprise de ces nappes villafranchiennes (ceci paraît assez net pour les niveaux du Günz, cf. tableau 2.3) et d'autre part une reprise possible des matériaux morainiques apportés par des nouvelles avancées glaciaires.

Fig. 2 – 2

SCHÉMA MONTRANT LES SOURCES ESSENTIELLES D'ALIMENTATION POUR LES MATÉRIAUX COMPOSANT LES NAPPES ALLUVIALES QUATERNAIRES RHODANIENNES



Tabl. 2 – 3

FOURCHETTES ET MOYENNES DES COMPOSITIONS PÉTROGRAPHIQUES POUR LES MATÉRIAUX FLUVIO-GLACIAIRES RHODANIENS

(en pour cent de galets dénombrés)

Type de matériau / Nature des roches	Mat. villafranchien	Mat. Günzien	Mat. post-Günz
Roches calcaires %	55-75 (62)	40-55 (48)	55-65 (58)
Roches cristallines %	15-20 (18)	15-25 (18)	10-40 (21)
Roches siliceuses %	15-25 (20)	25-45 (34)	10-30 (21)

L'importance relative de chacune de ces 2 sources varie lorsqu'on se déplace de l'amont à l'aval de la vallée (ce qui est figuré par des flèches d'importance inégale).

A la suite de ce que nous venons de dire, il paraît difficile, en toute rigueur, de parler de composition pétrographique précise pour les matériaux alluviaux rhodaniens. Néanmoins, en ce qui concerne les 3 composantes pétrographiques essentielles, nous avons essayé de définir un certain nombre de fourchettes de variations, qui s'appliquent à la grosse majorité des situations rhodaniennes. Les chiffres sont regroupés dans le tableau 2.3; ils ont uniquement valeur indicative, mais permettent toutefois de se faire une idée de la composition pétrographique moyenne des cailloutis rhodaniens.

2 - CARACTERISATION DE LA FRACTION "TERRE FINE".

La fraction "terre fine" représente un peu moins du 1/5 de la masse totale des alluvions rhodaniennes, elle occupe donc une place relativement peu importante par rapport aux fractions grossières. Sa caractérisation n'en est pas moins indispensable. Dans les premiers stades d'évolution, c'est en effet aux dépens de cette fraction "terre fine" que peut s'exercer l'essentiel des phénomènes d'altération.

Les observations faites lors des prospections de terrain, ont révélé une bonne homogénéité de la terre fine, néanmoins, il était utile de préciser :

- les caractéristiques granulométriques et physico-chimiques essentielles de cette fraction,

- les caractéristiques minéralogiques des composantes sableuses et argileuses.

21. GRANULOMETRIE ET CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DE LA FRACTION "TERRE FINE".

Le tableau 2.4 rassemble les résultats de la granulométrie et des teneurs en carbonates totaux, ainsi que la répartition des carbonates par fractions granulométriques.

- Sur le plan granulométrique, les résultats obtenus confirment l'impression d'homogénéité texturale de la fraction "terre fine" qui était apparue sur le terrain. En allant des formations pliocènes jusqu'aux formations actuelles, la fraction "terre fine" des matériaux fluvio-glaciaires rhodaniens comporte une très forte prépondérance des fractions "sables grossiers et sables fins". On peut schématiser comme suit les caractéristiques granulométriques essentielles de cette fraction fine :

70 %	<	sables grossiers + sables fins	<	85 %
10 %	<	limons totaux	<	20 %
1 %	<	argile	<	5 %

Tabl. 2 – 4

GRANULOMÉTRIE ET RÉPARTITION DES CARBONATES DE LA FRACTIONS TERRE FINE DANS LES MATÉRIAUX FLUVIO-GLACIAIRES RHODANIENS

Numéro	Lieu	Granulométrie S. G. %	S. F. %	L. G. %	L. F. %	A %	CO_3 Ca total %	Répartition des carbonates par fractions granulométriques CO_3 Ca % dans S. G.	S. F.	L. G.	A + Lf
Formations pliocènes											
42	Tour d'Albon	49,3	26,8	8,3	13,5	2,1	10,6	3,4	4,5	1,7	1,0
39-41	Mantaille	38,7	28,1	9,7	15,8	7,7	26,2	9,4	8,9	2,9	5,0
30-31	Lens - Lestang	38,9	43,4	8,4	6,8	2,5	27,2	10,2	13,0	1,9	2,1
Formations villafranchiennes											
38	Jardin	68,3	20,2	4,9	6,1	0,5	22,9	15,0	4,8	1,3	1,8
37	Berteux	32,4	23,5	10,4	22,8	10,9	35,7	8,1	8,2	4,3	15,1
37 B	Les Pugnets	21,6	48,7	10,2	16,1	3,4	21,6	3,8	10,9	3,1	3,8
43	Col du Grand Boeuf	64,3	22,6	6,3	5,9	0,9	16,1	9,3	4,5	1,2	1,1
75 A	Le Platre	23,7	41,7	21,2	10,2	3,2	61,6	16,4	26,5	15,1	3,6
75 B	Le Platre	1,1	39,3	26,2	20,8	12,6	21,4	0,3	8,5	8,0	4,6
Formations du Günz											
36 A	Louze (Colombier)	85,9	8,5	1,8	2,5	1,3	21,1	11,3	3,2	0,3	6,3
36 B	Louze (Colombier)	94,6	2,4	0,9	0,8	1,3	42,2	40,9	1,1	0,1	0,1
35 A	Louze Clonas	48,1	28,5	11,2	11,3	0,9	52,3	14,6	8,5	3,0	26,2
Formations du Mindel-Riss											
29	Chanas	41,7	44,2	8,2	5,1	0,8	23,4	8,0	9,5	1,5	4,4
29 B	Agnin (grès décomposé)	35,1	18,3	15,9	14,7	16,0	0	-	-	-	-
80 A	Anneyron	67,2	21,8	5,0	5,5	0,5	12,6	3,9	2,1	1,2	5,4
80 B	Anneyron	72,3	18,9	4,6	2,5	1,7	20,9	11,1	4,7	1,6	3,5
81 A	St-Sorlin	61,6	27,6	5,3	3,8	1,7	16,6	8,1	5,5	2,0	1,0
81 B	St-Sorlin	69,3	23,9	4,2	2,1	0,5	25,7	15,8	7,2	1,0	1,7
86 A	Rosay	39,1	50,7	7,2	1,7	1,3	30,6	9,3	17,8	3,0	0,5
13 A	Fouillouse	79,0	10,9	3,3	5,9	0,9	40,7	35,9	3,0	1,3	0,5
13 B	Fouillouse	80,2	5,8	3,5	7,4	3,1	48,8	40,7	2,4	1,7	4,0
9 A	Alixan St-Marcel (BC)	20,5	12,3	58,5	5,7	3,0	0	-	-	-	-
9 B	Alixan St-Marcel C_1	52,8	6,0	17,7	18,3	5,2	45,5	26,1	2,7	6,7	10,0
9 C	Alixan St-Marcel C_2	6,3	1,7	6,0	46,3	39,7	36,0	4,1	1,0	2,8	28,1
9 D	Alixan St-Marcel C_3	44,3	17,4	9,0	17,2	12,1	40,0	20,3	5,9	2,6	11,2
6 A	Alixan Talavard	74,5	18,8	5,6	0,9	0,2	41,6	33,0	7,7	0,7	0,2
6 B	Alixan Talavard	65,4	18,8	7,8	4,6	3,4	35,5	24,7	6,2	2,8	1,8
Formations du Würm											
90 A	St-Rambert d'Albon	49,4	38,0	7,2	3,3	2,1	20,1	7,7	9,5	1,9	1,0
3 B	La Mule Blanche	86,3	7,6	2,2	3,3	0,6	44,4	39,0	3,9	1,3	0,2
3 C	Armailler	92,2	3,1	3,3	0,9	0,5	41,2	40,5	0,4	0,2	0,1
3 D	Armailler	71,7	19,5	6,3	1,7	0,8	29,9	22,1	5,7	1,9	0,2
3 E	Armailler	62,2	26,0	8,1	2,6	0,5	27,4	17,3	7,7	2,4	0
1	Combeaux	92,3	3,1	3,3	0,8	0,5	15,2	12,3	1,1	1,8	0
94	Pierrelatte	55,9	12,0	11,5	16,2	4,4	28,9	15,3	4,4	4,3	4,9

Dans ces matériaux sableux existent des lits très localisés présentant une texture moins grossière,plus fréquents dans les matériaux alluviaux rissiens (ex. 9 C et 9 D). Au sein de ces lits, la terre fine peut devenir à peine plus argileuse (9 D) ou se déplacer franchement vers des pôles limono-argileux (9 C).

- Teneur en carbonates. Répartition dans la granulométrie.

On retrouve au niveau des teneurs en calcaire total la même homogénéité d'ensemble que sur le plan granulométrique. En effet, pour la grosse majorité des alluvions rhodaniennes, les teneurs en carbonates de la fraction fine se regroupent entre 20 et 30 %; seuls les matériaux günziens présentent des valeurs légèrement supérieures qui se situent autour de 40 % .

Près des 3/4 de ces carbonates se situent dans les fractions sables grossiers et sables fins. La seule exception observée étant représentée par le cas déjà cité plus haut (9 C et 9 D).

22. CARACTERISATION MINERALOGIQUE DE LA FRACTION "TERRE FINE".

De ce point de vue, il y a lieu de distinguer les caractéristiques propres aux fractions sableuses et celles propres aux fractions argileuses.

221. Minéralogie de la fraction sableuse des alluvions rhodaniennes.

Ces sables sont quartzeux, calcaires, feldspathiques et micacés. Le quartz se présente sous forme de grains simples ou sous forme de grains composés de type métamorphique. Parmi les feldspaths, les feldspaths potassiques et l'albite sont les plus fréquents. Enfin, chez les micas, si la muscovite et la chlorite sont associées, la biotite n'est pas rare et c'est peut être le seul point de différence vraiment net avec les sables miocènes.

Les minéraux légers qui constituent la fraction sableuse des formations alluviales rhodaniennes ont été en grande partie repris aux formations sableuses mollassiques bas-dauphinoises. Ou en tout cas, s'il y a eu alimentation nouvelle directe, on peut penser que cette source alpine est restée la même ou très voisine de celle qui a fonctionné au Miocène, car on retrouve un cortège comparable de minéraux légers alpins (G. LATREILLE 1969), avec coexistence de minéraux fragiles et de minéraux résistants et aussi des minéraux instables et stables devant l'altération chimique.

Pour les minéraux lourds, on peut se référer au travail effectué par TEBELE (1969) dans la seule plaine de Valence-Romans au débouché de la vallée actuelle de l'Isère dans le Rhône. Bien que les minéraux lourds présents existent en quantités extrêmement faibles (forte dilution au sein des minéraux légers), on retrouve dans les alluvions étudiées les minéraux alpins classiques : épidote, grenat, et amphiboles diverses.

222. Minéralogie de la fraction argileuse des alluvions fines rhodaniennes.

Les minéraux argileux présents au sein des matériaux alluviaux rhodaniens constituent une référence avant le déclenchement des altérations quaternaires proprement dites. Même si sur le plan quantitatif, ces matériaux ne constituent qu'une proportion très faible de la masse globale des matériaux originels (moins de 2 % en poids), il importe néanmoins de connaître assez précisément leur nature, de manière à pouvoir apprécier leurs variations éventuelles, en quantité et en qualité, au fur et à mesure de la progression des phénomènes d'altérations.

Il s'agissait d'abord de tester l'homogénéité de ce matériel argileux, non seulement en lui-même, mais aussi par rapport aux autres fractions composantes des matériaux alluviaux rhodaniens.

Des investigations dans ce sens avaient déjà été largement amorcées lors de travaux précédents (M. BORNAND et H. CHAMLEY - 1974 - 1975). Les tableaux 2.5 reprennent en les complétant l'essentiel des résultats obtenus dans ce domaine.

Pour le détail, on se reportera aux références citées plus haut. Nous ne ferons donc ici que résumer les points essentiels que nous avons pu mettre en évidence.

a) - Les cortèges argileux déterminés dans ces matériaux de reprises alluviale et fluvio-glaciaire sont complexes;

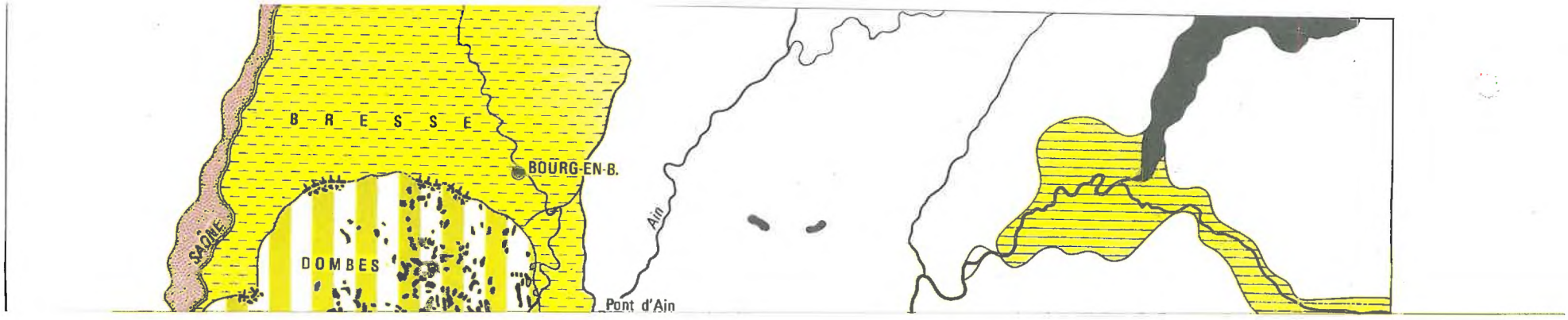
b) - Un des faits marquants est constitué par la forte prépondérence de l'Illite dans la fraction argileuse des dépôts rhodaniens continentaux compris entre le Miocène terminal et l'Actuel. Cette constance minéralogique indique, comme les minéraux lourds l'avaient déjà largement laissé présager, l'absence de déplacement majeur des sources d'alluvionnement et la permanence relative de la direction de cet alluvionnement.

Mais on constate, dans certaines séries, un enrichissement exceptionnel et localisé en illite, qui peut être rattaché au rabotage du socle cristallin. Ce mécanisme qui avait déjà été souligné au travers des résultats obtenus sur les fractions grossières, intervient préférentiellement à partir des seuils topographiques comme ceux de Vienne-Condrieu et de St-Vallier au Nord de Valence.

c) - La fraction argileuse des sédiments continentaux rhodaniens peut être aussi marquée par une forte proportion de smectite qui semble avoir 3 origines essentielles qui sont :

. l'érosion des formations marines anté-quaternaires et notamment les sables mollassiques du Miocène moyen, qui constituent pour une large part le substrat des terrasses alluviales dans les régions septentrionales (de Lyon jusqu'au Sud de Valence);

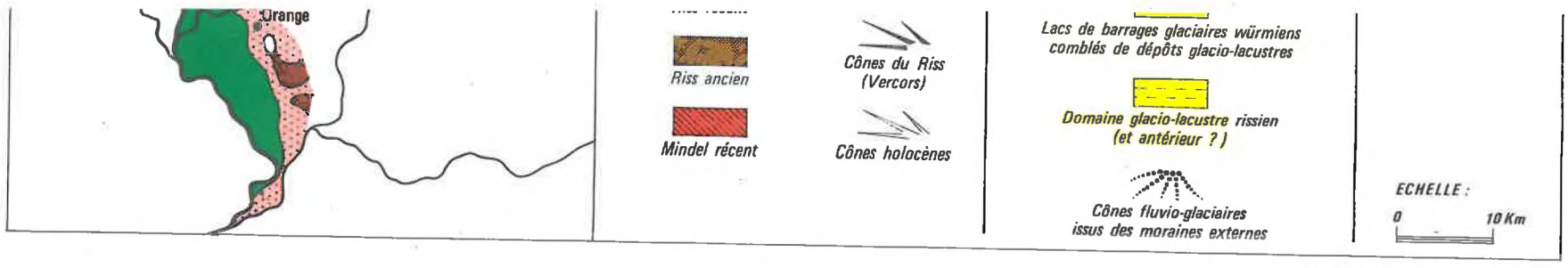
. les roches riches en calcaire du Paléogène au Crétacé, qui forment les bordures et les enveloppes du bassin rhodanien moyen dans sa portion méridionale;



Tabl. 2 – 5

MINÉRAUX ARGILEUX DES FRACTIONS FINES DANS LES FORMATIONS MIO-PLIOCÈNES ET DANS LES FORMATIONS FLUVIO-GLACIAIRES QUATERNAIRES DE LA MOYENNE VALLÉE DU RHÔNE

NUMERO	AGE	LIEU	TYPE DE MATERIAU
FORMATIONS MIOCENES			
63	Miocène	Pinet (sud de Vienne)	Poudingue à cailloutis riche en éléments cristallins
64	Miocène	Chateau de Mont - Chenut	Poudingue
67	Miocène	Montrebut (La Combe Blanche)	Poudingue riche en éléments cristallins
72	Miocène	Bathernay	Cailloutis avec poches d'altération
73	Miocène	St-Clair/Galaure : Les Rivoires	Cailloutex avec poudingue discontinu
68	Miocène	Le Grand Serre (ravin ruisseau)	Argile bleue
76	Helvétien	Chateauneuf d'Isère	Sables et grès mollassiques
		Chateauneuf d'Isère	Cailloutis d'origine massif centralienne
FORMATIONS PLIOCENES			
39 à 41	Pliocène	Mantaille	Lentilles sableuses dans cailloutis à composante rhodanienne
42	Pliocène	Tour d'Albon - Les Pugnets	Lentilles limoneuses dans cailloutis de type rhodanien
30 - 31	Pliocène	Lens - Lestang	Sables argileux dans cailloutis rhodaniens
69	Pliocène	La Chanas (près de Beausemblant)	Argile bleue
70	Pliocène	Le Sampoé (nord de St-Uze)	Argile lacustre
71	Pliocène	Sellières (Montchenut)	Argile bleue
61	Pliocène	Allex : nord de Eurre	Marnes gris bleu
FORMATIONS VILLAFRANCHIENNES			
- Bièvre - Valloire			
38	Villafranchien	Plateau de Bonnevaux - Sud Jardin	Sable argileux dans cailloutis rhodaniens
48 - 51	Villafranchien	Plateau de Chambaran Secteur ament : Le Platre	Argile sableuse dans cailloutis altérés rhodaniens
74	Villafranchien	Plateau de Chambaran ' Digonne (74)	Poudingue dans cailloutis de composante rhodanienne
75	Villafranchien	Plateau du Chambaran : base du profil Platre	Poudingue dans cailloutis de composante rhodanienne
37	Villafranchien	Berteux	Sable peu argileux dans cailloutis
43	Villafranchien (Pliocène ?)	Col du Grand Boeuf (St-Philibert)	Sable argileux dans cailloutis rhodaniens
65 - 66	Villafranchien	St-Vallier - Montrebut (La Combe Blanche)	Sable et cailloutis rhodaniens (65) Poudingue à ciment calcaire (66)
- Région de Valence - Bassin de Crest			
52 - 53	Villafranchien	Chateauneuf d'Isère (Le Télégraphe)	Sable peu argileux dans cailloutis rhodaniens (52) Lentilles de sables peu argileux (53)
54 à 58	Villafranchien (Pliocène ?)	Montéléger Consonave	Argilite gris beige (54) sables dans galets (55 à 58) calcaires
60 - 62	Villafranchien	Ambonil : plateau de Soulié	Sables peu argileux dans galets calcaires (62) Poudingue à galets rhodaniens (60)
- Bassin de Montélimar			
25 - 26	Villafranchien	Plateau de Blayn	Sables argileux dans cailloutis rhodaniens
22 - 24	Villafranchien	Plateau de Géry	Sables peu argileux dans cailloutis très calcaires (22) Poudingue dans cailloutis de composante rhodanienne (24)
FORMATIONS DES TRES HAUTES TERRASSES			
34 - 35	Günz	Louze Montée N 7	Sables peu caillouteux
35 A - 36	Günz	Louze Le Colombier	Lentilles de sables dans cailloutis rhodaniens
27	Günz	Etoile	Sable dans cailloutis rhodaniens
21	Günz	Bois de la Viale	Sables argileux. Cailloutis rhodaniens typiques
20	Günz	Bois de la Viale	- passage aux bordures calcaires
21 A	Günz	Bois de la Viale	- passage aux cônes calcaires
21 B	Günz	Trappistines	- sables argileux dans cailloutis rhodaniens



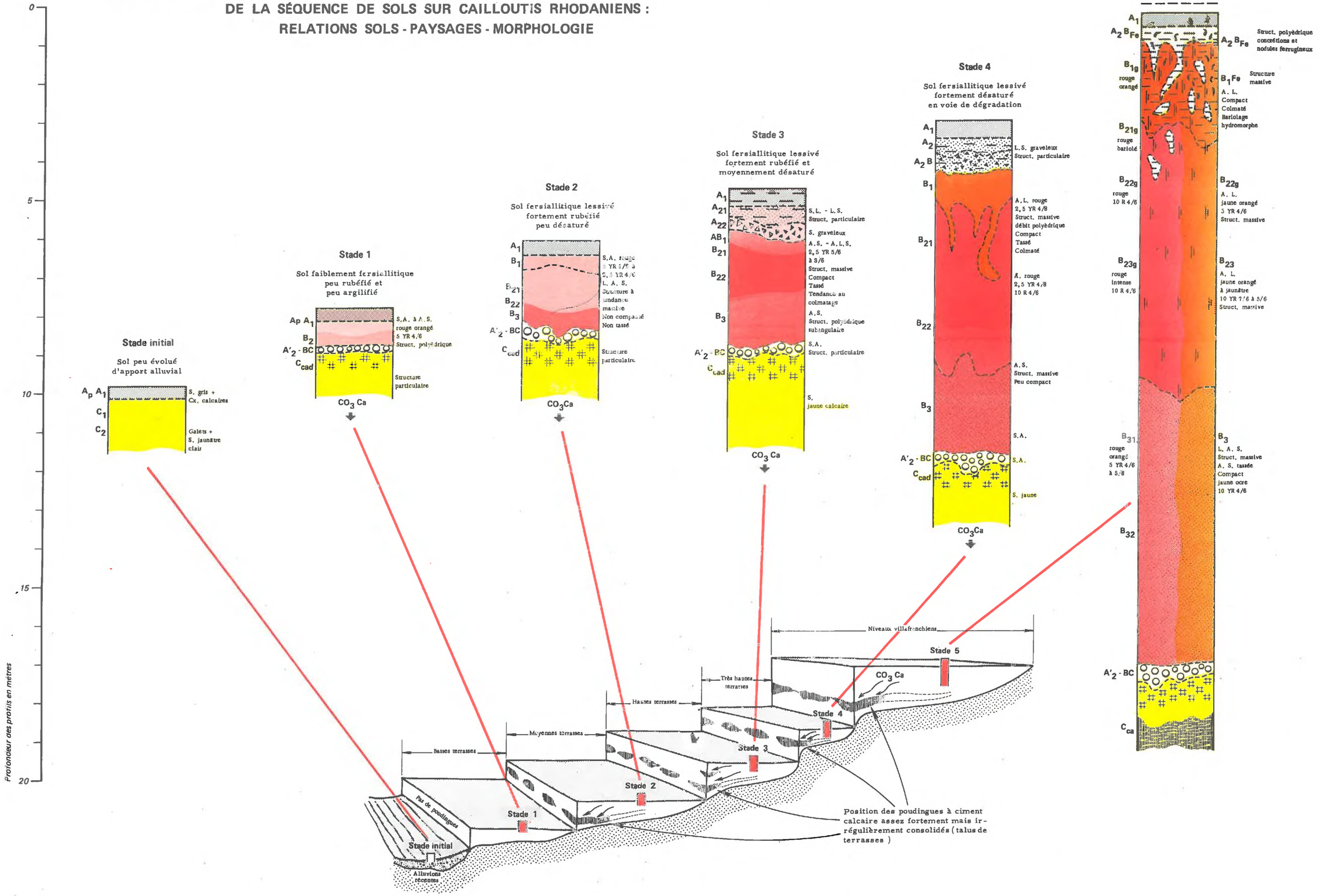
d'après M. BORNAND, F. BOURDIER P. MANDIER, G. MONJUVENT

Fig. 1 – 3

SCHÉMA PALÉOGRAPHIQUE DU QUATERNAIRE RHODANIEN

Fig. 3 – 1

CARACTÉRISTIQUES MORPHOLOGIQUES SCHÉMATIQUES DES PRINCIPAUX STADES ÉVOLUTIFS DE LA SÉQUENCE DE SOLS SUR CAILLOUTIS RHODANIENS : RELATIONS SOLS - PAYSAGES - MORPHOLOGIE



. aussi, les sols eux-mêmes, c'est à dire le résultat des altérations quaternaires, ont aussi constitué une source possible d'alimentation en smectite pour les sédiments fluviatiles des terrasses postérieures. C'est une question sur laquelle, on reviendra dans la suite de l'exposé.

d) - Enfin, il est à remarquer que la chlorite qui est généralement absente des formations continentales du Rhône moyen, est au contraire très répandue dans de nombreux sédiments continentaux et marins du bassin du Rhône (H. CHAMLEY - 1971, P.F. BUROLLET et P. DUFAURE - 1962, M. BORNAND et H. CHAMLEY - 1975). Cette distribution particulière et cette mauvaise conservation est sans doute due à sa fragilité lors de l'altération; mais, nous pensons aussi que la constitution même des dépôts fluvio-glaciaires rhodaniens, à caractère grossier largement dominant, n'est pas étrangère à ce phénomène, car les seules formations rhodaniennes où nous avons retrouvé de la chlorite présentait comme caractéristique commune leur finesse granulométrique (marnes, argiles, etc...).

En résumé, sur le plan de la minéralogie des argiles, on peut dire que les cortèges à illite sont caractéristiques des matériaux transportés par le système rhodanien principal. Les concentrations de smectite ne sont pas liées à l'alluvionnement principal, mais ont des origines plus locales (apports latéraux).

3 - NATURE DES MINERAUX ARGILEUX INCLUS DANS LES ELEMENTS GROSSIERS CALCAIRES.

Nous avons vu au paragraphe 12 que les éléments grossiers calcaires constituent une proportion souvent dominante des matériaux originels rhodaniens. Or, par simple dissolution, de tels éléments sont susceptibles de libérer des fractions résiduelles qui participent ensuite directement à la constitution de la matrice fine des sols rhodaniens. Dans ces conditions, il semble indispensable d'estimer quelle peut être l'importance et la nature des produits argileux issus de cette dissolution.

A cet effet, nous avons procédé au laboratoire à un certain nombre de dissolutions ménagées. Mais, nous n'avons pas opéré sur les matériaux calcaires prélevés au sein même de la masse des alluvions rhodaniennes car le façonnement des galets par le transport fluviatile et fluvio-glaciaire rend les différents faciès géologiques difficiles à reconnaître. Nous avons préféré travailler à partir d'échantillons de roches calcaires prélevées directement dans les massifs géologiques préalpins ou alpins situés en amont et susceptibles de servir de sources d'alimentation pour les formations fluviatiles rhodano-iseranes.(*)

Les résultats de ces investigations sont regroupés dans le tableau 2.6 .

(*) G. MONJUVENT a grandement contribué à réaliser cet échantillonnage et je tiens à le remercier ici pour son aide efficace et amicale.

Tabl. 2 – 6

IMPORTANCE ET NATURE DES FRACTIONS RÉSIDUELLES ISSUES DE LA DISSOLUTION DES DIVERS TYPES DE ROCHES CALCAIRES POUVANT ALIMENTER LES FORMATIONS FLUVIO-GLACIAIRES

Numéro référence	Age Etage géologique		Provenance	Description sommaire	CO_3Ca %	Résidu total décarbonaté %	Quartz	Goethite	Feldspaths	Illite Argile micacée	C V	Int G.	Int N G	Kaolinite	Smectite
999 a	CRETACE SUPERIEUR	Sénonien	Fontanil	Calcaire à silex	95	5	+	-	-	+	-	-	-	-	+
b		Sénonien	Lauzes Fontanil	Calcaire marneux gris	90	10	+	-	-	+	-	+	-	-	?
c		Sénonien	Lauzes Fontanil	Calcaire à grain grossier blanc à impuretés verdâtres	80	20	+	-	-	+	-	-	-	-	+
998	CRETACE INFERIEUR	Urgonien	Fontanil	Calcaire blanc dur	99	1	-	-	-	+	?	-	-	-	+
791		Hauterivien	L'Hermitage (L. de Narbonne)	Calcaire gris	75	25	+	-	-	+	-	-	-	-	+
793		Valanginien	Fontanil de Narbonne	Calcaire jaunâtre	73	27	+	-	-	-	-	+	+	-	-
795		Valanginien	Pique Pierre	Calcaire gris clair	70	30	+	-	-	+	-	-	-	+	+
715		Berriasien	Vicar	Calcaire noir à ciment	60	40	-	-	-	+	-	+	-	+	-
797	JURASSIQUE SUPERIEUR	Séquanien	Rochefort	Calcaire noir à grain fin	96	4	+	-	-	+	?	+	-	+	-
723		Argovien-Séq.	Le Sapey (route)	Calcaire marneux gris	69	31	-	-	-	+	+	-	-	-	-
798		Rauracien - Oxfordien	Saillant du Ga	Calcaire marneux gris	72	28	-	-	(+)	+	+	+	-	-	-
722		Tithonique	Le Sapey	Calcaire gris jaune très fin	93	7	+	-	(+)	+	+	-	-	-	+
802	JURASSIQUE MOYEN	Bathonien-Bajocien	Route de Monétrier (Girardière)	Calcaire noir	91	9	+	-	-	+	-	-	-	-	-
804		Dogger	Chabottes	Calcaire marneux noir	40	60	+	-	-	+	-	+	-	+	-
730		Dogger	Sonnant	Calcaire marneux noir	27	73	(+)	-	-	+	-	-	-	-	-
773		Dogger	Saut du Moine	Calcaire marneux noir	30	70	+	-	-	+	-	-	-	-	-
775		Dogger	Saut du Moine	Calcaire marneux gris	24	76	+	-	-	+	-	-	-	-	-
808	LIAS	Lias	St-Georges des Commies	Calcaire noir schisteux	52	48	+	-	-	+	+	-	-	-	-
734		Lias	Bué Carrefour	Calcaire noir	45	55	-	-	-	+	+	-	-	-	-
722		Lias	Laffrey - Vizille	Calcaire fin noir	87	13	-	-	-	+	+	-	-	-	-
813		Lias	Laffrey	Calcaire noir lég. métam.	70	30	+	-	-	+	+	-	-	-	-
815		Lias inférieur	Correst	Calcaire marneux noir	73	27	+	-	-	+	+	-	-	-	+
818		Lias inférieur	Correst	Marno-calcaire gris	8	92	+	-	-	+	+	-	-	-	+
819		Lias inférieur	Correst	Calcaire noir	85	15	-	-	-	+	+	-	-	-	+
817 a	TRIAS		Correst	Marno-calcaire gris	30	70	-	-	-	+	+	-	-	-	-
b				Calcaire marneux jaune	60	40	-	+	-	+	+	-	-	-	-
c				Calcaire gris	90	10	+	(+)	-	+	+	-	-	+	-
727	TERRES NOIRES (?)				14	86	-	-	-	-	+	-	-	-	-

Tabl. 2 – 7

CARACTÉRISTIQUES SCHÉMATIQUES DE LA MINÉRALOGIE DES RÉSIDUS ARGILEUX DE DÉCARBONATATION DES CALCAIRES ALPINS ET PRÉALPINS

FORMATIONS CALCAIRES D'AGE :	CARACTERISTIQUES MINERALOGIQUES SCHEMATIQUES DE LA FRACTION RESIDUELLE	
CRETACE SUPERIEUR CRETACE INFERIEUR	Minéraux argileux très mal cristallisés *	- Pas de goethite - Quartz assez constant - Dominance des argiles micacées et des minéraux gonflants de type smectite ou interstratifiés mal différenciés. - Présence possible de kaolinite dans les formations du Crétacé inférieur
JURASSIQUE SUPERIEUR	Minéraux argileux assez mal cristallisés	- Pas de goethite - Quartz non constant quelquefois très bien cristallisé - Traces de feldspaths - Présence d'argile micacée de type illite avec apparition nette de chlorite - Présence d'interstratifié (I - V ou I - M) irréguliers et mal différenciés
JURASSIQUE MOYEN	Minéraux argileux bien cristallisés	- Pas de goethite - Pas d'interstratifiés - Pas de minéraux gonflants. Aucun minéral à 14 A' - Présence de quartz - Traces de chlorite ou kaolinite (indétermination) - Dominance d'argile micacée de type illite
LIAS	Minéraux argileux très bien cristallisés	- Pas de goethite - Aucun minéral à 14 A' (ni interstratifié, ni matériel gonflant) - Quartz non constant, Traces de feldspath - Présence de chlorite bien cristallisée associée à des minéraux argileux micacés
TRIAS	Minéraux argileux très bien cristallisés	- Traces de goethite - Aucun minéral à 14 A' - Belle chlorite très bien cristallisée et kaolinite associée - Micas très bien cristallisés

* Nous avons caractérisé la cristallinité des minéraux argileux par la netteté des pics enregistrée sur les diagrammes RX, exprimée par le rapport de la hauteur sur la largeur du pic.

De ce tableau 2.6 , il ressort que la composition des cortèges argileux,issus de la dissolution des calcaires, est en général complexe et varie en fonction de la position stratigraphique des formations calcaires intéressées. A partir de ces résultats, il ne s'agit pas de généraliser, mais de faire bien ressortir un certain nombre de points qui paraissent particulièrement nets.

- la cristallinité générale des minéraux argileux diminue d'une manière évidente depuis le Trias jusqu'au Crétacé;

- une coupure assez marquée paraît exister dans la composition des assemblages entre le Trias-Lias, où une chlorite très bien cristallisée est toujours présente, associée à une argile micacée, et le reste des formations géologiques calcaires, où les illites dominent très largement dans la fraction résiduelle argileuse.

Pour être schématique, l'essentiel des variations observées sur le plan des minéraux argileux est résumé dans le tableau 2.7 .

A partir de ces résultats, nous pouvons comparer les caractéristiques de ces minéraux argileux à celles de la fraction argileuse présente dans la fraction fine des alluvions rhodaniennes : les matériaux du Trias et du Lias paraissent avoir assez peu marqué de leur empreinte les matériaux alluviaux; ce sont au contraire les formations calcaires plus proches, plus résistantes et surtout plus abondantes du Jurassique et du Crétacé qui ont servi essentiellement de base à l'alimentation des matériaux des terrasses rhodaniennes.

4 - CONSEQUENCES DE CES DONNEES POUR L'ETUDE DES SOLS : Choix des sites-tests.

- L'ensemble des données qui précèdent illustrent assez bien la variabilité et la complexité de composition des matériaux fluvio-glaciaires rhodaniens en ce qui concerne la pétrographie des éléments grossiers et en ce qui concerne la minéralogie des fractions argileuses héritées, alors que les fractions sableuses sont apparues, au contraire, d'une assez remarquable homogénéité tant granulométrique que minéralogique.

- L'étude qui a été faite ici avait essentiellement pour but de resituer ces matériaux dans leur cadre géologique et géomorphologique d'origine. Notre but était de fixer les compositions de départ des matériaux dont nous avions à suivre l'altération, de façon à disposer d'éléments de comparaison. Si les matériaux d'origine sont variables dans l'espace, ils paraissent relativement constants dans un site déterminé. Et, dans la mesure où nous pouvons rattacher les évolutions ultérieures à un site d'origine donné, on accroît ainsi la sensibilité et la valeur probante des comparaisons.

A l'intérieur des 3 régions définies dans le chapitre 1 (Bièvre-Valloire, plaine de Valence et plaine de Montélimar), nous avons choisi un certain nombre de sites-tests, qui sont représentatifs des 5 principaux stades d'évolution de la séquence "rhodanienne". Ces divers sites servent de base à la présentation et aux études qui suivent. Pour tous ces sites, la composition du matériau originel reste suffisamment voisine pour que les comparaisons entre les résultats des altérations soient exploitables et pour que nous puissions raisonner ultérieurement en termes de bilan. Pour cela,

nous nous sommes placés aussi loin que possible des bordures de piémont ou des talus de terrasses qui peuvent être sources de perturbations; nous nous sommes donc placés de préférence au milieu des terrasses et dans l'axe médian des dépôts appartenant au système rhodanien principal.

Dans le même temps, nous avons aussi essayé de tester quelles pouvaient être les répercussions de changements éventuels de la composition pétrographique originelle sur l'orientation générale de l'évolution pédologique, tant en ce qui concerne la différenciation des profils de sols que pour ce qui est des phénomènes d'altération proprement dits. Et, c'est en tirant parti de ces multiples comparaisons que nous avons pu apprécier toutes les nuances de la progression des phénomènes de pédogénèses.

2ème PARTIE

L'ÉVOLUTION PÉDOLOGIQUE
PRÉSENTATION ET CARACTÉRISATION DES SOLS DES TERRASSES QUATERNAIRES RHODANIENNES

Dans les chapitres précédents, nous avons pu mettre en évidence un certain nombre de phases majeures d'évolution. La disposition relative des terrasses alluviales "rhodaniennes" nous permet de considérer ces phases évolutives successives comme des stades croissants d'altération d'un matériau présentant au départ des caractéristiques assez comparables. De ce fait, chaque stade représente bien une étape de l'évolution pédologique quaternaire, telle qu'elle est schématisée dans la figure 3.1 .

Nous nous proposons maintenant de préciser les caractéristiques essentielles de ces étapes et d'en déduire les traits dominants, en insistant spécialement :

- sur les traits morphologiques propres à chacun des stades évolutifs en question,

- ainsi que sur les caractères physico-chimiques et géochimiques dont les traits précédents sont la conséquence.

Chapitre 3

PREMIERE PHASE D'EVOLUTION :

LES SOLS DES BASSES TERRASSES (Stade 1)

Nous pouvons considérer les sols développés sur les niveaux des basses terrasses würmiennes comme la première phase d'évolution bien caractérisée des matériaux fluvio-glaciaires "rhodaniens".

1 - GRANDS TRAITS MORPHOLOGIQUES DE CETTE PREMIERE PHASE D'EVOLUTION.

11. TRAITS ESSENTIELS DE LA MORPHOLOGIE DES SOLS DES BASSES TERRASSES.

Ces caractéristiques ont déjà été souvent présentées dans des publications antérieures auxquelles on pourra se reporter pour les observations de détail (M. BORNAND et al. 1964 à 1971 - M. BORNAND et al. 1977). La description du profil type ci-joint, permet d'en rappeler les traits essentiels.

Stade d'évolution n° 1

Ap — 0-20 cm : Sec. Brun (10 YR 4/4) à brun foncé (7, 5 YR 4/4). Matière organique directement décelable. Aucune effervescence. Très caillouteux avec cailloutis arrondis de quartz et quartzites apparemment non altérés. Terre fine de texture sableuse à sable argilo-limoneux. Structure fragmentaire peu nette, tendance grumeleuse autour des racines. Poreux. Porosité importante de type interstitiel et tubulaire. Fragile. Meuble. Nombreuses racines fines et grosses, déviées. Turricules et galeries. Activité biologique forte. Transition graduelle et régulière.

AB — 20-40 cm : Sec. Brun rougeâtre (5 YR 4/4) à rouge orangé (5 YR 4/6). Matière organique non directement décelable. Aucune effervescence. Caillouteux à galets arrondis de quartzites et quartz (dominants). Présence de rares grès grossiers et grès altérés en rondelles. Quelques granites. Terre fine de texture sablo-argilo-limoneuse. Structure fragmentaire peu nette, polyèdrique sub-anguleuse. Poreux. Porosité importante interstitielle. Fragile. Meuble. Nombreuses racines fines et moyennes, sans orientation dominante. Turricules nombreux. Transition nette et régulière par la couleur.

B_2 — 40-80 cm : Sec. Rouge (5 YR 4/6 ou 5 YR 5/8 à 2, 5 YR 3/6 à 4/8). Apparemment non organique. Aucune effervescence. Cailloutis avec galets arrondis de quartz et quartzites associés à des grès altérés en jaune ocre. Quelques granites. Terre fine de texture sablo-argileuse ou argilo-sableuse. Structure fragmentaire polyèdrique subanguleuse. Peu fragile. Meuble. Poreux. Porosité assez importante. Nombreuses racines fines verticales. Nombreuses galeries remplies de produits entraînés depuis les horizons de surface. Limite ondulée et distincte par la couleur et la texture. Limite brutale par réaction calcaire.

A'_2-BC — 80-90 cm : Sec. Rouge jaunâtre (5 YR 5/6) et jaune pâle (10 YR 5/6). Cailloutis et blocs abondants comportant quartzites, granites, gneiss et calcaires. Fraction fine, sableuse, grossière, décalcarisée. Très forte porosité intercailloutis. Revêtements argileux brun rouge, très fins sur faces supérieures des cailloutis et présence d'encroûtements très discontinus et peu épais (2 mm) sur la face inférieure. Limite brutale et nette avec l'horizon Cca.

Cca — 90-120 cm : Sec. Brun très pâle (10 YR 7/4). Calcaire. Non organique. Très caillouteux avec galets arrondis siliceux, cristallins et calcaires. Terre fine de texture sableuse avec sable grossier calcaire et micacé. Eléments carbonatés en revêtements sur la face inférieure des galets. Structure particulaire. Très poreux. Porosité très importante de type interstitiel. Très fragile. Boulant. Pas de racines. Activité biologique nulle.

Ces premiers stades d'évolution sont donc avant tout caractérisés par :

- un faible développement des profils pédologiques, dont l'épaisseur globale reste comprise entre 80 et 120 cm, avec des horizons B n'excèdant pas 60 cm;

- la dissolution des éléments calcaires, sur laquelle nous revenons plus loin et qui est associée à la décarbonatation de la fraction "terre fine" ; elle aboutit à l'individualisation à la base des profils d'horizons du type A'_2-BC, analogues à ceux mis en évidence par G. BOCQUIER, 1971 et R. BOULET 1974, lessivés en carbonates et possèdant une très forte microporosité.

- une différenciation des horizons encore peu marquée par rapport à celle qu'on pourra observer dans les autres termes de la séquence. En plus des horizons A'_2-BC que nous venons de signaler, cette différenciation se traduit essentiellement par l'individualisation d'un horizon B à caractère argillique peu net, avec rubéfaction faiblement exprimée correspondant à des nuances rougeâtres situées dans la gamme des 5 YR 4/6 à 4/8 et acquisition pour la terre fine d'une structure à tendance polyèdrique qui s'oppose néanmoins à la structure nettement particulaire des sols jeunes ou des matériaux originels;

- la conservation d'une excellente porosité globale sans aucun phénomène de compactage.

12. GRANDS TRAITS MICROMORPHOLOGIQUES.

Les éléments essentiels que nous pouvons tirer des observations microscopiques sont résumés dans le tableau 3.1 ; les sols des basses terrasses rhodaniennes sont caractérisés par la faible importance du plasma par rapport au squelette, lequel reste largement dominant dans les divers horizons des profils.

La différenciation pédologique est dominée par l'évolution que suit ce squelette, le long de ces différents horizons. Pour les cailloutis et les graviers, nous assistons ainsi à la dissolution progressivement croissante de bas en haut du profil des éléments calcaires, ainsi qu'à un début d'altération des éléments cristallins et cristallophylliens, variant dans le même sens. Le squelette moyen sablo-limoneux permet de suivre, au travers des phases d'altération de minéraux comme les feldspaths et les micas, les caractères essentiels des premiers termes de cette séquence évolutive.

Un autre type de différenciation apparaît également au niveau de la répartition des carbonates. Ainsi, à la base des horizons B, où nous pouvons observer des phénomènes encore fonctionnels de dissolution des galets calcaires, le départ de ces éléments carbonatés entraîne la création d'un type de porosité secondaire qui se surimpose à la porosité originelle déjà forte du matériau alluvial. Il y a fonc formation d'une nouvelle structure de vides (horizon A'_2-BC) prête pour l'accueil de futurs matériaux illuviaux (structure de transit pour les éléments mobiles comme l'argile et le fer issus de l'altération des matériaux dans les horizons superposés). Une partie relativement minime des carbonates ainsi lessivés se retrouve dans la partie supérieure de l'horizon C (horizon Cca) où elle apparaît sous formes de concrétionnements d'épaisseur variable (2 à 5 mm) qui se localisent à la partie inférieure des galets. Mais nous pouvons estimer que la grosse majorité des

carbonates (plus de 95 %) dissous par les eaux d'infiltration a été exportée hors du profil par les phénomènes de circulation de l'eau (nappes phréatiques). De ce fait, ces carbonates dissous sont souvent eux-mêmes sortis du système constitué par les "matériaux de terrasses" et nous ne pouvons les retrouver qu'à l'échelle des paysages (A. RUELLAN - 1970) dans les importants encroûtements visibles au niveau des talus qui séparent les niveaux de terrasses rissiens ou anté-rissiens (mais ces encroûtements n'existent pas pour les niveaux würmiens).

2 - ETUDE DES CONSTITUANTS PRINCIPAUX DE CES ORGANISATIONS.

21. TRANSFORMATIONS DES ELEMENTS GROSSIERS ET DU SQUELETTE MOYEN.

Nous suivrons ces transformations sous l'angle morphologique en nous appuyant sur des lames minces taillées dans les profils situés sur les très bas niveaux würmiens, de manière à saîsir les points de départ des phénomènes d'altération. Pour bien mettre en évidence les filiations entre la roche-mère et le sol, nous partirons de la base des profils, c'est à dire du matériau originel, puis nous remonterons progressivement vers les horizons de surface.

a) - Horizon C : 100-120 cm : Partie supérieure du matériau originel ou nappe alluviale en voie d'altération.

Les éléments grossiers de type graviers et cailloux roulés sont nettement dominants et occupent près de 60 % du volume total du matériau originel : les galets de dimension de 4 à 8 cm de diamètre sont les éléments les plus représentés. Dans ces conditions, il est difficile de se faire une bonne idée de la composition pétrographique moyenne du matériau à l'aide des seules lames minces, dont la représentativité est insuffisante, compte-tenu des volumes pris en compte. Et, on se reportera aussi aux pesées et aux comptages effectués sur la masse globale des matériaux pour obtenir une bonne caractérisation pétrographique du matériau originel et pour suivre l'évolution de cette composition au sein des profils eux-mêmes (cf. figure 3.2).

Rappelons que, par ordre de fréquence décroissante, ces éléments comprennent : des galets de calcaires ou de grès calcaires, des éléments cristallins (granites, granites-gneissiques, amphibolites pour le secteur du confluent Rhône-Isère), des galets siliceux (quartzite, quartz, silexites et silex, grès).

Les galets calcaires sont assez bien conservés. Ce sont évidemment les roches les plus dures qui sont les plus abondantes; les calcaires tendres du type marnes, marno-calcaires et calcaires marneux n'ont pas résisté au transport fluviatile. Les matériaux cristallins sont en état de conservation assez régulier : à côté de galets pratiquement intacts, on peut observer un pourcentage restreint (10 à 20 %) qui sont déjà partiellement fragilisés et arénisés. Au sein de ces roches, ce sont surtout les feldspaths qui contribuent à cette première fragilisation, les amphiboles et les pyroxènes pouvant partiellement exsuder leur fer. Enfin, les éléments siliceux ne présentent pas de traits particuliers.

Tabl. 3 – 1

CARACTÉRISTIQUES MICROMORPHOLOGIQUES DU STADE 1 : SOLS DES BAS NIVEAUX DE TERRASSES

Caractéristiques / Horizons	Caractéristiques morphologiques Eléments grossiers	Squelette moyen ou fin	Plasma Assemblage_Sép. plasmique	Traits pédologiques	Degré d'altération
Horizons de surface : A et AB 0-40 cm	- Galets siliceux et cristallins souvent désagrégés - Galets de calcaires rarissimes (moins de 1 à 2 %)	Squelette ⟩⟩ Plasma Sable-limoneux et sable grossier + limon sableux de quartzites et quartz + quelques plagioclases et biotites ouvertes	Ass. intertextique à granulaire Plasma asépique floconneux Brun	- Pseudo-plasmation sans orientation nette - Exsudation amorphe sur les galets siliceux - Grès décalcarisés creux (créat. porosité secondaire)	- Chloritisation des biotites - Sériciti sation des feldspaths - Dissolution quasi-totale des galets calcaires
Sommet de l'horizon B_2 (40-50 cm)	Idem ci-dessus	Squelette ⟩⟩ Plasma Sable grossier et limon grossier de quartzites et silexites + rares plagioclases et biotites	Ass. intertextique Plasma floconneux brun jaune		
Base de l'horizon B_2 (50-70 cm)	- Galets siliceux et cristallins - Quelques rares gros galets de calcaires durs - Calcaires tendres en dissolution	Squelette ⟩⟩ Plasma Graviers et sable grossier + limons grossiers de quartzites + plagioclases et biotites	Ass. intertextique et agglomero-plasmique Plasma argileux orangé	- Plasma d'altération - Cutanes de grains + cutanes de vides - Quelques amas diffus de fer très rares	- Altération partielle des feldspaths et biotites au sein des cristallins - Dissolution partielle des galets calcaires
Horizon Cca (70-90 cm)	Calcaires encore présents avec tous les autres types de galets	Squelette ⟩⟩⟩ Plasma Sable grossier de feldspath, Quartz - micas mais peu de calcaires	Ass. hétérogène	- Calcitanes complexes - Quelques revêtements argileux	Début de dissolution des sables calcaires à la base et des graviers et galets calcaires au sommet de l'horizon
Horizon C Matériau alluvial originel ( ) 120 cm)	Galets et graviers - Calcaires dominants - Cristallins (granites) - Siliceux (quartzites, silexites, silex, quartz)	Squelette ⟩⟩⟩ Plasma Sables grossiers calcaires et micacés Peu de feldspath	Ass. granulaire lache Plasma asépique	Forte porosité originelle inter-galets	Altération nulle sauf fragilisation de certains cristallins

A côté de cet ensemble complexe de galets et graviers, dans la fraction squelette moyen, on observe une proportion importante de sables grossiers calcaires (60 %) ou de sables micacés (30 %) - biotite et muscovite - . Ces sables forment une masse peu cohérente qui remplit très imparfaitement les espaces poreux entre galets et graviers, de sorte que l'ensemble présente globalement une très forte porosité. Le squelette sableux, à forte proportion de constituants calcaires est très largement dominant sur le plasma presque inexistant, donnant un assemblage granulaire lâche.

b) - Passage horizon Cca à horizon A'_2-BC.

Toute la gamme d'éléments grossiers est encore présente au sein du squelette caillouteux.

. Dans la partie basale de l'horizon, la face inférieure de ces éléments grossiers est revêtue d'un concrétionnement de calcite composé de plusieurs couches superposées : niveau à encroûtement calcaire discontinu avec croûte de 3 à 5 cm d'épaisseur (Cca) dont la croissance se poursuit encore actuellement (nourrissage par les eaux d'infiltration chargées en carbonates par dissolution des cailloutis calcaires encore présents dans les horizons supérieurs).

. Lorsqu'on remonte vers la base du sol, l'horizon se présente comme un ensemble creux et caverneux, à très forte porosité entre cailloux et graviers (Horizon A'_2-BC) car la fraction sableuse grossière est moins abondante, la composante calcaire ayant disparu en grande partie par dissolution et lavage à la suite des phénomènes de circulation de l'eau.

Le plasma est pratiquement absent de l'ensemble du fond matriciel, sauf sous les éléments caillouteux cités plus haut, où il se présente sous la forme de fins revêtements d'argile, assez bien orientés et peu colorés, qui sont juxtaposés et associés aux revêtements de calcite. Le plus généralement, ils recouvrent ces dépôts, ce qui tend à prouver qu'ils leurs sont postérieurs.

c) - Horizon B_3 : 70-80 cm

Cet horizon intermédiaire entre le matériau originel et l'horizon B présente encore une nette dominance des éléments grossiers caillouteux et graveleux. Le plasma reste très peu abondant mais est représenté par des revêtements argileux, assez bien orientés, légèrement colorés et plus épais que ceux de l'horizon A'_2-BC. Au sein du squelette moyen, les sables et les graviers calcaires sont en voie de dissolution et de disparition presque complète. Les cailloutis calcaires de taille supérieure à 1 cm subissent un lent phénomène de dissolution qui se manifeste de plusieurs façons :

- soit apparition d'une auréole périphérique de 2 à 3 mm d'épaisseur où les carbonates ont été dissous : aspect caractéristique des éléments à trame siliceuse (grès calcaires en voie de décarbonatation) (cf. pl.X photo 41).

- soit désagrégation ou microdivision en petits fragments de la dimension des sables limoneux, où la calcite se dissout progressivement, le résidu s'intégrant au fond matriciel (aspect des éléments de calcaires purs ou de calcaires marneux).

En même temps que se produit cette dissolution des carbonates, les feldspaths présents au sein des galets cristallins sont déjà l'objet de phénomènes de sériciticisation très nette (cf. pl.X photo 42). Il est difficile de préciser la nature minéralogique des fractions feldspathiques en cause, car leurs angles d'extinction ne sont souvent plus déterminables.

Pour les constituants ferro-magnésiens, les phénomènes sont encore peu caractéristiques.

d) - Horizon B_2 : 50-70 cm. Base et milieu de l'horizon

Au sein du squelette grossier caillouteux, les éléments calcaires ont pratiquement tous disparu, seuls ceux de grande taille peuvent subsister, mais de manière très irrégulière. Les fractions graveleuses et sableuses sont entièrement décalcarisées et constituent un squelette moyen qui confère à l'horizon une très bonne porosité interélémentaire; le plasma est cependant beaucoup mieux développé que dans les horizons plus profonds décrits précédemment; sa coloration donne à l'ensemble du matériau un aspect brun rougeâtre.

Le squelette moyen est constitué essentiellement de grains de quartz et quartzites de la taille des sables grossiers (300 à 600 μ), avec quelques éléments plus petits d'une taille voisine de celle des limons grossiers (30 à 60 μ); à côté, on note quelques plagioclases en voie d'altération et de rares biotites chloritisées.

L'assemblage élémentaire est du type intertextique et localement agglomeroplasmique.

Le plasma est coloré en rouge orangé de manière non uniforme; il est de type squelsépique, son aspect est composite avec des cutanes de grains fins et discontinus, et localement des cutanes de vides plus fortement orientés et colorés par le fer (cf. pl.II - photos 5,6,7). Cette coloration apparaît d'une manière diffuse sur l'ensemble du plasma.

D'un autre côté, corrélativement à cette coloration plasmique, on assiste à un début d'exsudation très nette du fer qui se manifeste au sein des micas présents dans les roches cristallines; les micas sont déjà chloritisés avec libération du fer hors des paillettes, qui s'exfolient et s'ouvrent. La plus grosse partie du fer libéré paraît diffuse dans la masse du plasma qu'elle contribue à colorer, cependant qu'une très faible partie se retrouve sous forme de glomérules noirs ou brun foncé, d'aspect amorphe ou mal cristallisé (fer en excès). Mais ces formes sont rares et il s'agit seulement d'un début de manifestation de ce phénomène. Les feldspaths présents au sein des divers cailloutis cristallins ou cristallophylliens sont en voie de sériciticisation très poussée, donnant à ces minéraux un aspect flou et floconneux (perte de silice, passage à une argile).

Ces deux formes d'altération déjà nette fournissent une origine possible pour le plasma argileux présent au sein de cet horizon : mais ces formes d'altéroplasmation sur place ne sont que transitoires; les argiles ainsi fabriquées subissent des phénomènes de transport limité au sein même de l'horizon, mais suffisant pour prendre une orientation nette (cutanes de grains, cutanes de vides).

Pour les éléments siliceux et la silice elle-même, aucun trait particulier ne se manifeste.

e) - Horizon B_2 : 40-50 cm - Sommet de l'horizon

On n'observe pas de différence marquée dans la composition des éléments grossiers caillouteux par rapport à la base de l'horizon B_2.

Au sein de la fraction terre fine, notons encore la prépondérance de la fraction squelette sur le plasma, avec dominance d'éléments dans les tailles comprises entre 300 et 400 μ et présence d'éléments plus petits compris entre 120 et 200 μ : ce sont surtout des quartz et quartzites (80%) associés à de rares plagioclases (15 %) et à quelques biotites ($<$ 5 %).

Le plasma bien visible est coloré en brun foncé et brun jaunâtre; ce qui correspond grossièrement à la couleur d'ensemble de l'horizon. Ce plasma recouvre en grande partie les éléments du squelette et forme des ponts entre ces éléments : son aspect est encore fortement floconneux. L'assemblage élémentaire est du type intertextique et prend l'aspect aggloméré en certains ilôts. Existent, en outre, un petit nombre d'inclusions ou nodules ferriques (moins de 10 % par rapport à l'ensemble du volume plasmique), de 60-100 μ au sein de ce plasma, ainsi que des concentrations de fer autour de certains éléments quartzeux et gréseux du squelette grossier.

Enfin, on assiste à un début d'individualisation très discrète de fins revêtements argileux, faiblement orientés, le long des canaux racinaires et des perthuis fauniques (orientation des argiles par lessivage encore peu nette). La porosité d'ensemble est très importante.

f) - Horizon AB : 25-40 cm. Horizon intermédiaire entre horizon de surface et horizon B.

Cet horizon, qui est encore mal individualisé sur le plan macromorphologique, est aussi assez mal caractérisé sur le plan micromorphologique. Par ces caractères d'ensemble, il se rapproche beaucoup plus des horizons de surface que des horizons décrits précédemment. Sa couleur est plus foncée et il est beaucoup plus largement influencé par la présence de matière organique assez bien intégrée au plasma : ainsi le plasma a une allure très floconneuse, il n'est jamais orienté.

Nous observons des formes d'exsudation de feldspaths primaires correspondant à des stades de transition vers des produits mal cristallisés ou en voie de cristallisation; elles recouvrent assez généralement les éléments les plus grossiers du squelette auxquels elles confèrent un aspect plus ou moins opaque en lumière polarisée. Ces figures s'observent également pour les éléments siliceux du type silexite et silex; ce qui peut être mis en relation avec des formes possibles de silice amorphe qu'on retrouve dans les caractérisations analytiques par voie chimique (cf. fig.3.3a).

g) - Horizon de surface ApA_1 : 0-25 cm

Il s'agit de l'horizon travaillé (labour) ou de l'horizon faiblement organique sous-jacent généralement non ou peu perturbé par les façons culturales. D'un point de vue général cet horizon est constitué par un squelette caillouteux, associé à des sables et des limons formant un ensemble largement prépondérant par rapport au plasma; le plasma est non orienté, coloré en brun, il est fortement marqué par la matière organique.

- Le squelette grossier caillouteux et graveleux comprend des quartzites, quartz et silexites ainsi que des grès décalcarisés. Les éléments granitiques ont déjà diminué en proportion, car compte-tenu de leur état de fragilisation, ils ont souvent été désagrégés en fragments plus petits à la suite des façons culturales répétées et aussi de la très forte activité biologique. C'est au sein de cet horizon de surface que l'altération de certains minéraux présents dans les cailloutis et les graviers prend les faciès les plus caractéristiques pour ce stade d'évolution :

. les graviers et sables feldspathiques sont à un stade de sériciti sation très poussé avec apparition de formes mal définies se traduisant par un aspect floconneux et pulvérulent plaquées à la surface de ces éléments en voie d'altération;

. les paillettes de micas sont largement chloritisées;

. les anciens grès calcaires ont perdu leurs carbonates laissant une structure poreuse constituée par un ensemble d'éléments quartzeux qui délimitent des vides ou pores irréguliers;

. sur les quartzites et silexites, on observe encore une pellicule d'exsudation difficile à identifier, pouvant être reliée à des formes de départ d'un matériau amorphe (silice vraisemblablement).

- Le squelette moyen est constitué en majorité par des éléments de taille comprise entre 600 et 800 μ avec une petite proportion d'éléments compris entre 30 et 50 μ ; il comprend des quartz (60 %), des quartzites (30%), quelques biotites (2-5 %), des plagioclases (3-8 %) avec quelques minéraux ferro-magnésiens du type amphiboles ou pyroxènes. La forme de ces éléments est irrégulière, il s'agit de polyèdres à angles émoussés formant un assemblage possèdant une forte porosité intergranulaire complexe, sans orientation et à parois irrégulières. (cf. planche I, photo 1 et 2).

- Le plasma est non organisé, asépique. C'est un altéro-plasma floconneux largement imprégné par la matière organique. L'activité biologique intense lui imprime, en outre, des remaniements importants qui se traduisent par la présence de grosses boulettes foecales et copropèles de 60 à 80 μ à côté de boulettes secondaires de plus petite taille (20-30 μ). L'assemblage est de type intertextique à granulaire.

Nous proposons dans les 2 figures 7.1 et 7.2 une représentation schématique et simplifiée des observations que nous venons de détailler. On peut notamment se reporter au croquis intéressant le stade d'évolution n°I.

22. GENESE DU PLASMA ARGILEUX ET EVOLUTION DE SON ORGANISATION.

Dans ces premiers termes évolutifs, le plasma reste toujours, du fait de sa faible importance, en étroite relation avec le squelette. Il revêt ainsi 2 formes distinctes dont l'évolution permet de saisir quelques points caractéristiques de l'altération initiale de type rubéfiante : il s'agit d'un altéro-plasma floconneux et, en second lieu, d'un plasma orienté et réorganisé.

a) - L'altéro-plasma floconneux, aggloméré, généralement peu biréfringent, non ou mal orienté, reste fortement lié au squelette et aux minéraux primaires qui lui ont donné naissance. Il semble avoir deux origines essentielles possibles, d'importance d'ailleurs très inégale. Le plasma issu des minéraux ferro-magnésiens est déjà le plus important, celui correspondant au résidu de décarbonatation des calcaires représente une masse et un volume plus limités.

Le premier type de plasma peut ou non être associé aux minéraux primaires, dont les structures initiales n'ont pas toujours été conservées. En effet, dans les horizons de surface A et AB, ainsi que dans le squelette moyen des horizons B, ces structures ont été fortement perturbées, par suite de l'intense activité biologique qui a entraîné un brassage et des remaniements importants, avec création d'une porosité par canaux et tubes très développée (ceci en dehors même des possibilités ultérieures de remaniements par labours et travail du sol). Le plasma est donc le plus souvent intégré au fond matriciel : en A, il a acquis une coloration brun foncé et la matière organique en influence l'aspect et l'organisation; en B, il devient brun ou brun jaune à cause du fer, mais l'influence de la matière organique s'y fait encore sentir faiblement. Ce n'est qu'au sein des éléments grossiers cristallins présents dans l'horizon B_2 que les structures primaires ont été préservées et que la liaison "minéraux primaires - plasma d'altération" paraît indéniable.

Avec le plasma issu directement des calcaires, on aborde un plasma beaucoup plus fugace, qui s'intègre au fond matriciel au fur et à mesure de sa production ou bien qui se perd hors du profil par entraînement vertical et dilution dans la masse des alluvions sous-jacentes.

b) - Le plasma orienté et réorganisé se trouve essentiellement à la partie inférieure de l'horizon B_2 et dans l'horizon intermédiaire B_3 . Il s'agit de fins revêtements argileux assez fortement biréfringents qui se localisent, soit autour des éléments du squelette (sables et graviers), soit dans les vides (pores, canaux, perthuis fauniques). Cette forme correspond à une fraction assez faible de la masse plasmique : ce qui tend à montrer que la part de l'illuviation dans la réorganisation plasmique est faible, mais existe déjà. Ainsi, la localisation préférentielle de ces revêtements à la base du profil met l'accent sur un des aspects essentiels de la dynamique des phénomènes qui vont contribuer au développement et à la descente progressive des horizons B dans les sols développés sur ce type de matériau.

Cette localisation montre également que les mouvements maximum d'argile se produisent essentiellement au-dessus même des niveaux (A'_2-BC) dans lesquels une porosité secondaire s'était créée à la suite du départ de la fraction carbonatée (appel du vide).

23. EVOLUTION RELATIVE DES ELEMENTS GROSSIERS ET DE LA FRACTION TERRE FINE.

Nous présentons simplement ici les résultats de comptages qui permettent d'évaluer les proportions relatives des différentes classes granulométriques et pétrographiques au sein des éléments grossiers et de la terre fine. Les comptages effectués sont du même type que ceux que nous avons déjà présentés plus haut pour la caractérisation du matériau origi-

nel; ici, nous les avons également pratiqué sur les principaux horizons des profils. Ces résultats seront repris et discutés en détail dans la 3ème partie de l'exposé : ils revêtent en effet un intérêt fondamental sur le plan de la compréhension de la dynamique globale de transformation des matériaux en sol, et, en même temps, ils mettent clairement en évidence le rôle actif joué par la composante grossière.

Ces résultats sont rassemblés dans la figure 3.2. Ils permettent de confirmer en leur ajoutant un aspect quantitatif, l'essentiel des données que viennent de nous apporter les observations micromorphologiques. Notamment, ils illustrent de manière schématique les principales transformations qui se produisent entre le matériau originel (horizon C) et les différents horizons (Horizon A et horizon B) de ce premier stade évolutif :

- Evolution dans la composition pétrographique des éléments grossiers eux-même et qui se traduit essentiellement par la dissolution des éléments calcaires.

- Evolution granulométrique au sein de ces mêmes éléments ainsi que dans les différentes fractions qui composent la terre fine : elle aboutit à un affinement général des fractions grossières ainsi qu'à une production de sables et de limons au sein de la terre fine.

3 - CARACTERISATION DE LA FRACTION TERRE FINE.

31. CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES GLOBALES.

Les 4 profils* qui sont réunis dans le tableau 3.2 résument assez fidèlement les caractéristiques physico-chimiques de la fraction "terre fine" des sols développés sur les basses terrasses, fraction qu'on peut considérer comme la première phase résiduelle d'altération des matériaux alluviaux rhodaniens.

311. Granulométrie.

- La composante sableuse reste toujours largement prépondérante (60 à 70 %), même si l'évolution subie paraît refléter une diminution apparente par rapport à la composition de la terre fine originelle.

- Les taux d'argile se situent autour de 10 % dans les horizons de surface et passent à 14-20 % dans les horizons B; notons que ceci ne représente pas un gain considérable par rapport aux teneurs observées dans la fraction fine de l'horizon C (4 à 5 %), si l'on tient compte de l'effet de concentration à la suite des phénomènes de dissolution de la fraction carbonatée.

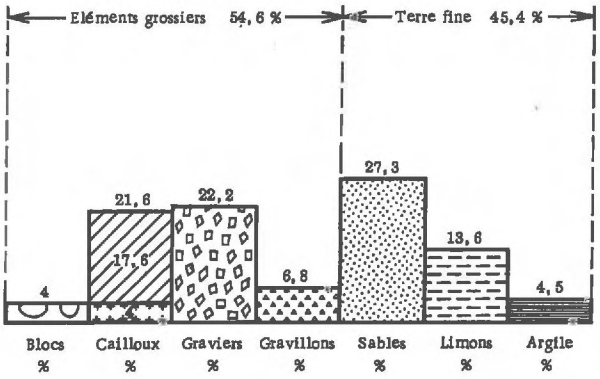
---

* On pourra également se reporter aux résultats qui figurent dans l'étude pédologique de la moyenne vallée du Rhône (M. BORNAND, 1972).

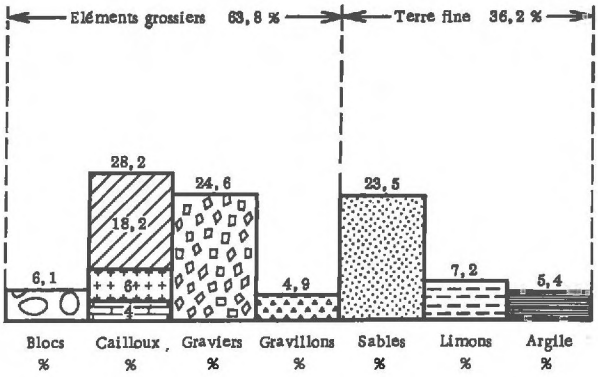
Fig. 3 – 2

ÉVOLUTION DES ÉLÉMENTS GROSSIERS ET DE LA TERRE FINE DANS LES SOLS DES BASSES TERRASSES

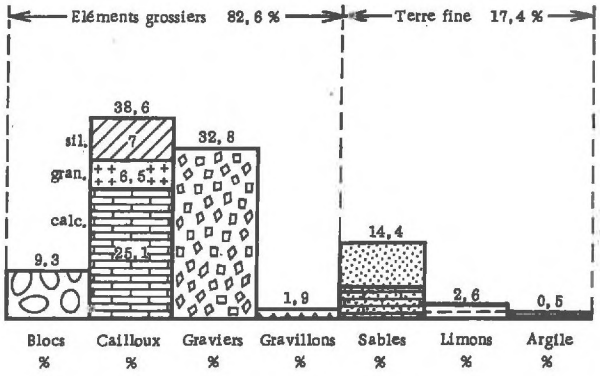
(en pour cent de poids)



Horizon A (épaisseur 0, 40 m)



Horizon B (épaisseur 0, 60 m)



Horizon C (matériau-mère)

CARACTÉRISTIQUES PHYSICO - CHIMIQUES DES SOLS DES BASSES TERRASSES : STADE D'ÉVOLUTION N° 1

Profil V 6 : Sol des basses terrasses : Bas Paliers (Combeaux-Marcerolles)

hz	Profondeur cm	Granulométrie % TF	SG	SF	LG	LF	A	Matière organique % MO	C	N	C/N	pH eau	CO_3 Ca % total	actif
Ap	0-20	63,0	52,5	20,4	7,6	9,3	8,4	1,6	1,05	0,11	9,6	7,2	0	0
AB	20-30	57,0	52,2	22,8	6,1	9,7	8,6	0,6	0,34	0,04	7,9	6,7	0	0
B_2 t	40-50	22,4	58,7	14,4	4,7	11,3	10,9	-				7,4	tr.	0
C	80-120	20,8	90,9	4,1	0,5	0,9	3,6					8,6	15,3	5,0

Cations échangeables me/100 g Ca	Mg	K	Na	T	Taux sat.	Fe_2O_3 % total ClH	libre Deb	P_2O_5 °/.. assim.
6,5	0,2	0,13	0,02	6,5	Sat.	1,71	1,14	0,034
4,0	0,2	0,08	0,06	5,0	Sat.	1,57	1,14	0,011
9,5	0,4	0,09	0,06	8,6	Sat.	2,0	1,57	0,013
25	0,2	0,03	0,03	0,9	Sat.	0,71	0,28	0,016

Profil Vi 13 : Sol des basses terrasses : Hauts Paliers (La Mule Blanche)

hz	Profondeur cm	Granulométrie % TF	SG	SF	LG	LF	A	Matière organique % MO	C	N	C/N	pH eau	CO_3Ca % total	actif
Ap	10-15	36,5	53,5	18,0	7,2	9,6	9,7	2,0	1,2	0,12	10	7,4	0	0
AB	25-30	32,5	49,2	20,5	8,2	10,3	10,1	1,7	0,99	0,10	9,4	6,9	0	0
B_{21}t	40-50	24,5	50,0	16,3	7,1	13,3	12,7	0,6	0,36	0,05	7,4	7,3	0	0
B_{22}t	60-65	25,5	54,0	11,9	4,2	16,2	13,7	-				7,3	0	0
C	80-120	22,5	86,3	7,6	2,2	3,3	0,6					8,9	44,4	

Cations échangeables me/100 g Ca	Mg	K	Na	T	Taux Sat.	Fe_2O_3 % total Cl H	libre Deb.	P_2O_5 °/.. assim.
15,5	0,4	0,25	0,02	8,2	Sat.	1,71	1,14	-
7,7	0,3	0,14	0,03	7,9	Sat.	1,71	1,14	-
7,2	0,3	0,10	0,04	8,6	88,8	2,14	1,14	0,10
11,2	0,3	0,10	0,07	11,8	98,9	2,86	2,00	0,014

Profil V 7 : Sol des basses terrasses : Paliers moyens (Pont d'Isère)

hz	Profondeur cm	Granulométrie % TF	SG	SF	LG	LF	A	Matière organique % MO	C	N	C/N	pH eau	CO_3 Ca % total	actif
Ap	0-10	46,2	35,1	16,2	16,8	15,3	13,0	3,6	2,07	0,20	10,2	7,0	0	0
B_2t	40-50	23,7	31,8	16,7	17,2	19,6	13,7	1,0	0,60	0,08	8	8,1	0	0
C	90-120	20,8	55,8	29,0	7,2	5,0	3,0	-					16,0	3

Cations é. hangeables me/100 g Ca	Mg	K	Na	T	Taux sat.	Fe_2O_3 % total ClH	libre Deb.	P_2O_5 °/.. assim.
10,7	0,7	0,2	0,04	11,2	Sat.	2,28	1,43	0,031
9,5	0,2	0,08	0,07	8,4	Sat.	2,71	1,51	0,007
20,2	0,26	0,03	0,06	4,0		1,12	0,62	

Profil V 9 : Sols des basses terrasses : Hauts Paliers (Région de Pierrelatte)

hz	Profondeur cm	Granulométrie % TF	SG	SF	LG	LF	A	Matière organique % MO	C	N	C/N	pH eau	CO_3Ca % total	actif
Ap	0-20	38,2	46,4	20,4	10,2	10,5	10,3	2,2	1,25	0,11	11,1	6,4	0	0
B_2t	40-50	36,5	47,7	14,2	6,8	18,9	12,4	-	-				0	0
C ca	80-120	22,5	57,7	11,3	8,3	13,7	9,0	-	-				25,5	2,8
C	120	26,5	55,9	12,0	11,5	16,2	4,4	-					28,9	2,4

Cations échangeables me/100 g Ca	Mg	K	Na	T	Taux Sat.	Fe_2O_3 % total Cl H	libre Deb	P_2O_5 °/.. assim.
5,5	0,6	0,2	0,04	7,6	83,4	1,43	1,0	0,018
10,5	0,5	0,1	0,07	15,2	73,5	2,57	1,7	0,002
32,4	0,2	0,04	0,07	8,9	Sat.	1,43	0,7	0,017

312. Réaction des sols. Complexe absorbant.

- S'il existe quelques rares éléments grossiers calcaires encore incomplètement dissous au sein de l'horizon A et surtout dans l'horizon B, la fraction terre fine est totalement décarbonatée dès la base du profil (horizon B_3) et présente des pH qui restent compris entre 6 et 7.

- Les valeurs de la capacité d'échange qui se situent autour de 5 à 8 me/100 g dans les horizons de surface passent à des valeurs comprises entre 8 et 14 me/100 g dans les horizons B. Le complexe absorbant reste pratiquement saturé avec une dominance de calcium et des teneurs assez constantes et assez faibles en Mg^{2+} (0,4 à 0,5 me/100g) et en K^{+} échangeable (0,2 à 0,4 me/100 g).

32. EVOLUTION DE LA FRACTION ARGILEUSE.

Pour illustrer cette évolution, deux exemples ont été choisis, l'un situé sur les paliers inférieurs et l'autre localisé sur les paliers supérieurs des basses terrasses; ils sont regroupés dans le tableau 3.3 qui résume de façon schématique l'essentiel des phénomènes d'évolution observés pour la fraction argileuse aussi bien sur le plan quantitatif que sur le plan qualitatif.

La présentation qui a été adoptée permet de suivre de manière assez commode l'évolution de la nature minéralogique des argiles au cours de la transformation des matériaux originels en sols, mais également au sein même des différents horizons qui se différencient dans les profils. Néanmoins, il y a lieu de bien souligner que les déterminations minéralogiques effectuées n'ont qu'un caractère semi-quantitatif, si bien que les proportions de minéraux argileux qui figurent sur les tableaux ont essentiellement une valeur comparative entre horizons.

Sur le plan de la quantité d'argile présente, on se rend compte que les teneurs en argile de la fraction terre fine, auxquelles on a l'habitude de se référer, sont naturellement une bonne indication sur les mouvements qui peuvent se produire au sein de cette fraction. Mais, elles sont insuffisantes pour donner une idée de la quantité d'argile produite et il faut se reporter à la masse globale de matériau originel pour avoir une meilleure idée de l'intensité des phénomènes d'altération en cours. Ainsi, dans l'exemple 3.3a relatif aux sols des paliers inférieurs, la production d'argile se révèle nettement supérieure dans les horizons de surface que dans les horizons B, d'autant que les phénomènes de lessivage paraissent encore insuffisants pour compenser l'effet fabrication d'argile. Au contraire, dans l'exemple 3.3b l'équilibre paraît grossièrement rétabli, du fait de la progression vers la base des profils des phénomènes d'altération proprement dits et par suite aussi de l'augmentation de l'importance des phénomènes d'entraînements mécaniques verticaux, aux dépens des fractions "argile".

Au plan de la qualité des argiles, les phénomènes d'héritage paraissent jouer un rôle dominant au cours de ce premier terme évolutif. Dans les matériaux originels, à côté du quartz, de la calcite et de la dolomie qui se conservent jusqu'à la base même des profils pédologiques, on observe un mélange complexe d'argiles où l'illite et la kaolinite sont dominantes, associées à la vermiculite et à la montmorillonite.

Au sein des profils eux-mêmes, on retrouve l'illite et la kaolinite hérités de la dissolution des éléments calcaires; par ailleurs les transformations minéralogiques auxquelles on assiste paraissent encore assez limitées.

- Le quartz reste présent sur tout le profil avec légère augmentation de la base au sommet.
- Il y a disparition complète de la calcite, de la dolomie ainsi que des feldspaths au sein de la fraction argile des sols.
- Pour la fraction argile proprement dite, au sein des horizons B, on observe des phénomènes de dégradation de l'illite en montmorillonite qui paraissent légèrement mieux marqués dans les sols développés sur les paliers supérieurs de terrasses que dans ceux des paliers inférieurs.
- Dans les horizons de surface, on assiste à une vermiculitisation assez nette, avec disparition de la montmorillonite (phénomène d'agradation) et ceci quels que soient les paliers considérés.

Si l'on replace ces résultats à caractère purement qualitatif par rapport aux quantités d'argile présentes au sein de chaque horizon des profils, les tendances évolutives ou les transformations qu'on vient de mentionner sont beaucoup plus nettes. Ainsi, si l'on veut être schématique, on peut dire que les teneurs en argile montmorillonitique sont grossièrement multipliées par 5 ou 6 et non pas par 1,2 ou 1,5 par rapport à celle observée dans le matériau-mère. De même, dans les horizons de surface, la même remarque peut être faite pour la vermiculite dont les quantités se trouvent multipliées par des coefficients voisins de 7 ou 8.

33. EVOLUTION DU FER, DE LA SILICE ET DE L'ALUMINE.

331. Evolution du fer.

- Morphologie

Au plan morphologique, l'individualisation des hydroxydes métalliques reste très discrète au sein de ces profils. Elle se produit essentiellement aux dépens des micas (de type biotite) et à un degré moindre à partir des amphiboles (toujours peu nombreux en masse, sauf dans les alluvions de type isérois au confluent Rhône-Isère). Elle se manifeste d'abord par l'apparition d'une coloration brune orangée qui affecte immédiatement le plasma avant même toute orientation et aussi par la différenciation d'amas floconneux et diffus, qui révèle une tendance à une intéraction fer-argile au sommet de l'horizon B. Cette dernière tendance peut être reliée à la présence d'un excès de fer par rapport aux possibilités réelles de fixation ou d'absorption, compte-tenu des faibles quantités d'argiles existant dans ces premiers termes évolutifs. (cf. planche V).

En utilisant les méthodes chimiques d'études, on peut essayer de suivre comment évoluent les différentes formes de fer, au sein des sols de ces bas niveaux de terrasses, qui correspondent justement aux termes dans lesquels se déclenchent les premiers processus d'altération rubéfiante.

Tabl. 3 – 3

ÉVOLUTION DE LA FRACTION ARGILEUSE DES SOLS DES BASSES TERRASSES

a) - Exemple des paliers bas (Combeaux - Marcerolles)
Profil V 6

Teneur en argile %		Types d'horizon	Minéralogie RX	A.T.D.
dans la fraction terre fine	par rapport à la masse globale de l'horizon			
8,4	5,3	Ap (0-20 cm)	K	Fe_2O_3, nH_2O + M.O. amorphes
8,6	5,2	AB (20-30 cm)	I	Fe_2O_3, nH_2O + M.O. amorphes
10,9	2,5	B_2 (40-50 cm)	M V	Fe_2O_3, nH_2O important
10,9	2,5	BC (50-70 cm)	I K	Fe_2O_3, nH_2O très important
0,5	0,12	C (80-120)		

b) - Exemple des hauts paliers (La Mule Blanche)
Profil Vi 13)

Teneur en argile %		Types d'horizons	Minéralogie RX	A.T.D.
dans la fraction terre fine	par rapport à la masse globale de l'horizon			
9,7	4,4	Ap (0-15 cm)	I	Fe_2O_3, nH_2O + M.O. amorphes
10,1	4,58	AB (15-30 cm)	K	Fe_2O_3, nH_2O + M.O. amorphes
12,7	4,60	B_{21} t (30-50 cm)	M	
13,7	5,0	B_{22} t (50-80 cm)	V	
0,5	0,1	C_1 (4 00 cm)		
0,8	0,15	C_2 (1200 cm)	I K	
0,5	0,1	C_3 (1800 cm)		

- Méthodes d'études chimiques

Le choix des différentes méthodes d'extraction du fer utilisées ne sera pas détaillé ici. Signalons simplement que des comparaisons entre ces méthodes ont été effectuées ; les techniques qui ont finalement été retenues sont les suivantes : pour le fer total, méthode par fusion (E. JEANROY 1972 ; pour le fer libre, méthode de ENDREDY, 1963; pour le fer facilement extractible, méthode SEGALEN, 1968); ce sont celles qui nous sont apparues comme les plus fidèles et les plus reproductibles et aussi les mieux adaptées aux sols étudiés. De toute façon, elles constituent de bons instruments de comparaison pour tester la progression des phénomènes d'altération étudiés.

- Résultats et commentaires

Le tableau 3.4 présente, à titre d'exemple, les résultats détaillés concernant la fraction terre fine de deux profils développés sur les 2 paliers principaux de ces bas niveaux de terrasses. (Bas paliers : Combeaux Marcerolles; Hauts paliers : La Mule Blanche)

Tabl. 3 – 4

ÉVOLUTION DES FORMES DU FER DANS LES SOLS DES BAS NIVEAUX DE TERRASSES

(exprimé en Fe_2O_3 pour cent de terre fine)

Horizons Couleur Type	Teneur en argile %	A Fer total fusion %	D Fer libre Endredy %	E Fer fac. extr. Ség. %	D/A x 100 Taux libér. du fer	E/A x 100 Taux fer fact. ext.	Teneur en fer par rapport à l'argile: Fe. total $\frac{A}{Arg.} \times 100$	Fe. libre $\frac{D}{Arg.} \times 100$	Fe. fac. extr. $\frac{E}{Arg.} \times 100$	$\frac{A-D}{A} \times 100$ Fer des min. primaires %	$\frac{D-E}{A} \times 100$ Fer cristallisé %	E/A x 100 Fer fac. ext. %
Bas paliers												
Combeaux - Marcerolles												
Brun 10 YR 5/3 Ap	8,4	2,20	1,43	0,70	65	32	26,2	17,0	8,3	35	33,2	31,8
Orangé 7,5 YR 6/6 AB	8,6	2,48	1,60	0,75	64,5	30	28,8	18,6	8,7	35,5	34,3	30,2
Jaune rouge 5 YR 5/6 B_2^t	10,9	2,87	2,15	1,0	74,9	35	26,1	19,5	9,2	25,1	40,0	34,9
Brun pâle 10 YR 7/4 C	0,5	1,11	0,60	0,25	54,1	22,5	222	120	50	46,0	31,5	22,5
Hauts paliers												
La Mule Blanche												
Brun 10 YR 4/4 Ap	9,7	2,21	1,43	1,1	64,7	50	22,8	14,7	11,3	35,3	14,9	50
Brun rouge 5 YR 4/4 AB	10,1	2,43	1,49	1,1	61,3	45	24,1	14,7	10,9	38,7	16,0	45
Rouge 5 YR 4/6 B_{21}^t	12,7	2,96	2,11	1,6	71,3	54	23,3	16,6	12,6	28,7	17,2	54
à 5/8 B_{22}^t	13,7	4,08	2,90	2,15	71,1	53	29,8	21,2	15,7	28,9	18,4	53
Brun pâle 10 YR 7/4 C	0,6	1,40	0,49	0,43	35	31	233	82	72	65	4,3	30,7

Ainsi, pour ces premiers stades évolutifs :

a - Par élimination relative des autres éléments (SiO_2, cations basiques), nous assistons à une augmentation importante et systématique des valeurs absolues des teneurs en fer lorsque nous passons de la roche-mère au sol; ceci étant mieux marqué dans les horizons B que dans les horizons de surface.

b - Dès ces stades, nous observons des taux de libération du fer : $\frac{\text{Fer libre}}{\text{Fer total}} \times 100$ très élevés qui atteignent ou dépassent 65 à 70.

c - Si nous comparons les 2 sols étudiés, nous notons une augmentation assez spectaculaire de la proportion de fer facilement extractible (Méthode SEGALEN) en passant des bas paliers aux hauts paliers de ces basses terrasses (Fe. F. E. passe de 30 à 50 %).

d - Enfin, il est intéressant de suivre l'évolution des rapports Fe/Argile x 100 qui sont révélateurs de la production relative de ces deux éléments au sein de la fraction fine des sols étudiés. Dans ces sols qui représentent les phases de déclenchement des processus d'altération rubéfiante, ces rapports sont respectivement égaux ou voisins de 25, 15 et 10 pour les formes de fer total, libre ou facilement extractible. Ce qui constitue des valeurs déjà élevées par rapport à celles qu'on va observer dans les autres termes de la séquence. Par ailleurs, au sein même du profil, qui reste assez peu différencié, les valeurs de ces rapports subissent très peu de variations d'un horizon à l'autre, à l'exception du passage sol - matériau-mère.

332. Evolution de l'aluminium.

Le tableau 3.5 qui suit rassemble les principales données obtenues lors de nos investigations personnelles sur les deux mêmes exemples que ceux étudiés pour le fer.

Tabl. 3 – 5

ÉVOLUTION DE L'ALUMINIUM DANS LES SOLS DES BAS NIVEAUX DE TERRASSES
(exprimé en Al_2O_3 pour cent de terre fine)

Sols	Types d'horizons	Teneur en argile %	A Al total (FH + ClO_4 H)	D Al libre (Tamm + Deb)	E Al facilement extractible (Ségalen)	D/A x 100 Taux de libération d'Al	E/A x 100 Taux d'Al facilement extractible (Ségalen)	Teneur en Al par rapport à argile		
								Al total A/Arg. x 100	Al libre D/Arg. x 100	Al facilement extractible E/Arg. x 100
Abeaux - Marcerolles										
	Ap	8,4	4,99	0,26	0,4	5,2	8	59,4	3,1	4,8
	B_2t	10,9	5,97	0,49	0,7	8,2	11,7	54,8	4,5	6,4
	C	0,5	4,79	0,20	0,1	4,2	2,1	958	40	20
Aule Blanche										
	Ap	9,7	6,32	0,36	0,55	5,5	8,7	65,2	3,7	5,7
	AB	10,1	7,21	0,20	0,90	2,8	12,5	71,4	2,0	8,9
	B_2t	13,7	9,47	0,46	1,2	4,9	12,7	69,1	3,4	8,8
	C	0,6	5,90	0,20	0,05	3,4	0,8	983	33,3	8,3

Les résultats dont nous pouvons disposer dans la bibliographie concernant ce type de sol étant beaucoup plus fragmentaires que pour le fer, nous nous bornerons aux quelques commentaires ci-après :

- Dans ces premiers termes évolutifs, nous assistons à des augmentations relativement faibles des teneurs en aluminium total dans les horizons des sols par rapport à celles existantes dans la fraction fine du matériau-mère. Les augmentations les plus nettes s'observent au sein des horizons B, où les teneurs sont multipliées par des coefficients variant de 1,2 à 1,6 par rapport aux horizons C.

- Dans les sols eux-mêmes, les résultats des extractions d'Al par la méthode (TAMM + DEB) sont systématiquement plus faibles que ceux obtenus par la méthode cinétique de SEGALEN; le phénomène s'inverse par contre dans le matériau-mère. Dans les sols, ces valeurs d'Al libre sont assez faibles en valeurs absolues, les teneurs les plus fortes s'observant à la base des horizons B.

- Pour les teneurs en aluminium facilement extractible SEGALEN (cf. courbes de la figure 3.3), nous notons des valeurs beaucoup plus élevées au sein des horizons pédogénétisés et particulièrement au sein des horizons B.

- De manière générale, ces valeurs d'Al libre ou d'Al facilement extractible SEGALEN, rapportées à l'Aluminium total, sont inférieures ou très supérieures à 10, ce qui représente des chiffres 3 à 6 fois moins élevés que ceux obtenus pour le fer.

333. Evolution de la silice.

Pour la silice, les références bibliographiques concernant les sols rouges sont encore plus restreintes que pour les 2 cations précédents.

- Le tableau 3.6 présente les résultats ayant trait aux mêmes exemples que ceux étudiés précédemment et nous avons essayé de séparer, dans les résultats de silice totale, la fraction SiO_2 non quartz de la fraction SiO_2 quartz, d'après les techniques d'extraction utilisées par M.L. JACKSON (1956) et modifiée par ROBERT - VENEAU (1973). Nous n'avons pas procédé à des dosages systématiques de silice dite libre, car les quelques résultats obtenus à partir des méthodes classiques ont donné des résultats très dispersés et très peu reproductibles.

- En revanche, dans les extractions SEGALEN (fraction NaOH et ClH), nous avons procédé aux dosages de la silice dans chacune des huits extractions successives et ce sont ces résultats qui sont reportés dans les courbes de la figure 3.3.

- Dans la fraction silice totale, la proportion de la silice "quartz" est largement dominante.

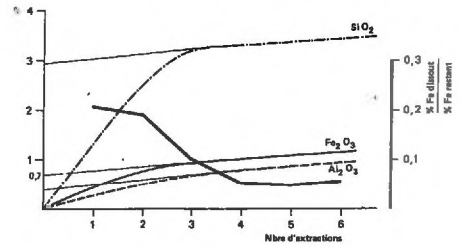
- La forme des courbes d'extraction de silice (méthode SEGALEN) nous amène à penser qu'au sein du profil V 6 la présence de silice facilement extractible paraît indéniable (courbes avec paliers nets) et en proportions non négligeables. Par contre, dans le profil VI 13 où l'on observe des courbes d'extraction de silice qui prennent la forme de droites avec pentes plus ou moins fortes, sauf à la base des horizons B et dans les horizons C,

Fig. 3 – 3

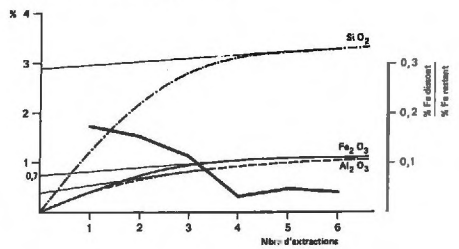
Fe, Si, Al, FACILEMENT EXTRACTIBLES (SEGALEN) DES SOLS DES BASSES TERRASSES (STADE D'ÉVOLUTION N° 1)

a – Exemple des sols des paliers inférieurs : profil V 6 (Combeaux - Marcerolles) Région de Valence

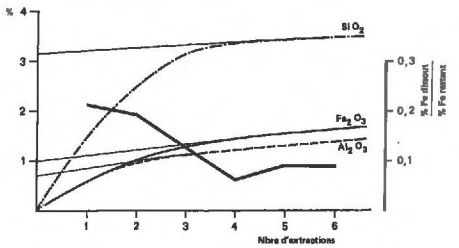
Horizon Ap (0-20 cm)



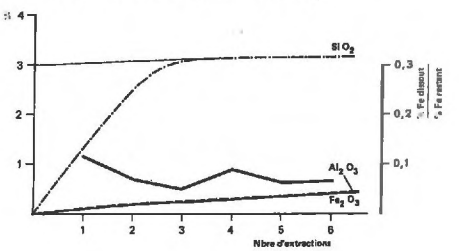
Horizon AB (20-30 cm)



Horizon B_{2t} (40-50 cm)

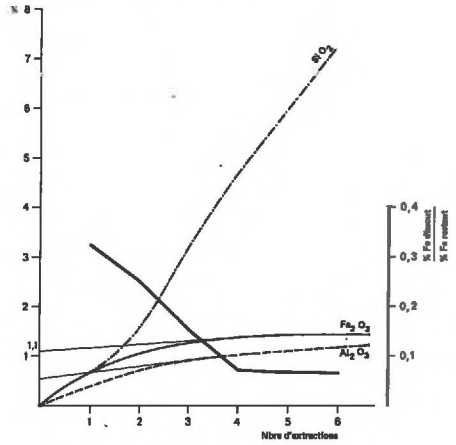


Horizon C : matériau-mère (80-120 cm)

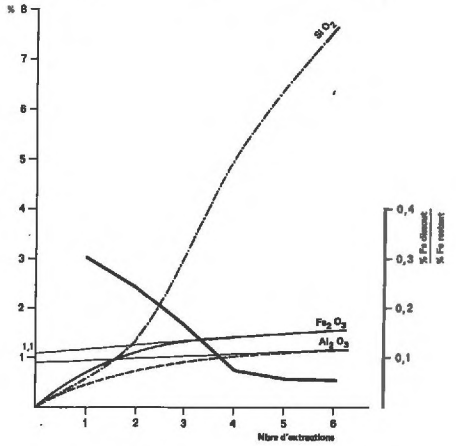


b – Exemple des sols des paliers supérieurs : profil Vi 13 (La Mule Blanche) – Région de Valence

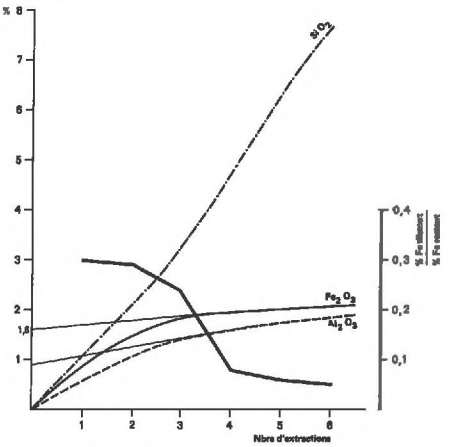
Horizon Ap (10-15 cm)



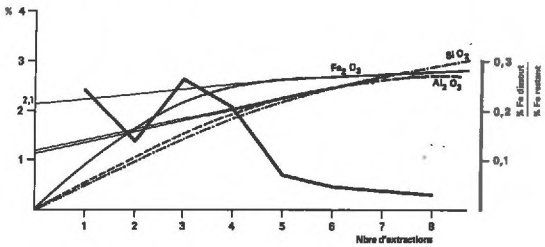
Horizon AB (25-30 cm)



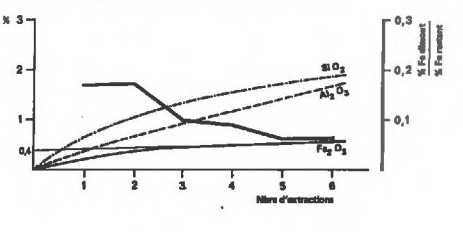
Horizon B_{21t} (40-50 cm)



Horizon B_{22t} (60-65 cm)



Horizon C : matériau-mère (80-120 cm)



il semble qu'il n'y ait pas de silice facilement extractible et qu'on extraie progressivement la silice des réseaux argileux.

Ces faits tendraient à montrer que c'est seulement lors du démarrage des processus d'altération rubéfiante, alors même qu'existent encore des éléments calcaires incomplètement dissouts au sein de ces horizons que l'on met en évidence des formes de silice mobile ou facilement extractible.(rôle du cation Ca^{2+} dans la dissolution de SiO_2)

Dès que la décalcarisation est pratiquement totale (horizons de surface des horizons B des stades würmiens développés sur les hauts paliers) il ne semble plus y avoir de silice facilement extractible. Celle-ci n'existe qu'à la base des horizons B et dans les horizons A'_2-BC (rôle possible des augmentations de pH liées à la dissolution des éléments calcaires).

Tabl. 3 – 6

ÉVOLUTION DE LA SILICE DANS LES SOLS DES BASSES TERRASSES

(exprimée en SiO_2 pour cent de terre fine)

Profils	Types d'horizons	Teneur en argile %	SiO_2 total	SiO_2 non quartz	SiO_2 facilement extractible (Ségalen)
Combeaux-Marcerolles					
	Ap	8,4	84,2	16,5	3
V 6	B_2 t	10,4	81,5	11,1	3,2
	C	0,5	61,1	-	3
La Mule Blanche					
	A	9,7	84,6	20,4	0
	AB	10,1	85,6	25,8	0
	B_2 t	13,7	80,8	26,9	1,2
	C	0,6	56,1	19,5	0,8

4 - CONCLUSIONS : POINTS IMPORTANTS DE CETTE PREMIERE PHASE D'EVOLUTION.

Au cours de cette première phase d'évolution apparaissent un certain nombre de points importants que nous pouvons résumer comme suit :

a) - L'évolution des éléments grossiers se traduit :

- par une dissolution progressive des éléments carbonatés au sein des fractions grossières et terre fine depuis les horizons de surface jusqu'à la base des horizons B, avec redistribution très incomplète des carbonates à la frange des horizons BC/Cca (différenciation d'un profil carbonaté),

- et par une concentration corrélative des éléments siliceux et cristallins au sein de ces 2 fractions.

b) - Les phénomènes d'altération se manifestent à plusieurs niveaux :

- Au sein des éléments graveleux et sableux, nous observons une altération très incomplète des fractions cristallines,qui aboutit à une exfoliation partielle des biotites avec chloritisation et première sortie du fer hors des feuillets et à une séricitisation assez poussée des feldspaths de type sodique et calco-sodique, avec apparition d'un plasma asépique depuis le sommet du profil jusqu'au milieu de l'horizon B.

- Au sein des minéraux argileux, les phénomènes de transformations minéralogiques sont encore de faible importance et il y a dominance des minéraux argileux issus de la dissolution des éléments calcaires.

- Les phénomènes de libération du fer ont une importance assez grande par rapport aux phénomènes d'argilisation. Ce fait constitue une des caractéristiques essentielles du démarrage des phénomènes d'altération rubéfiante et constitue une des conditions nécessaires à l'extériorisation du processus.

c) - Trois aspects dominent la genèse et l'individualisation du plasma argileux.

- Dans ces sols encore peu épais, la matière organique joue un rôle important puisqu'elle influence directement l'aspect général et les possibilités de différenciation plasmique sur plus de la moitié du profil.

- L'altéro-plasma floconneux, encore peu organisé, est pour la plus grande partie issu des calcaires, alors que les minéraux ferro-magnésiens ne jouent qu'un rôle plus limité.

- Les phénomènes de pédoplasmation ne sont nets qu'à la base de l'horizon B, où ils se traduisent par l'apparition d'une organisation discrète de lessivage avec fins revêtements d'argile colorés et bien orientés, localisés autour des grains du squelette et de certains pores.

Chapitre 4

DEUXIEME PHASE D'EVOLUTION :

LES SOLS DES MOYENS ET HAUTS NIVEAUX DE TERRASSES

(Stades 2 et 3)

Après la phase de déclenchement de l'altération (stade 1), les processus d'évolution deviennent particulièrement marqués et nous pouvons estimer qu'ils atteignent un maximum de développement : c'est la deuxième phase d'évolution des matériaux fluvio-glaciaires rhodaniens représentée par le stade 2 et par le stade 3. Aux plans morphologiques, physico-chimiques et géochimiques, ces stades présentent un certain nombre de traits spécifiques que nous nous proposons de dégager au cours de ce chapitre.

1 - CARACTERES SPECIFIQUES DE L'ORGANISATION DES PROFILS PEDOLOGIQUES.

11. DEVELOPPEMENT DES PROFILS ET INDIVIDUALISATION D'HORIZONS CARACTERISTIQUES.

Pour caractériser les aspects morphologiques essentiels de cette deuxième phase d'évolution, nous avons choisi deux profils qu'on peut considérer comme typiques et bien représentatifs* de chacun des deux stades évolutifs étudiés.

Profil type du 2ème stade d'évolution.

Le deuxième stade d'évolution des matériaux fluvio-glaciaires rhodaniens correspond aux sols développés sur les niveaux des moyennes terrasses. La description qui suit permet d'en schématiser les principales caractéristiques.

---

* Pour les variations de détail, on peut également se reporter aux études de cartographie pédologique effectuées sur l'ensemble de la vallée (M. BORNAND 1972, M. BORNAND - J.P. LEGROS, J. MOINEREAU - 1977).

Stade d'évolution n° 2

Ap — 0-20 cm : Sec. Brun (7, 5 YR 4/4 à 4/6) à brun jaune foncé (10 YR 5/3 à 4/4). A matière organique directement décelable. Aucune effervescence. Caillouteux avec éléments grossiers constitués de cailloutis arrondis de quartz et quartzites. Fraction fine sablo-limoneuse à limono-sableuse. Structure fragmentaire localisée, polyèdrique subanguleuse moyenne. Excellente porosité. Agrégats à pores nombreux tubulaires. Fragile. Meuble. Très forte activité biologique : nombreuses racines fines et moyennes, galeries mais peu de vers. Horizon labouré. Transition graduelle et régulière.

AB ou B_1 — 20-60 cm : Sec. Brun fort (7, 5 YR 5/6) à jaune rougeâtre (5 YR 4/8 à 5/6). A matière organique non directement décelable. Aucune effervescence. Cailloutis arrondis de quartz et quartzites non altérés. Fraction fine limono-sableuse avec sable fin. Structure fragmentaire peu nette, localisée, polyèdrique subanguleuse moyenne. Porosité assez importante. Agrégats à pores nombreux moyens, tubulaires, sans orientation dominante. Revêtements argileux minces, brun foncé (7, 5 YR 4/4) sur faces des agrégats. Fragile. Meuble. Racines fines et moyennes verticales. Quelques galeries. Activité biologique moyenne. Transition distincte et régulière.

B_{21} t — 60-120 cm : Frais. Rouge orangé (5 YR 5/8) à rouge (2, 5 YR 4/6 à 5/8). Non organique. Aucune effervescence. Cailloux plus abondants que les blocs : quartz et quartzites non altérés, granites et grès fortement altérés dans la masse. Fraction fine limono-argilo-sableuse avec sable grossier quartzeux. Structure massive. Porosité faible. Agrégats à pores nombreux très fins, interstitiels. Peu friable. Assez compact. Quelques racines fines, quelques galeries. Activité biologique faible. Transition diffuse et interrompue.

B_{22} t — 120-220 cm : Frais. Rouge orangé (5 YR 4/8) à rouge (2, 5 YR 4/6). Non organique. Aucune effervescence. Cailloux et blocs abondants, arrondis ; quartz et quartzites non altérés, granites et grès fortement altérés dans la masse. Fraction fine argilo-sableuse à sable grossier. Structure massive. Porosité très faible. Agrégats à pores nombreux, moyens, interstitiels, sans orientation dominante. Poreux. Faces luisantes autour des galets. Revêtements rouges (2, 5 YR 4/6) argilo-ferriques très difficiles à distinguer des faces de pression. Peu friable. Compact. Pas de racines. Activité biologique nulle. Transition diffuse et irrégulière.

A'_2-BC — 220-250 cm : Frais. Rouge orangé (5 YR 4/6). Non organique. Aucune effervescence. Cailloutis et blocs abondants arrondis constitués de quartz, quartzites avec grès et granites en voie d'altération. Fraction fine argilo-limono-sableuse à sable grossier. Structure moins massive avec porosité encore faible mais augmentant vers la base de l'horizon. Agrégats à pores nombreux, moyens, interstitiels sans orientation dominante. Faces luisantes. Revêtements argilo-ferriques et à sesquioxydes épais (2 à 3 mm) sur faces supérieures des cailloutis. Revêtements calcaires discontinus à la face inférieure des mêmes galets. Peu friable. Encore compact. Activité biologique nulle. Transition diffuse et ondulée.

C — + de 250 cm : Frais. Brun jaunâtre clair (10 YR 6/6) avec quelques revêtements brun jaunâtre foncé (10 YR 4/4). Non organique. Effervescence généralisée dans la fraction fine sableuse grossière. Eléments carbonatés lithiques et en revêtements sur les éléments grossiers. Cailloux et blocs très abondants de quartz et quartzites avec grès calcaires, granites et calcaires durs, non ou peu altérés. Très poreux. Très friable. Boulant. Activité biologique nulle.

Profil type du 3ème stade d'évolution

Le profil décrit ci-après pour caractériser le troisième stade d'évolution a été volontairement choisi sur les niveaux les plus anciens des hautes terrasses (Mindel 1), afin de bien mettre en évidence les différences morphologiques essentielles existant avec les sols présentés précédemment et développés sur les terrasses moyennes. Sur les niveaux plus récents (Mindel 2 de Fouillouse, Mindel 2-3 d'Anneyron), le développement des profils est moins important et l'individualisation des horizons A_2 graveleux encore nette.

Stade d'évolution n° 3

A_{oo} 0-3 cm : Brun foncé à noir (7, 5 YR 2/0). Horizon humifère avec litières de feuilles de chênes et aiguilles de bruyères. Humus peu différencié de type mor-moder. Mat radiculaire important. Limite assez brutale avec horizon sous-jacent.

A_1 3-20 cm : Brun foncé (10 YR 4/3) s'éclaircissant en séchant. Frais. Matière organique visible. Non calcaire. Caillouteux avec galets de quartz et quartzites. Fraction fine de texture sableuse à sablo-limoneuse. Structure fragmentaire peu nette à tendance grumeleuse autour des racines. Poreux avec agrégats à pores nombreux très fins. Très fragile. Meuble. Nombreuses racines fines et moyennes verticales. Turricules et galeries. Forte activité biologique. Transition distincte et irrégulière.

A_2 20-50 cm : Brun fort (7, 5 YR 5/6 à 5/8). Frais. Non calcaire. Matière organique non directement décelable. Cailloutis roulés et blocs de quartzites et quartz. Non ou peu graveleux. Fraction fine de texture sableuse à sablo-limoneuse avec sable grossier. Structure particulaire ou structure fragmentaire peu nette, polyèdrique fine. Poreux, friable et meuble. Zone de concentration racinaire maximale, avec de nombreuses racines, moyennes et grosses, horizontales. Quelques galeries. Activité biologique forte. Transition distincte mais irrégulière.

AB_1 50-90 cm : Sec. Jaune rougeâtre (7, 5 YR 6/6) s'éclaircissant en séchant. Non calcaire. Matière organique non directement décelable. Gravelo-caillouteux avec petits graviers (2 à 4 mm) très abondants, à dominante quartzitique recouverts d'une patine ferro-manganique noire à brun foncé. Quelques cailloux de quartzites roulés. Fraction fine de texture sableuse. Structure non différenciée. Très poreux avec porosité interstitielle. Très fragile. Sans cohésion, boulants. Quelques racines fines déviées et quelques galeries. Activité biologique moyenne. Passage graduel avec limite ondulée.

$B_{21}t$ 90-150 cm : Frais. Rouge (2, 5 YR 5/8) à rouge foncé (2, 5 YR 3/6). Non calcaire. Non organique. Cailloutis abondants et graviers, peu de blocs. Galets de quartzites et quartz dominants avec grès rubéfiés plus ou moins altérés. Pas ou encore peu de granites ou gneiss reconnaissables. Fraction fine de texture argilo-sableuse. Structure massive avec débit polyèdrique subangulaire moyen. Peu poreux. Porosité interstitielle. Revêtements argilo-ferriques minces sur faces structurales et sur cailloutis avec recouvrements à 40 %. Revêtements ferro-manganiques sur les galets. Peu friable. Encore meuble. Quelques racines fines et moyennes déviées. Activité biologique faible. Limite graduelle et interrompue.

$B_{22}t$ 150-250 cm : Frais. Rouge à rouge foncé (2, 5 YR 5/8 à 3/6). Non calcaire. Non organique. Cailloux et blocs abondants de quartzites et quartz avec nombreux grès altérés en jaune et ocre. Présence de boules de granites et gneiss de 10 à 30 cm de diamètre profondément altérés et en voie de rubéfaction. Fraction fine de texture argileuse. Structure massive à débit polyèdrique subangulaire moyen. Compact. Peu friable. Peu poreux. Revêtements argilo-ferriques et faces de pression autour des galets. Très faible activité biologique. Racines peu nombreuses, fines et moyennes déviées. Limite graduelle et irrégulière.

$B_{23}t$ 250-400 cm : Frais. Rouge (2, 5 YR 4/6) et rouge jaunâtre (5 YR 5/8). Non calcaire. Non organique. Cailloutis et blocs abondants, même éléments que précédemment avec granites et gneiss plus nombreux et moins altérés. Fraction fine argilo-sableuse. Structure massive à débit polyèdrique grossier. Assez meuble. Peu friable. Porosité moyenne à faible. Activité biologique faible. Limite graduelle et irrégulière.

B_3t 400-500 cm : Frais. Rouge jaunâtre (5 YR 5/6) avec zones plus rouge (2, 5 YR 4/6 à 5/6). Non calcaire. Non organique. Cailloutis et blocs très abondants : quartzites, quartz, grès rubéfié, ancien grès calcaire à trame siliceuse blanchie avec remplissage d'argile rouge foncé (10 R 4/6). Fraction fine argilo-sableuse. Structure encore massive avec débit polyèdrique grossier. Porosité plus importante par zones de passages et de circulations préférentielles (calcaires en voies de dissolution, granites en voie d'altération). Passage graduel et ondulé.

A'_2-BC 500-550 cm : Rouge jaunâtre (5 YR 5/6) et jaune pâle (10 YR 5/6). Cailloutis et blocs abondants comportant quartzites, granites, gneiss et calcaires en voie de dissolution (calcaires ramollis). Fraction fine sableuse grossière décalcarisée. Très forte porosité inter-élémentaire. Revêtements argileux rouge épais sur faces supérieures des galets et présence d'encroutements encore discontinus de calcite sur la face inférieure. Limite brutale et nette avec l'horizon Cca.

Cca + de 550 cm : Jaune pâle et blanc. Même type de cailloutis avec fraction fine sableuse grossière, encore calcaire. Encroûtements de calcite épais (3 à 5 mm) sur la face inférieure des cailloutis. Horizon discontinu et d'épaisseur irrégulière (30 à 40 cm).

Principaux enseignements de la morphologie.

Nous assistons à des évolutions morphologiques relativement importantes par rapport au premier stade d'évolution. Des changements profonds se produisent également dans l'organisation générale des profils, même entre les stades 2 et 3 qui appartiennent tous deux à cette phase évolutive majeure. Les faits essentiels ont trait à l'importance même des horizons B, à l'acquisition de caractéristiques propres et à la différenciation d'horizons "lessivés".

a) - Développement des profils.

On observe un développement spectaculaire de l'ensemble des profils pédologiques, dont les épaisseurs passent à 2-3 mètres pour le stade 2 et qui peuvent atteindre plus de 5 mètres dans le stade 3.

La dissolution des cailloutis calcaires intéresse des épaisseurs du même ordre pour chacun des stades cités, c'est à dire des profondeurs 3 à 6 fois plus importantes que sur les basses terrasses. De plus cette décalcarisation se traduit aussi par une différence de répartition des formes de carbonates. Si, à la base du sol au contact avec le matériau-mère, les formes de concrètionnement de calcite restent très voisines de celles déjà observées au stade 1, ceci ne correspond qu'à une faible partie du calcaire exportée hors du profil pédologique. Dans ces stades 2 et 3, (cf.figure 3.1) une partie beaucoup plus importante des carbonates se retrouve à plus grande profondeur, où elle s'accumule sous forme de poudingues fortement consolidés de 2 à 3 mètres d'épaisseur et visibles sur les talus en rebord des terrasses (à - 10 ou - 12 mètres en-dessous de la surface actuelle).

La position morphologique, l'épaisseur et la structure de ces encroûtements calcaires sont autant d'arguments qui permettent d'invoquer les phénomènes de circulation de l'eau et surtout le régime des nappes comme principaux responsables de leur genèse et de leur répartition.

b) - Horizons de diagnostic majeurs : horizons B argilifiés et rubéfiés.

C'est essentiellement l'augmentation d'épaisseur des horizons B qui est responsable des variations enregistrées dans le développement global des profils, puisque ces mêmes horizons représentent à eux seuls plus des 3/4 de l'épaisseur totale des sols rouges étudiés.

Ces variations d'épaisseur s'accompagnent d'une augmentation progressive d'intensité de la rubéfaction, qui se traduit par l'apparition de nuances rouges de plus en plus accusées : 2,5 YR 4/6 à 4/8 (stade n° 2) puis 2,5 YR 3/6 voire 10 R 4/6 (stade n° 3).

Ces horizons B acquièrent un caractère argillique de plus en plus net aboutissant à la création d'une structure massive à tendance de plus en plus accusée (structure massive de type béton, à allure poudinguiforme avec cailloutis enchassés dans l'argile). Les phénomènes de remplissage d'argile qui commencent à se manifester faiblement dans le stade 2 à la base des horizons B, deviennent plus nets et s'étendent à la plus grande partie des horizons B dans les stades 3, sans qu'apparaissent encoreles phénomènes de col-