



HAL
open science

**Relation société-milieu en domaine sahélien au sud-ouest
du Niger au cours des quatre derniers millénaires :
approche géoarchéologique**

Rodrigue Guillon

► **To cite this version:**

Rodrigue Guillon. Relation société-milieu en domaine sahélien au sud-ouest du Niger au cours des quatre derniers millénaires : approche géoarchéologique. Archéologie et Préhistoire. Université de Bourgogne, 2013. Français. NNT : 2013DIJOL031 . tel-01232030v2

HAL Id: tel-01232030

<https://theses.hal.science/tel-01232030v2>

Submitted on 11 Jan 2016

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.

UNIVERSITE DE BOURGOGNE

UMR 6298 ArTeHiS

THÈSE

Pour obtenir le grade de
Docteur de l'Université de Bourgogne
Discipline : Archéologie

par

Rodrigue Guillon

soutenue publiquement le jeudi 21 novembre 2013

Relation société-milieu en domaine sahélien au Sud-ouest
du Niger au cours des quatre derniers millénaires :
approche géoarchéologique

Directeur de thèse :

Christophe Petit

Codirecteur de thèse :

Zibo Garba

Composition du Jury :

Augustin Holl,	Professeur, Université Paris 10	Rapporteur
Vincent Serneels,	Professeur, Université de Fribourg	Rapporteur
Laurent Lespez,	Professeur, Université Paris Est Créteil	Examineur
Fabrice Monna,	Professeur, Université de Bourgogne	Examineur
Christophe Petit,	Professeur, Université Paris 1 Sorbonne	Directeur de thèse
Zibo Garba,	Maître de conférence, Université de Niamey	Codirecteur de thèse
Jean Louis Rajot,	Chargé de recherche, IRD Bioemco	Coencadrant

À Alicot et aux habitants du Niger,



Vue de Kamalia en 1796-1797 (nord-ouest de Bamako), rapportée par Mango Park (1771-1806), explorateur écossais et premier européen à atteindre le fleuve Niger à la fin du 18^e siècle. Zone d'habitation et activité métallurgique.

Avant-propos et remerciements

Ce sujet de thèse n'aurait pas pu être écrit sans la rencontre et la complicité de trois amis « bourguignons » qui m'ont fait confiance pour entreprendre des travaux de recherche au Niger. Tout ceci a été possible grâce au Professeur Zibo Garba alors Doyen des sciences de l'Université Abdou Moumoumi de Niamey qui en 2006 signe ma convention de stage avec le département de géologie et technique de son université pour une durée de trois mois ; point de départ de cette aventure. Avec toute la bonté et la bienveillance qui le caractérise, il m'a donné toutes les libertés pour mener à bien ce premier séjour qui me conduira jusqu'à cette thèse, je lui réserve toute ma gratitude. La personne sans qui ce thème de recherche n'aurait pas pu être proposé est Christophe Petit que je remercie chaleureusement pour m'avoir donné la possibilité de travailler au Niger et pour m'avoir soutenu dans ma démarche en prenant avec grand intérêt la direction de ma thèse, c'est avec plaisir que j'ai pu partager de bons moments avec lui. Le trio serait incomplet sans Jean Louis Rajot, dont sa curiosité sans limite a été la source de nombreuses réflexions et d'échanges. Sa présence au Niger a été capitale dans la réalisation de cette thèse, il m'a permis de travailler près de deux ans à ses côtés à l'IRD de Niamey sous le statut de volontaire international. Je tiens ainsi à le remercier vivement pour sa disponibilité et le grand intérêt qu'il a toujours accordé à ce sujet de thèse.

Cette thèse s'intègre dans un large programme de recherche, qui a été en très grande partie mis en place par David Sebag. Mes remerciements lui sont tout particulièrement adressés pour m'avoir donné sa confiance et pour m'avoir intégré dès le début dans l'équipe de ce programme.

Je remercie également chaleureusement Vincent Bichet pour sa présence indispensable sur le terrain au cours de deux missions pour lesquelles ses connaissances techniques et scientifiques ont été capitales à la réalisation du volet paléoenvironnemental de cette étude. C'est également avec plaisir que j'ai pu partager de longues discussions et suivre ses nombreux conseils lors des analyses sédimentaires au sein de son laboratoire à l'UMR Chronoenvironnement de l'Université de Franche-Comté à Besançon.

Je remercie particulièrement la direction et les membres du laboratoire ArTeHiS au

sein de l'Université de Bourgogne ainsi que la direction et le personnel de l'IRD de Niamey pour m'avoir accueilli dans leur locaux et apporté les moyens logistiques pour mener à bien ce travail.

Mes plus vifs remerciements sont adressés à Augustin Holl, Vincent Serneels, Laurent Lespez et Fabrice Monna pour avoir accepté de siéger à ce jury de thèse.

Je tiens à remercier sincèrement messieurs Boubé Gado, Abdoulaye Maga, et Oumarou Amadou Idé successivement directeur de l'I.R.S.H. (Institut de Recherche en Science Humaine) de Niamey pour leur accueil au sein de leur institut lors de mon premier séjour au Niger et pour m'avoir fait confiance dans les travaux archéologiques menés sur leur territoire.

Mes pensées les plus sincères vont à Alicot pour les nombreux moments partagés ensemble sur le terrain et pour avoir supporté mes exigences et mes nombreuses sollicitations. Sans lui ce travail n'aurait pas été possible. Je ne pourrais oublier Touré, frère nigérien avec qui j'ai partagé ces années de doctorat aussi bien à Niamey qu'à Dijon.

Je tiens également à saluer et à remercier les personnes rencontrées à Niamey qui ont contribué de près ou de loin à la réussite de ce travail et tout particulièrement Alfari et Abdoulaye Oumarou, Adamou et Amidou. Je pense également aux amis et collègues, Mathieu le Coz, Guillaume Quantin, David Ramier, Fred Metayer, Pierre Sire, Marie Boucher, Hervé Trebossen, puis aux nombreuses autres personnes rencontrées en brousses.

Remerciement amical et technique au duo « d'experts » Benjamin Bohard pour son aide précieuse en SIG et pour toutes ses solutions à mes questions existentielles et Charly Massa pour son soutien logistique aux diverses analyses en laboratoire à Besançon, ainsi que pour le partage de ces expériences groenlandaises et son accueil. Je salue également toutes les personnes rencontrées au sein du labo d'archéo, Emmanuel, Ronan, Marion, Jimmy, Estelle, Jocksy, Lucile, Anthony, Julien, Fred et Eline et toutes les autres avec qui les discussions ont été multiples et variées. Je n'oublie pas les amis du train avec qui les nombreux trajets ferroviaires ont paru moins longs.

Une pensée particulière pour Mme Claudine Garreau et Mr Gérard Bénéteau sans qui je ne serais probablement pas arrivé jusqu'à ce doctorat en archéologie,

et pour mes parents, mon frère et mes familles vendéenne et bourguignonne pour qui ce travail a paru long et parfois bien obscur à leur yeux.

Je ne pourrais finir cette page de remerciements sans dédier toute ma gratitude, mon amour et mes excuses à celle qui m'a accompagnée tout le long de ce périple parcouru dans le flou et l'incertitude. Dévouée et dépendante de ce travail malgré toi, Claire, tu as toute ma reconnaissance pour m'avoir soutenu, et ce dans tous les sens du terme.

Résumé

Le Sahel, milieu compris entre le Sahara et la forêt soudanienne, subit actuellement de grands bouleversements environnementaux. Depuis les sécheresses des années 1970-1980 et la forte croissance démographique, le couvert végétal s'est considérablement dégradé, contribuant à l'augmentation du ruissellement et à l'érosion des sols. À partir de ce constat, nous avons entrepris l'étude des sociétés passées de la région de Niamey afin d'évaluer leur impact sur le milieu.

Le manque de données archéologiques a nécessité de recenser les principaux indices d'occupation au cours du Néolithique et de l'Âge du fer. Outre l'apport de nouveaux éléments de datation pour le site de Kirkissoy, une étude sédimentaire a été réalisée sur un paléo-chenal du fleuve Niger et de nouveaux sites ont été découverts en rive gauche. Pour l'Âge du fer, plusieurs secteurs ont été prospectés de manière exhaustive entre la vallée du fleuve et le Dallol Bosso. Sur les bassins versants de Saga Gorou plusieurs sites d'habitat ont été identifiés et plus de 5000 bas fourneaux à usage unique ont été cartographiés. Ils témoignent d'une activité métallurgique du 4^e au 14^e siècles AD. Les études typologique et spatiale des structures de réduction ont révélé l'existence de différents types de bas fourneaux et d'une répartition spatiale liée au contexte géomorphologique et à la gestion de l'espace de travail. L'étude d'un parcellaire sur les plateaux de Louguel, associé à ces bas fourneaux, a mis en évidence une activité agricole autour de l'an mil. Le bilan de ces données archéologiques a été mis en parallèle avec les données environnementales acquises par l'étude d'un remplissage sédimentaire.

Au cours des quatre derniers millénaires, la région de Niamey et le Sud-ouest du Niger ont été marqués par des changements environnementaux et sociétaux qui ont provoqué une discontinuité de l'occupation humaine.

Mots-clés : Néolithique sahélien, métallurgie du fer, parcellaire agricole, érosion des sols, analyse sédimentaire, vallée du Niger, Niamey.

Abstract

The Sahel, a zone between the Sahara Desert and the Sudan forests, is currently experiencing major environmental changes. Since the droughts in 1970s and 1980s, and with the high population growth rate, vegetation cover has deteriorated considerably, contributing to increased runoff and soil erosion. Starting from this observation, we undertook the study of past societies in the Niamey region, to assess their impact on the environment.

The lack of archaeological data meant that it was necessary to identify key indicators of occupation during the Neolithic and the Iron Age. In addition to providing new evidence to date the Neolithic site of Kirkissoy, a sedimentary study was conducted on a palaeo-channel of the River Niger and new sites were discovered on the left bank. For the Iron Age, several sectors between the Niger valley and the Dallol Bosso valley were prospected exhaustively. In the catchment area of Saga Gorou, several habitat sites were identified and more than 5,000 single use bloomery furnaces were mapped. They provide evidence of metallurgical activity from the 4th to 14th centuries AD. Typological and spatial analysis show the existence of several types of furnaces and their spatial distribution is linked to workspace management and the geomorphological context. As well as these bloomery furnaces, an agricultural system with plot boundaries was identified and studied on the lateritic plateaus of Louguel. It shows intensive agricultural activity around the year one thousand. These archaeological data are compared with environmental data obtained by the study of the sedimentary record.

Over the past four thousand years, the Niamey region and southwestern Niger have been marked by environmental and societal changes, resulting in discontinuous human occupation.

Keywords: Sahelian Neolithic, iron smelting, agricultural plots, soil erosion, sedimentary analysis, Niger valley, Niamey

Sommaire

<i>Avant-propos et remerciements</i>	5
<i>Résumé</i>	9
<i>Abstract</i>	11
<i>Sommaire</i>	13
<i>Introduction générale</i>	17
1. Problématique socio-environnementale	17
2. Origine et historique du sujet de recherche	20
3. Structure de la thèse.....	22
I APPROCHE GÉOARCHÉOLOGIQUE DES SOCIÉTÉS SAHÉLIENNES DANS LEUR CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL : ÉTAT DES LIEUX ET MÉTHODOLOGIE	23
1 <i>Le contexte environnemental des peuples sahéliens ouest-africains</i>	25
1. Cadre géographique	25
2. Contexte géopolitique, ethnique et démographique	29
3. Géologie du Sud-ouest du Niger	31
4. Contexte géomorphologique	37
5. Climat et végétation actuels	43
6. L'eau : un élément vital au cœur du Sahel	55
7. Présentation des sites d'étude.....	61
2 <i>Dynamique sociétale en Afrique de l'Ouest</i>	65
1. Brève histoire de l'archéologie ouest-africaine	65
2. Le Néolithique du Sud-ouest du Niger dans le contexte africain	70
3. L'Âge du fer.....	80
4. L'empire Songhay et la période précoloniale : 15 ^e -19 ^e siècles	101
3 <i>Données paléoenvironnementales et variations paléoclimatiques depuis le dernier maximum glaciaire</i>	105
1. Introduction	105
2. Des phases climatiques arides	108

3. Le « Sahara vert », la Période Humide Africaine (14 500 – 5 500 cal BP)	109
4. Fin de la Période Humide Africaine 5 500 – 3 000 cal BP	113
5. Mise en place du climat actuel à partir de 3 000 cal BP	115
6. Conclusions	121
4 Les relations sociétés - Sahel dans la région du Sud-ouest du Niger ...	123
1. La démarche adoptée	123
2. Méthodes générales	125
3. Orientation du plan	127
II DYNAMIQUE SOCIO-ENVIRONNEMENTALE DU NÉOLITHIQUE DANS LA RÉGION DE NIAMEY	131
5 Kirkissoy et son environnement.....	135
1. Contexte géographique	135
2. Contexte archéologique	135
3. Le site et le fleuve Niger	137
4. Conclusions	148
6 De nouveaux sites néolithiques dans la vallée du fleuve Niger	149
1. Introduction	149
2. Le Néolithique dans les bassins versants de Saga Gorou	149
3. L'île de Boubon	163
7 Bilan diachronique du Néolithique dans les environs de Niamey.....	167
1. Avant 1750 cal BC, une région très peu peuplée	167
2. 1750 - 1000 cal BC, une occupation néolithique dense	167
3. Le 1 ^{er} millénaire avant notre ère : une période de transition floue	172
III LES SOCIÉTÉS DE L'ÂGE DU FER DANS LEUR CADRE ENVIRONNEMENTAL DEPUIS LE PREMIER SIÈCLE DE NOTRE ÈRE.....	175
8 Des sites d'habitat contemporains de l'activité de métallurgie du fer... 	179
1. Des artefacts archéologiques abondants découverts en prospection	179
2. Localisation et contexte archéologique.....	179
3. Le mobilier céramique	183
4. Le mobilier métallique.....	197
5. Conclusion	205
9 Les sites sidérurgiques	207
1. Introduction	207

2. Recensement des bas fourneaux	207
3. Le corpus archéologique	215
4. Les bas fourneaux : sondages archéologiques, étude typologique et datations	229
5. Analyse spatiale des bas fourneaux à l'échelle du bassin versant.....	265
6. Analyse spatiale de deux fortes concentrations	272
7. Une production locale du fer	285
10 <i>Un parcellaire ancien aménagé sur les plateaux de Louguel</i>	287
1. Introduction	287
2. Cadre géographique et localisation	289
3. Un sol et des structures de pierres sèches.....	289
4. Utilisation des sols : essai de détermination par dosage du ¹³ C	295
5. Organisation spatiale des structures de pierres	299
6. Érosion des talus	311
7. Conclusion	313
11 <i>Archives sédimentaires : Etude de la séquence de Tondi Gamey</i>	315
1. Introduction	315
2. Le complexe limnique de Saga Gorou.....	316
3. Méthodes	317
4. Résultats	319
5. Discussions	323
6. Conclusion	325
12 <i>Evolution de l'anthroposystème de la vallée du Niger dans les environs de Niamey au cours de l'Âge du Fer</i>.....	327
1. Du néolithique à l'Âge du fer.....	327
2. 300-1400 AD : une période et une région marquées par la métallurgie du fer	329
3. L'empire songhay.....	332
4. La chute de l'empire et la période précoloniale	333
5. Du 19 ^e siècle à 1950 : un territoire nouvellement conquis.....	333
6. 1950-2010 : une pression anthropique très élevée	334
<i>Conclusion générale</i>	337
<i>Références bibliographiques</i>	345
<i>Table des matières</i>	385
<i>Table des figures</i>	395
<i>Table des tableaux</i>	403
<i>Annexes</i>	405

Introduction générale

1. Problématique socio-environnementale

Étudier les interactions entre l'Homme et le milieu dans lequel il évolue, demande une connaissance approfondie et pluridisciplinaire de l'environnement sur le temps long. La région sahélienne, bande aride qui s'étend sur la largeur du continent africain entre le Sahara au nord et la forêt soudanienne au sud, est principalement contrôlée par des facteurs climatiques. S'ils sont aujourd'hui connus, les rôles de chacun sont mal identifiés en raison de la complexité avec laquelle ils interagissent. La modification de l'un de ces paramètres (pluviométrie, couverture végétale, température, vent...) déstabilise le climat, et les conséquences sont perceptibles par une réponse rapide du milieu (sécheresse, dégradation du couvert végétal, érosion des sols) occasionnant pour la région de grandes variations climatiques. Le climat subsaharien est difficilement modélisable en raison des interactions importantes au sein du système océan-terre-atmosphère. Cette particularité constitue un grand intérêt et un défi pour la compréhension du climat pour les climatologues qui, depuis une vingtaine d'années, ont fait du Sahel une zone d'étude scientifique de première importance. Les programmes internationaux HAPEX-Sahel (Hydrological and Atmospheric Pilot EXperiment in the Sahel) et AMMA (Analyses Multidisciplinaires de la Mousson Africaine) ont ainsi étudié la mousson ouest-africaine qui est l'un des facteurs dominant sur le contrôle du climat. Au cours des soixante dernières années, la zone sahélienne a connu de grandes sécheresses qui sont principalement liées à la variabilité saisonnière de cette mousson. La moindre déstabilisation climatique occasionne une forte réaction du milieu, mais cela est sans compter le facteur Homme. Étudier aujourd'hui une zone géographique, comme le Sahel, dans son ensemble et comprendre son environnement nécessite de prendre en compte les facteurs climatiques, géomorphologiques et sociétaux. Les géographes et les géologues parlent alors de géosystème, qui se définit comme une combinaison territoriale bien délimitée, dans laquelle interagissent les éléments abiotiques (roche, air et eau), les éléments biotiques (animaux et végétaux) et des éléments anthropiques (Bertrand & Bertrand, 2000).

Pour rendre une place plus prépondérante à l'Homme sur le milieu, certains archéologues et paléoenvironnementalistes utilisent le terme d'anthroposystème.

Ceci est un système interactif entre deux ensembles constitués par un (ou des) socio(système(s) et un (ou des) écosystème(s) naturel(s) et/ou artificialisé(s) s'inscrivant dans un espace géographique donné et évoluant avec le temps (Muxart *et al.*, 2003). L'anthroposystème est donc un système complexe, né de la relation entre les sociétés et le milieu, et dont le fonctionnement et l'évolution ne peuvent être compris que par l'observation et la compréhension des interactions entre processus naturels et dynamiques sociales (Burnouf & Leveau, 2004).

Depuis l'optimum climatique holocène, vers 14 000 cal BP, les régions sahélienne et saharienne ont été occupées par l'Homme selon les contextes climatiques et environnementaux. Sa présence est attestée par les gisements de surface, de débitage de quartz et de tessons de céramiques et par les nécropoles qui peuvent témoigner de la densité de population dans ces zones aujourd'hui désertiques (Quéchon & Roset, 1974 ; Paris, 1984 ; Grébénart, 1985 ; Raimbault & Sanogo, 1991 ; Vernet, 2000 ; Durand *et al.*, 1999 ; Sereno *et al.*, 2008). Même si l'Homme néolithique s'adapte à des conditions climatiques contraignantes (Jousse, 2006), il migrera progressivement vers le sud pour fuir la désertification de son milieu. S'ensuit la période de « l'âge du fer » et « l'époque médiévale »¹, pour lesquelles les données archéologiques sont assez disparates à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest ; les zones historiquement riches et importantes ont cependant été étudiées (Devisse & Vernet, 1993 ; Vernet, 1996, 2000 ; Haour, 2003 ; Bazzana & Bocoum, 2004 ; Ogundiran, 2005), mais de grandes lacunes dans l'espace et le temps restent à documenter. Les connaissances archéologiques, historiques et ethnographiques pendant les grands empires africains montrent une histoire complexe et tourmentée (Gado, 1980). Les grands ensembles sidérurgiques, comme la région de Bassar au Togo (De Barros, 1986, 1988), celle du Bwamu au Burkina Faso (Coulibaly, 2006) ou encore le pays dogon au Mali (Robion-Brunner, 2010), illustrent l'activité quasi industrielle de la métallurgie du fer qui par les besoins en ressources minières et en combustibles a eu un impact non négligeable sur le milieu ; la déforestation, l'excavation et les haldes minières ont transformé le milieu. Quant aux travaux agricoles anciens, encore peu étudiés en Afrique subsaharienne, ils ont nécessité d'aménager et de modeler le paysage pour rendre les terres cultivables (Camps, 1960).

1] La terminologie des périodes qui fait référence à la chronologie européenne ne peut pas être directement appliquée au continent africain sans tenir compte de ses spécificités. Plusieurs auteurs (Joussaume, 2003 ; Bazzana, 2004) s'accordent pour qu'un consensus soit défini afin de résoudre ces divergences chronologiques.

L'homme a probablement modifié le paysage sahélien comme il a pu le faire en Europe où aucun élément du paysage n'est naturel (Girel, 2006). En effet pour l'écologie, un paysage est un ensemble d'écosystèmes interactifs, liés à l'anthropisation des milieux caractérisés par des assemblages végétaux et animaux (Girel, 2006, p13). L'écologie et l'archéologie sont ainsi liées, Briggs *et al.* (2006) ont ainsi démontré que d'anciens travaux agricoles, bien que minimes, ont pu transformer l'écosystème sur du très long terme.

Depuis 8 000 ans en France et près de 10 000 ans au Proche Orient (Guilaine, 2000) l'Homme a ainsi aménagé et modifié son territoire pour créer un espace anthropisé, qui résulte d'une succession d'actions menées sur le temps long par les sociétés en fonction de leurs besoins et de leurs moyens (Leveau *et al.*, 2000).

Pour les périodes récentes, l'impact des sociétés sahéliennes sur leur milieu est plus visible. Suite à une décennie de sécheresse (1970-1980) et une croissance démographique très élevée dans les années qui suivirent, Leblanc *et al.* (2008) constatent que 80% de la surface végétale a été détruit entre 1950 et 1992 par le manque de pluviométrie, mais également par l'Homme qui a développé ces surfaces agricoles et a ramassé du bois pour la cuisson. Les auteurs démontrent par la suite que ce défrichage a eu un impact direct sur le ruissellement dont la conséquence est l'érosion des sols, mesurable par le développement des ravines qui détruisent les terres agricoles. La densité de surface des ravines a ainsi été multipliée par 2,5. Malgré la dégradation rapide du paysage, en moins d'une génération, le peuple sahélien a encore très peu pris conscience des conséquences qui résultent de l'exploitation intensive de son milieu très fragile.

La notion d'environnement anthropisé ancien au Sahel est difficile à concevoir, car peu d'études y sont encore consacrées (cas de la vallée du Yamé dans le pays dogon, Le Drezen, 2008). L'archéologie en Afrique est encore très orientée vers les problématiques sociétales où les études environnementales sont secondaires ou restreintes à un territoire ; or pour reconstituer l'histoire d'une société, l'environnement doit y être pleinement intégré. Il paraît alors plus cohérent d'étudier une histoire de l'environnement qui inclut l'Homme. Ainsi, les périodes où celui-ci est peu présent voire absent, couramment délaissées par les archéologues, sont intégrées à l'étude des sociétés, car sur le temps long elles sont indispensables pour comprendre l'enchaînement des causalités et pour reconstituer les processus de changement de l'environnement (Arnauld, 2000). En l'absence de données historiques, seul le recours à des études en archéologie spatiale et en paléoenvironnement permet de quantifier

l'impact anthropique et d'estimer les fluctuations dans l'occupation du sol et dans les modes agropastoraux (Berger, 2000).

2. Origine et historique du sujet de recherche

Le choix d'étudier les environs de Niamey pour mettre en évidence l'anthropisation du Sahel fait suite à une longue réflexion pour satisfaire les objectifs scientifiques que nous nous sommes fixés et pour garantir l'accessibilité du terrain d'étude dans l'environnement difficile du Sahel. Les premières recherches ont débuté en 2006 au cours de mon second stage de DESS en Archéosciences de Dijon, qui s'est déroulé à l'Université Abdou Moumouni de Niamey sous la direction de Zibo Garba, Christophe Petit, Jean-Louis Rajot et David Sebag. Deux secteurs géographiques ont été choisis pour leur intérêt sédimentologique, afin d'obtenir des séquences d'enregistrement sédimentaire permettant de mesurer les changements environnementaux imputables à l'homme ou au climat. Le premier secteur se trouve en rive droite du fleuve à 150 km au nord-ouest de Niamey dans un environnement lacustre sur les bassins versants des lacs endoréiques de Kokorou et Namga. Ces lacs ont été choisis en raison du contexte géomorphologique et archéologique. Ils sont barrés au nord par une dune qui semble avoir interrompu un système fluvial ancien. Le contexte archéologique est quant à lui connu par les premières prospections de R. Vernet (1996) qui met en évidence une occupation du site dès le néolithique. Le second site est à moins de 30 km au nord de Niamey, dans le village de Boubon sur la rive gauche du fleuve. Un carottage dans un niveau argileux exploité par les potières pour la qualité de l'argile a mis en évidence la présence d'un paléo-chenal dont le remplissage présente un intérêt paléoenvironnemental. Une occupation ancienne a été mise au jour sur l'île de Boubon par la présence de nombreux polissoirs et meules fixes façonnés sur les roches en affleurement (Guillon, 2008) et par les nombreux éclats de quartz et de tessons des périodes néolithiques et historiques. Ces premières études ont révélé la difficulté de trouver des séquences sédimentaires exploitables en paléoenvironnement corrélables avec les activités humaines anciennes. Les niveaux argileux rencontrés dans ces deux sites ont finalement montré peu d'intérêt pour notre étude car ils étaient très bioturbés.

Ces premiers travaux ont ainsi intégré le projet CORUS² 2 n° 6116 intitulé « Impacts anthropiques et climatiques sur la dynamique éolienne et les aérosols terrigènes », mené en collaboration avec les universités de Rouen (UMR 6143 M2C), Dijon (UMR 6298 ArTeHiS), Niamey (Niger) et Ngaoundéré (Cameroun). La création de ce programme a permis d'élaborer sur le Niger une thématique de recherche sur l'impact

2] COopération pour la Recherche Universitaire et Scientifique

de l'Homme sur son environnement sur plusieurs échelles de temps. Ainsi, deux thèses ont été engagées et menées à terme, l'une sur les conséquences de la mise en culture actuelle sur la dynamique sédimentaire éolienne et hydrique menée par Amadou Abdourhamane Touré (soutenue en juin 2011) ; l'autre sur l'impact des activités humaines sur le milieu sahélien au cours de l'Holocène que je vous propose. Suite au dépôt de ce projet et dans l'optique de la thèse, un poste de volontaire international m'a été proposé à l'IRD (Institut de Recherche pour le Développement) de Niamey au sein de l'UR 176 Solutions, aujourd'hui UMR 211 Bioemco, sous la direction de Jean-Louis Rajot. Au cours de la première année, j'ai parcouru une grande partie du sud-ouest nigérien pour rechercher un terrain d'étude selon un cahier des charges bien établi. Le site d'étude devait se situer au plus près de Niamey (moins de 150 km), être autour d'un lac ancien et en eau permanente depuis au moins plusieurs décennies pour l'enregistrement des périodes récentes et une occupation humaine sur le temps long devait être confirmée sur le bassin versant.

Après plusieurs options retenues dans la vallée du Dallol Bosso, nous avons préféré établir notre terrain d'étude principal sur les bassins versants des lacs de Saga Gorou à moins de 15 km du centre de Niamey en rive gauche du fleuve Niger. Ils ont été découverts à travers le hublot lors d'un atterrissage à l'aéroport de Niamey situé à proximité. Les premières missions sur le terrain ont confirmé l'intérêt de ce site qui se compose de deux lacs permanents aux fonctionnements sédimentaires nettement différents et d'un lac temporaire. Les premières prospections archéologiques de ces bassins versants ont révélé une forte présence humaine et les échanges avec la population locale ont permis de connaître l'histoire récente de la région. Les terres ont été mises en culture au cours des 50 dernières années et elles subissent depuis une forte pression exercée par la croissance démographique de Niamey. L'Homme semble ainsi présent dès le néolithique ainsi qu'à « l'âge du fer ». Les preuves archéologiques les plus visibles attestant d'une présence humaine ancienne sont les scories que l'on compte par milliers.

Trois missions de carottages ont été menées en février et juillet 2008 et en décembre 2009 sur les trois lacs près de Niamey et dans un lac du Dallol Bosso. Une dizaine de prélèvements a été réalisée, mais seules les séquences de Tondi Gamey atteignent les niveaux anciens et sont présentés dans le cadre de ma thèse ; les autres ont été en partie analysés dans d'autres thèses intégrant le programme CORUS.

3. Structure de la thèse

La thèse est composée de quatre parties. La première est consacrée au cadre général qui présente le contexte géographique, environnemental, sociétal et archéologique du Sud-ouest du Niger ainsi que la démarche et les méthodes générales utilisées. Les idées essentielles sont mises en encart et suivies d'une ouverture sur la problématique. Les deux parties suivantes sont organisées chronologiquement, l'une aborde la période néolithique dans son contexte environnemental et la seconde concerne la période historique axée sur les activités métallurgique et agropastorale et leurs conséquences sur le milieu sahélien. La quatrième partie constitue une conclusion générale.

Première partie

Approche géoarchéologique des sociétés sahéliennes dans leur contexte environnemental : état des lieux et méthodologie

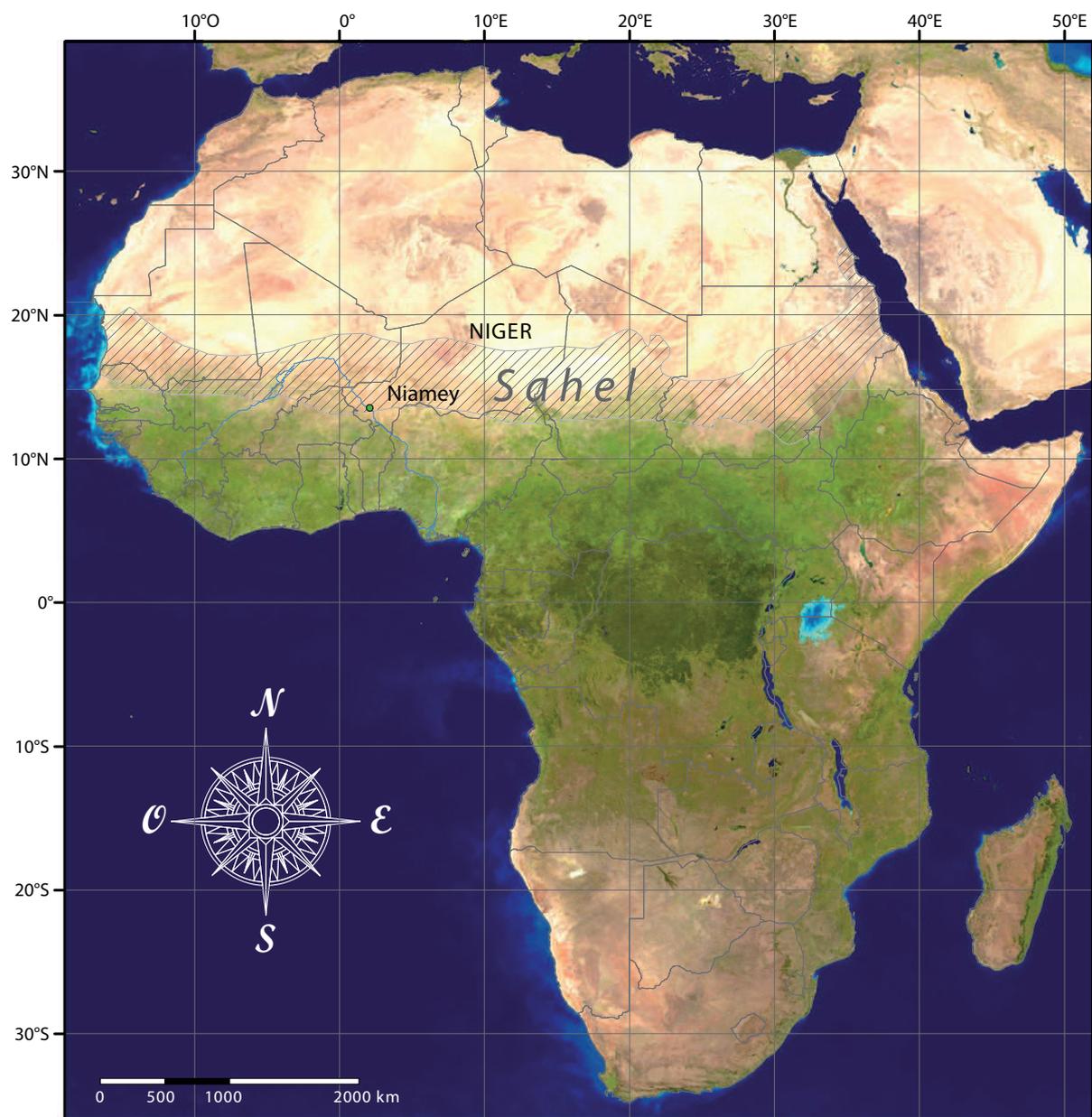


Figure I.1. Photographie satellitaire du continent africain (NASA – Geological Survey ; couleurs réelles) et localisation de la zone sahénienne en hachure (selon White, 1986), du fleuve Niger et de la ville de Niamey, au centre de notre secteur d'étude.

Premier chapitre

Le contexte environnemental des peuples sahéliens ouest-africains

1. Cadre géographique

Notre zone d'étude est actuellement au cœur du Sahel cultivé. Elle est située au sud-ouest du Niger, pays enclavé entre la Libye, l'Algérie et le Mali au nord, le Tchad à l'est, le Nigeria et le Bénin au sud et le Burkina Faso à l'ouest. C'est l'un des grands pays d'Afrique de l'Ouest dont la superficie est essentiellement occupée par le Sahel. Cette bande climatique et floristique tampon, large de plus de 300 km assure la transition entre le désert du Sahara au nord et la forêt soudanienne au sud. Elle traverse l'ensemble du continent sur 6 000 km de long depuis l'Océan Atlantique jusqu'à la Mer Rouge (Figure I.1).

Le sud-ouest du pays est parcouru du nord au sud par le fleuve Niger, en bordure duquel est implantée la capitale Niamey (13°31'N, 2°26'E) (Figure I.2). Notre zone d'étude se situe plus précisément entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso, large paléo-rivière, ancien affluent de la rive gauche du fleuve (Figure I.3). La topographie de cette région, comprise entre les villes de Tillabéry (14°13'N, 1°27'E) et de Baleyara (13°47'N, 2°57'E) au nord, et de Say (13°06'N, 2°22'E) et de Birni N'Gaouré (13°05'N, 2°54'E) au sud, est principalement marquée par la large vallée du fleuve. La région est par ailleurs caractérisée par de grands plateaux de faible altitude, séparés par de larges vallées sableuses parcourues par des ravines dont l'écoulement est événementiel. Des lacs temporaires ou permanents occupent actuellement les bas-fonds (Figure I.4).

Première partie

Approche géoarchéologique des sociétés sahéniennes dans leur contexte environnemental : état des lieux et méthodologie

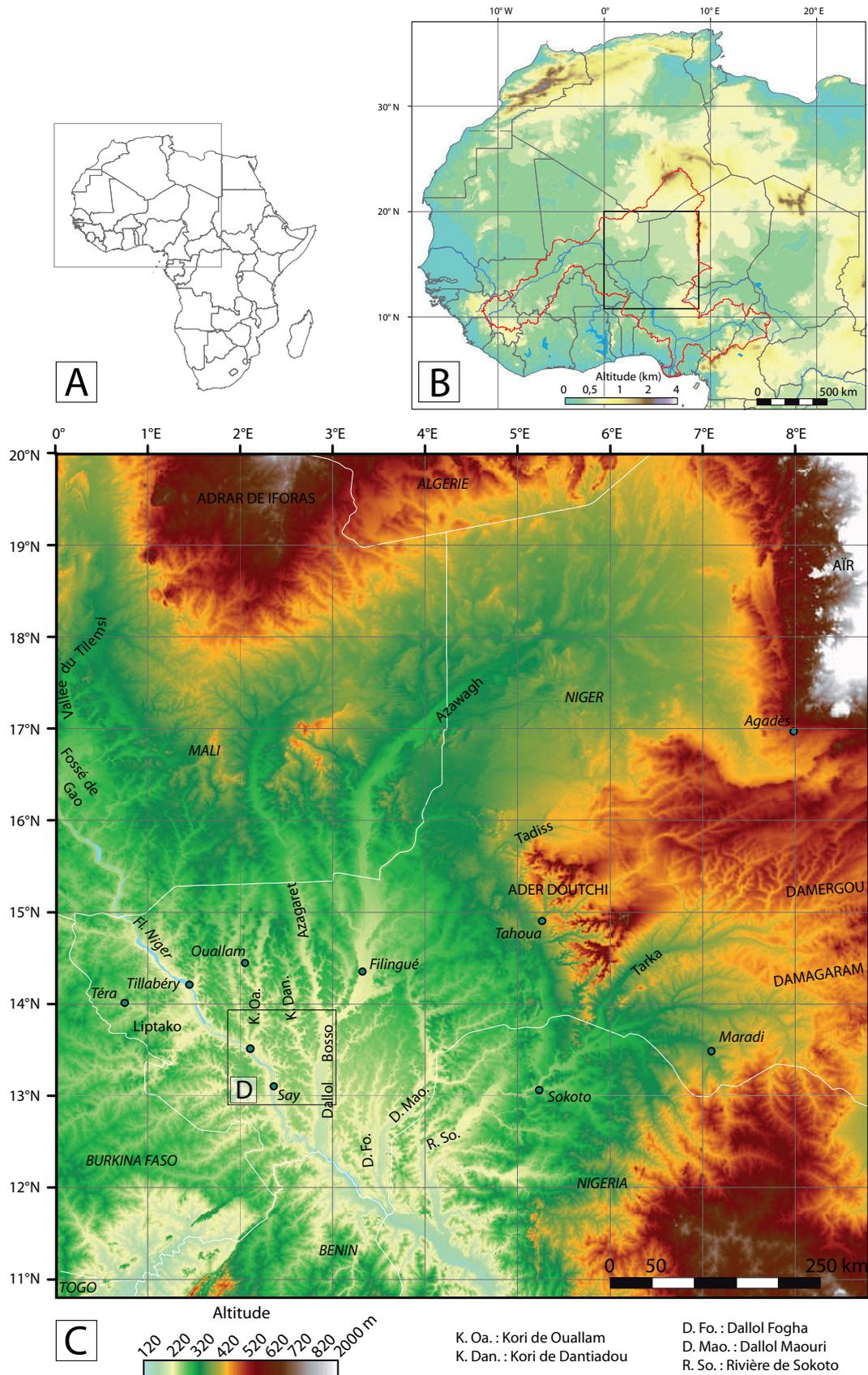


Figure I.2. Carte générale de localisation

A- Le continent africain. **B**- L'Afrique de l'Ouest ; le liseré rouge délimite le bassin versant théorique du fleuve Niger. **C**- Topographie (NASA-SRTM 90m) et toponymie de l'ouest du Niger. **D**- Zone détaillée (Figure I.3)

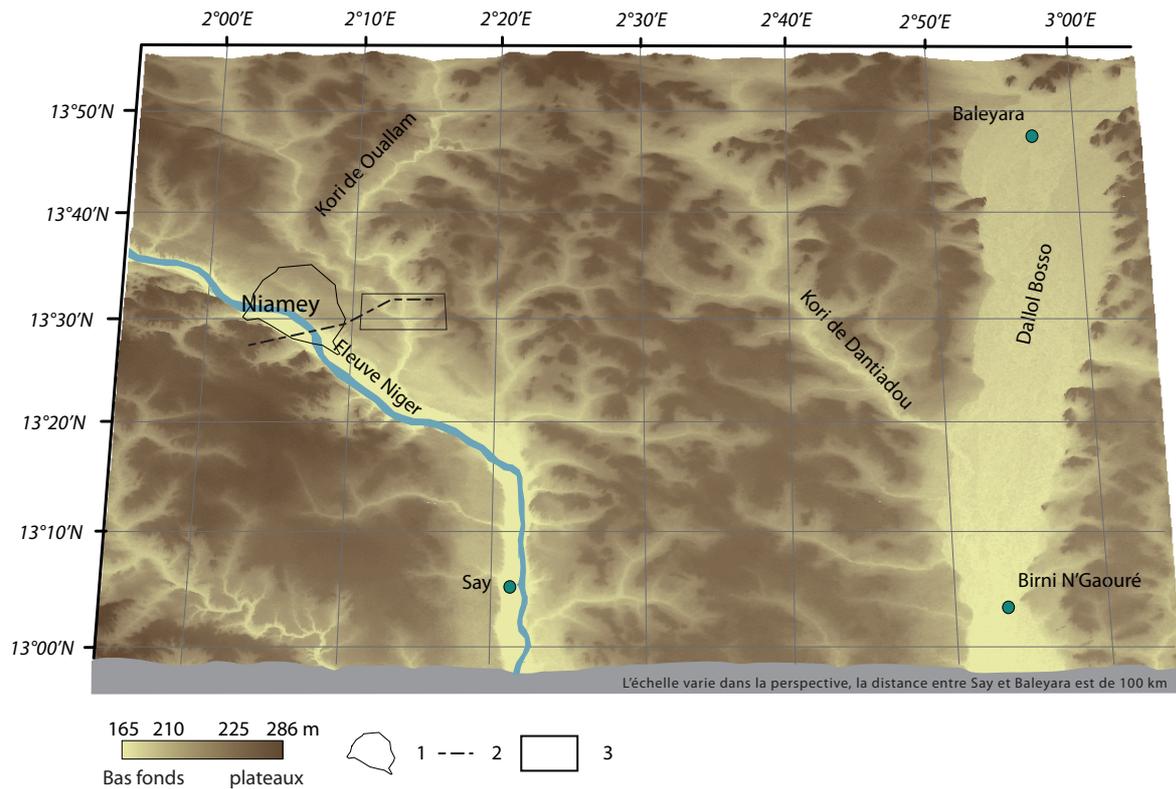


Figure I.3. Zone d'étude entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso (topographie NASA-SRTM 90m)
1 : Zone urbaine de Niamey ; 2 : Coupe géomorphologique (Figure I.10) ; 3 : Bassins versants de Saga Gorou (Figure I.4)

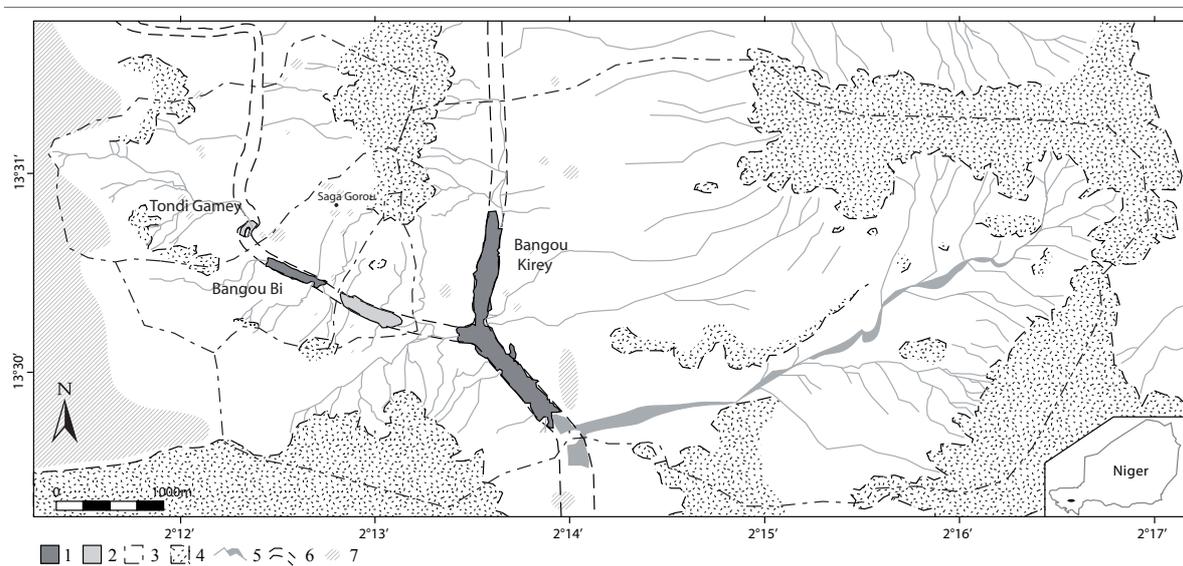


Figure I.4. Localisation des bassins versants de Saga Gorou
1 : Lac permanent ; 2 : Lac temporaire ; 3 : Limite des bassins versants ; 4 : Plateaux et haut et moyen glacis cuirassés ; 5 : Ravines ; 6 : Réseau fluvial ancien ; 7 : Habitats actuels



Figure I.5. Niamey, le village (1928-1930) (fond iconographique des Archives Nationales d'Outre-Mer ; cote FR CAOM 30Fi20/40)

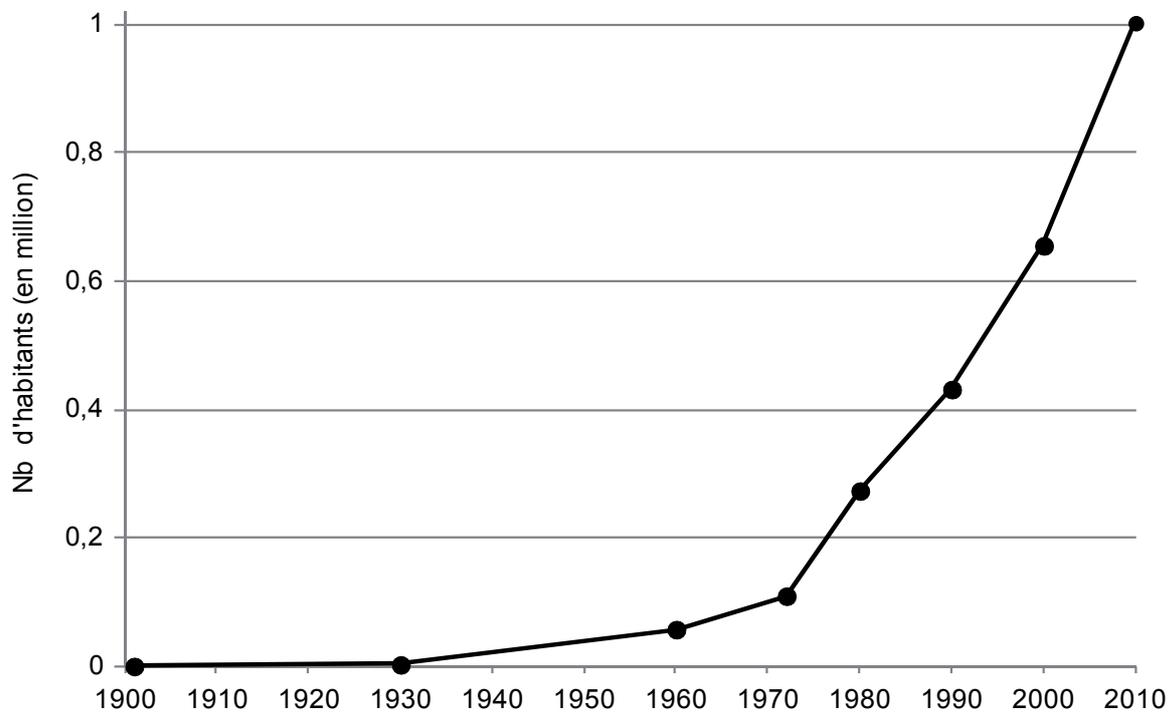


Figure I.6. Evolution de la population à Niamey entre 1900 et 2010 (Guengant, 2011)

2. Contexte géopolitique, ethnique et démographique

Les frontières du Niger ont été tracées sous l'autorité coloniale française au début du 20^e siècle. Après les premiers explorateurs européens, les territoires du Moyen Niger deviennent un territoire militaire autonome dont le siège est créé à Zinder, en 1899. Ce territoire est par la suite intégré dans la colonie du Haut-Sénégal-Niger en 1904 qui dépendra directement du gouverneur général de l'Afrique Occidentale Française à partir de 1911. Il devient territoire civil en 1921 puis colonie, membre de l'Afrique Occidentale Française, en 1922. Le chef-lieu est transféré à Niamey en 1926 alors que cette localité n'était qu'un poste avancé militaire dans un village de pêcheurs (Figure I.5) en bordure du fleuve Niger. Par la suite, le Niger devient successivement une colonie française jusqu'en 1946, un territoire d'outre-mer de 1946 à 1958, une république autonome au sein de la Communauté Française en 1958 et une république indépendante depuis 1960¹.

Le pays regroupe essentiellement six ethnies réparties sur le territoire qui couvre 1 267 000 km². Les Haoussa sont les plus nombreux, ils occupent principalement le centre du pays et sont plutôt urbains. Ils sont également connus pour leur esprit commerçant. Les Zarma-Songhaï sont présents dans la vallée du fleuve Niger et notamment sur la rive gauche jusqu'au Dallol Bosso, ils pratiquent soit la pêche soit l'agriculture et furent de grands guerriers à l'époque précoloniale (Olivier de Sardan, 1984). Les Peuls sont répartis sur l'ensemble du pays, bien qu'ils ne représentent que 10% de la population ; ils sont nomades et pratiquent essentiellement l'élevage (Sellier, 2005). Les Touaregs, dont la plupart sont également nomades, occupent la zone saharienne où ils pratiquent essentiellement l'élevage ; suite aux sécheresses qui ont décimé leurs troupeaux, certains se sont installés en ville où ils sont le plus souvent devenus artisans d'art (Bernus, 1993). Les Gourmantché, regroupés en rive droite du fleuve à la frontière du Burkina Faso, et les Kanori, répartis autour du Lac Tchad à l'est du pays, sont les deux ethnies minoritaires du Niger, mais elles couvrent de plus grands territoires au-delà de ses frontières (Sellier, 2005).

En 2011, le Niger était le deuxième pays le plus pauvre de la planète selon le classement de l'indice de développement humain². La population est évaluée, en 2010, à plus de 15 millions d'habitants avec un taux de croissance annuel de 3,4%. A Niamey, plus

1] Archives nationales d'outre-mer. <http://anom.archivesnationales.culture.gouv.fr/ark:/61561/sk980ezi>

2] Programme des Nations Unies pour le développement. <http://hdr.undp.org/fr/statistiques/ipm/> ;
http://hdr.undp.org/en/media/HDR_2011_FR_Table5.pdf

d'un million d'habitants ont été recensés (Figure I.6) et la population rurale est estimée à 82,9% (Guengant, 2011). La forte croissance démographique entraîne dans la zone sahénienne une forte pression anthropique sur les milieux agricoles et forestiers qui fragilise encore plus la sécurité alimentaire précaire de ces populations (Banoïn & Guengant, 1998 ; Chamard & Courel, 1999). Les projections pour les années 2030 et 2050 de la population à Niamey sont respectivement comprises entre 2,6 et 2,8 millions et entre 6 et 8,5 millions (Guengant, 2011).

Historiquement, au cours de la première moitié du deuxième millénaire de notre ère, le nombre d'habitant au Sahel a été estimé à plusieurs dizaines de millions durant la période des empires africains, mais Giri (1994) juge ces chiffres excessifs étant donné la partialité des auteurs³. Plus localement, de nombreux flux migratoires, liés à la guerre ou aux maladies ont affecté la population de cette région. Au cours du 16^e siècle, la courbe de la population ouest-africaine et plus largement subsaharienne a atteint un pic, qui a été suivi d'une forte chute, divisant par 4, selon Diop-Maes (1985), le nombre d'habitants sur le continent en trois siècles, bien que les territoires enclavés aient été moins affectés ; cette décroissance est largement imputable aux pratiques esclavagistes.

Le Niger est un pays multiethnique qui a connu de grandes vagues de migration, chaque peuple ayant une fonction sociale qui lui est propre.

Depuis 40 ans, la croissance démographique est exponentielle ; la surpopulation est une menace pour l'équilibre précaire établi entre l'Homme et le milieu sahélien.

Quelles sont les grandes périodes d'occupation ?

La région de Niamey a-t-elle été occupée de manière continue depuis le néolithique ?

3] Les chiffres de la population ancienne ont été obtenus de manière hasardeuse et surestimés soit par les auteurs antiques pour impressionner les peuples voisins soit par des auteurs contemporains qui ont eu la volonté de montrer que la population d'Afrique Noire avait été décimée par la traite négrière.

3. Géologie du Sud-ouest du Niger

La zone d'étude couvre la marge ouest du bassin sédimentaire des lullemeden⁴ qui est l'un des bassins intracontinentaux du vaste craton ouest-africain (Figure I.7).

Ce bassin s'étend sur une superficie de 600 000 km², le remplissage atteint au plus, près de 2 000 m d'épaisseur ; la série sédimentaire couvre les périodes allant du Cambrien au Quaternaire (Figure I.8). Le bassin sédimentaire des lullemeden est bordé au nord par les massifs cristallins précambriens du Hoggar, de l'Aïr et de l'Adrar des Iforas, à l'est par le ressaut marqué par l'axe Aïr-Damagaram, au sud par le bouclier nigérian et à l'ouest par un faisceau de failles qui engendre une discordance avec le socle cristallin du Liptako. Le bassin communique avec celui de Taoudenni à l'ouest par le fossé de Gao et la vallée du Tilemsi et à l'est avec le bassin du Tchad par le large seuil du Damergou.

Sur des dépôts à dominance détritique datés entre le Permien et le Cénomanién inférieur, cinq transgressions marines post-paléozoïques ont recouvert le bassin des lullemeden (Figure I.9). Les trois premières, au cours du Crétacé supérieur, pénètrent par l'Aïr dont la surrection tardi-Maestrichtienne a contraint les deux transgressions suivantes datées du Paléocène à passer par le fossé de Gao après son effondrement (Dubois & Lang, 1981).

Les dépôts forment une succession de calcaires à *Libyoceras* et de niveaux alternant grès et argiles (Csc) au crétacé, alors que des marnes et des calcaires plus ou moins argileux constituent les niveaux du Paléocène. L'Éocène est, quant à lui, marqué par une stratigraphie constituée d'argilo-siltites et d'oolithes ferrugineuses (Greigert, 1966) ; ces dépôts seront en partie altérés. Après une lacune stratigraphique présumée à l'Oligocène, un épandage détritico-argilo-silteux résultant du démantèlement du manteau d'altération se met en place ; des bancs d'oolithes ferrugineux sont interstratifiés au sommet de ce dépôt. Les derniers niveaux constituent alors la série basale du Continental terminal (Greigert, 1966) dont la sédimentation s'est mise en place durant le Miocène-Pliocène et atteint au plus 450 m d'épaisseur.

Le Continental terminal est composé de trois séries : la série sidérolithique (Ct1) caractérisée par plusieurs niveaux d'oolithes ferrugineuses, qui est, à l'ouest, en discordance sur les altérites développées sur le socle antécambrien ; la série argilo-sableuse à lignites (Ct2) qui affleure au nord du bassin des lullemeden ; la série des

4] Nom provenant d'une importante fédération touareg nomade qui occupe la région (Radier, 1953)

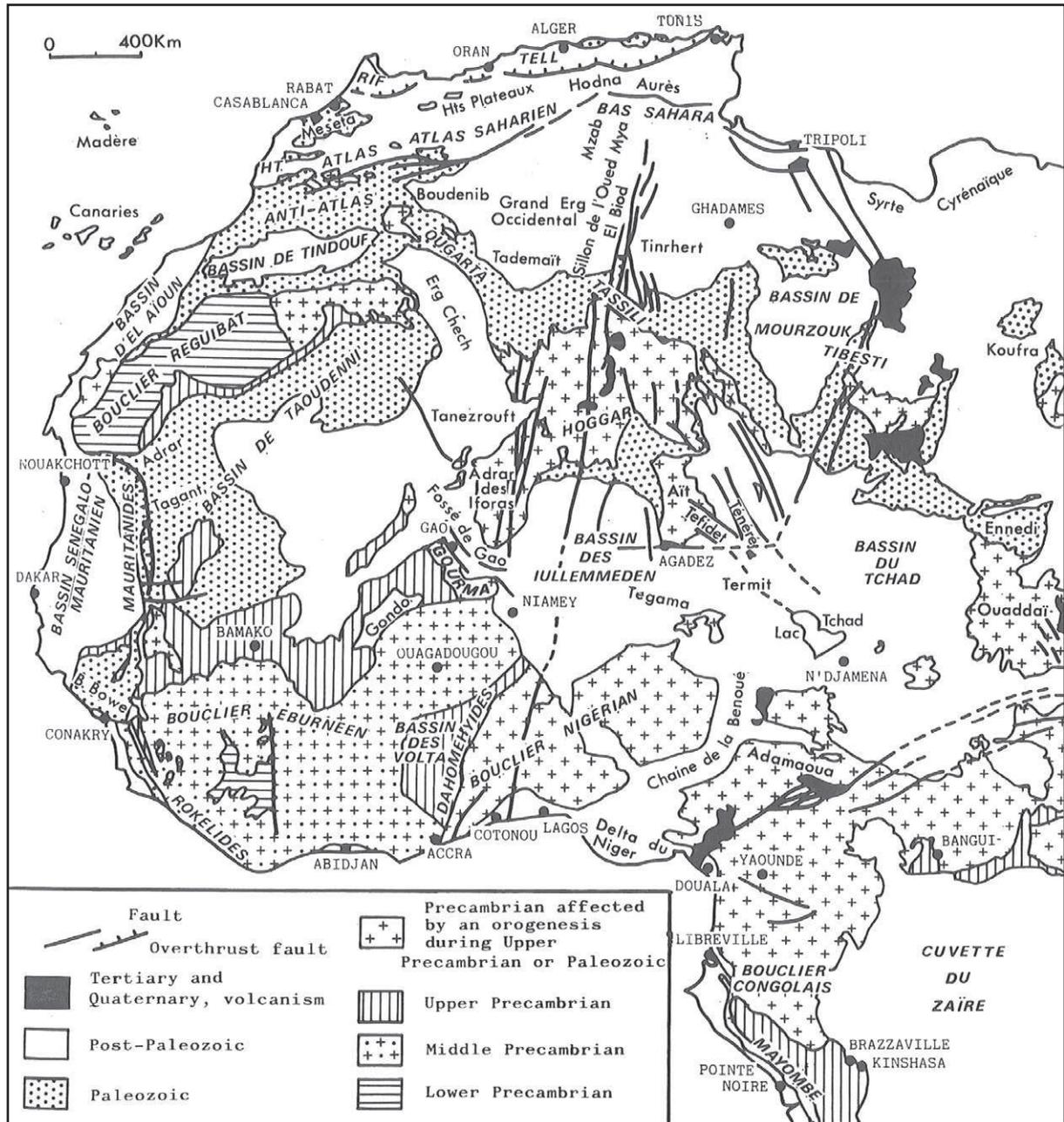


Figure I.7. Carte schématique des grandes unités géologiques de l'Afrique de Ouest et du Centre (d'après Guiraud et al., 1987 dans Lang et al., 1990).

Cadre en pointillé Figure I.8 ; coupe Figure I.9

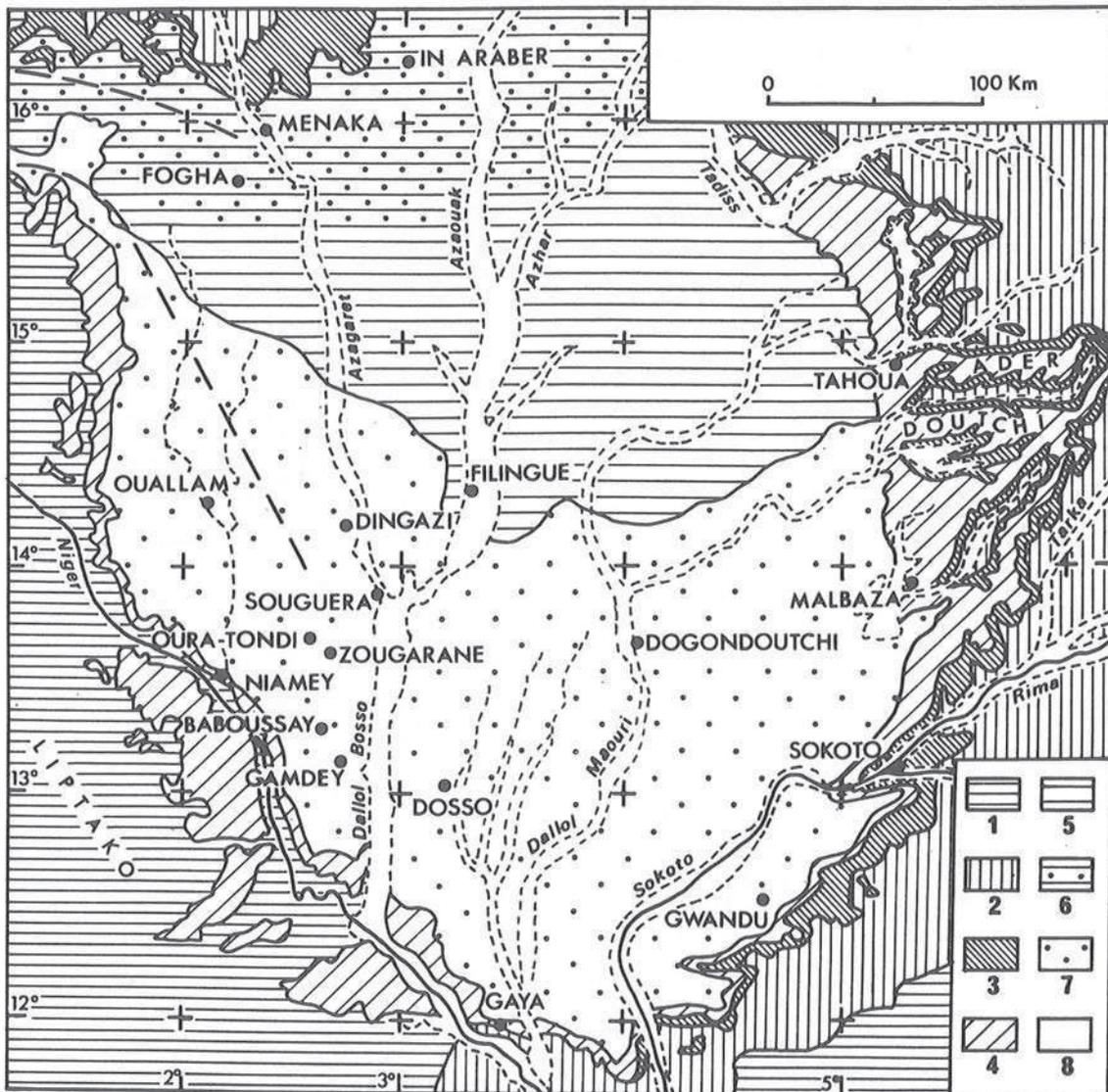


Figure I.8. Géologie du bassin des lullemmenden (d'après Greigert & Pougnet, 1965 dans Lang *et al.*, 1990)

1 : Précambrien et infracambrien ; 2 : Crétacé ; 3 : Paléocène-Yprésien Permien ; 4 : Série de l'Ader Douchi (Ct1) ; 5 : Continental terminal – série argilo-sableuse à lignites (Ct2) ; 6 : Continental terminal – série indifférenciées Ct2-Ct1 ; 7 : Continental terminal – série des grès argileux du Moyen Niger (Ct3) ; 8 : Quaternaire

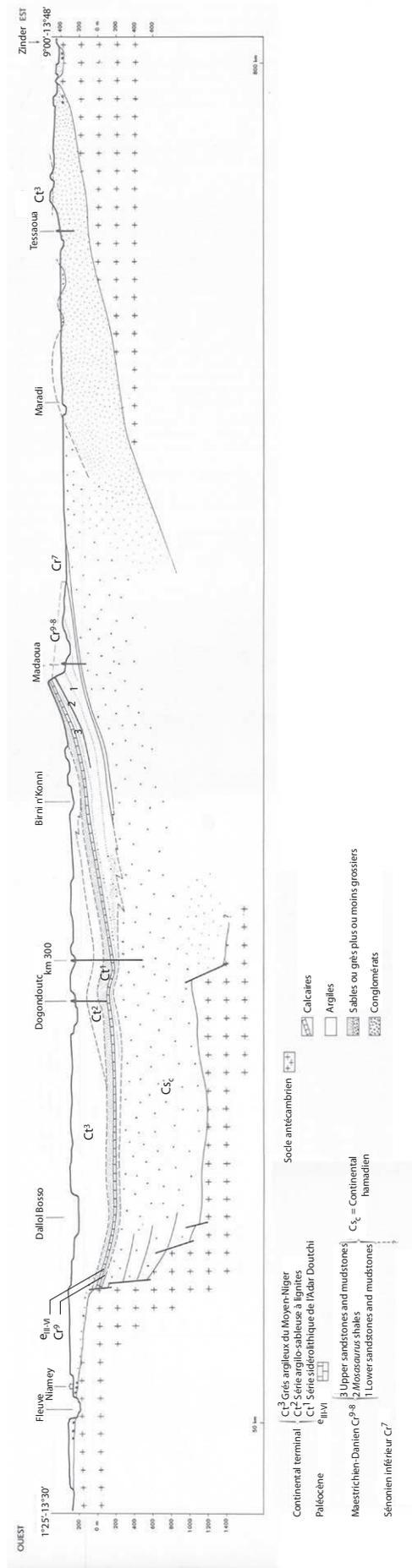


Figure I.9. Coupe géologique schématique du bassin de Niamey (d'après Greigert, 1966)

grès argileux du Moyen-Niger (Ct3) recouvrant le sud-ouest du bassin.

Entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso, la région est caractérisée par l'affleurement de nombreux bancs d'oolithes ferrugineuses qui déterminent en partie l'ossature des talus des plateaux. Ils appartiennent au niveau oolithique ferrugineux de Niamey-Say, l'un des trois principaux niveaux interstratifiés dans la série détritique du Continental terminal. Le faciès originel est constitué d'oolithes d'alumino-goethite dans une matrice kaolinique et ferrugineuse associée à des grains de quartz généralement anguleux et en proportion très variable (Dubois & Lang, 1981).

Les surfaces tabulaires qui constituent la plus haute surface morphologique de la région sont recouvertes d'une cuirasse grésio-ferrugineuse pseudo-nodulaire dont le faciès est uniforme sur l'ensemble de son aire d'extension. Cette cuirasse repose principalement sur les grès argileux du Continental terminal (Ct), mais également sur des niveaux d'oolithes ferrugineuses. La formation de cette cuirasse résulte, selon Gavaud (1977) « d'une altération allitique (formation d'hydroxyde) et de la ferritisation en goethite et en hématite d'une trame kaolinite héritée ».

Sur notre zone d'étude, dans les environs de Niamey, la géologie est fortement contrastée entre les deux rives du fleuve qui constitue une limite majeure entre, à l'ouest, un socle métamorphique et, à l'est, un bassin sédimentaire.

Les bancs d'oolithes ferrugineuses du Continental terminal offrent une ressource minérale abondante exploitable comme minerai de fer.

Les ressources géologiques ont-elles constitué un rôle déterminant dans l'implantation des sites d'occupations anciens ?

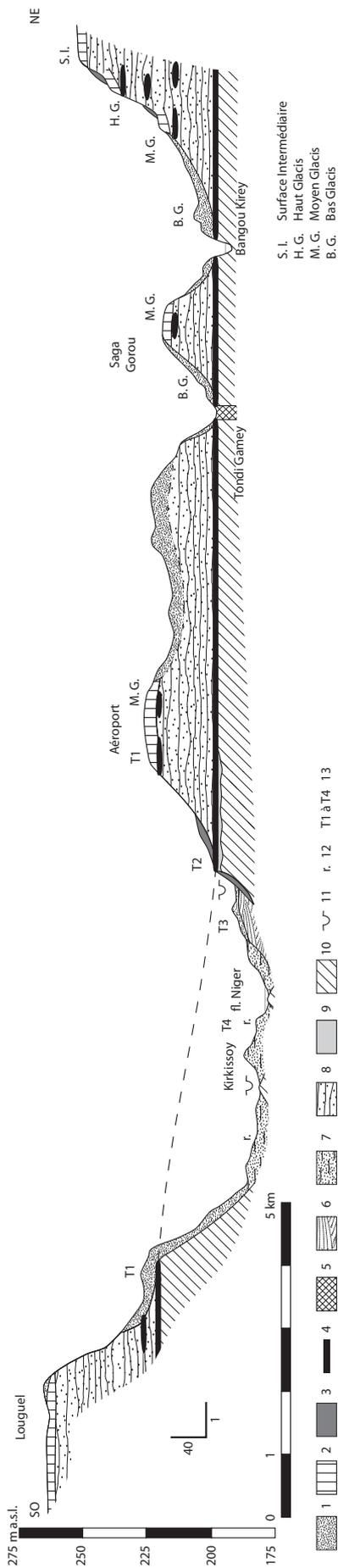


Figure I.10. Coupe géomorphologique entre les plateaux de Louguel, le plateau de l'aéroport (d'après Dubois et al., 1984) et les bassins versants de Saga Gorou

1 : Sables éoliens ; 2 : Surface cuirassée ; 3 : Colluvions ; 4 : Formation à oïdes ferrugineux ; 5 : Remplissage de Tondi Gamey ; 6 : Sables et graviers à stratifications obliques ; 7 : Sables et argiles jaunâtres ; 8 : Grès argileux Ct ; 9 : Sables et argiles (bas du Ct) ; 10 : Lithomarge (altérite quartzolite) ; 11 : Rizières ; 12 : Carrières ; 13 : Terrasses alluviales

4. Contexte géomorphologique

4.1 Généralités

La région entre le fleuve et le Dallol Bosso est constituée de plateaux culminant à une cinquantaine de mètres au dessus de larges vallées fossiles ; ce relief est caractéristique des paysages steppiques sahéliens ouest-africains. La morphologie de ces régions est structurée par des surfaces tabulaires latéritiques cuirassées et étagées, héritées de glacis, surfaces d'érosion dont les plus récentes sont datées de la fin du Pliocène (Dubois & Lang, 1981).

4.2 Structuration géomorphologique des plateaux

Quatre surfaces peuvent être individualisées en fonction de leur altitude. La surface cuirassée du plateau supérieur située à environ 255 m d'altitude a une pente régulière qui ne dépasse pas 0,6‰. Ce niveau d'érosion est défini par Eschenbrenner & Grandin (1970) pour l'Afrique de l'Ouest, comme la surface intermédiaire. Elle se distingue (i) des surfaces cuirassées du haut glacis très relictuel en bordure de plateaux (240 m d'altitude) et forment des talus abrupts très caillouteux, (ii) du moyen glacis (210-220 m) qui peut constituer des surfaces cuirassées tabulaires isolées de plus faibles altitudes et (iii) du bas glacis non cuirassé (Figure I.10). Les périodes qui ont conduit au cuirassement des glacis sont respectivement de 29-24 Ma, 18-11 Ma, 7-6 Ma et 3 Ma (Figure I.11) (Beauvais & Chardon, 2013).

Le façonnement et le cuirassement des surfaces d'érosion sont issues de deux phases climatiques distinctes, les cuirasses se sont formées successivement après chaque phase d'érosion sous un climat plus humide que durant l'aplanissement (Michel, 1973). Les surfaces d'érosion sont également dépendantes de la géologie du terrain, des bancs d'oolithes ferrugineuses très indurées modèlent ainsi les versants. Dans les bas-fonds, le banc d'oolithes ferrugineuses basal du Ct forme localement les berges du Kori de Ouallam (Figure I.12). La dernière surface d'érosion a été mise en place vers 40 000 cal BP (Michel, 1973).

4.3 Les dépôts sableux

Ces glacis sont partiellement recouverts par des dépôts de sables éoliens plus ou moins épais qui peuvent être attribués à l'erg ancien de l'époque aride ogolienne (20-15 000 cal BP) et à des remaniements plus récents. Les dépôts sableux recouvrent généralement les versants sous la forme d'une jupe sableuse qui atteint parfois le sommet des plateaux. Toutefois, de simples nappes sableuses à flancs convexo-concaves et de forme plus ou moins elliptique recouvrent parfois partiellement le

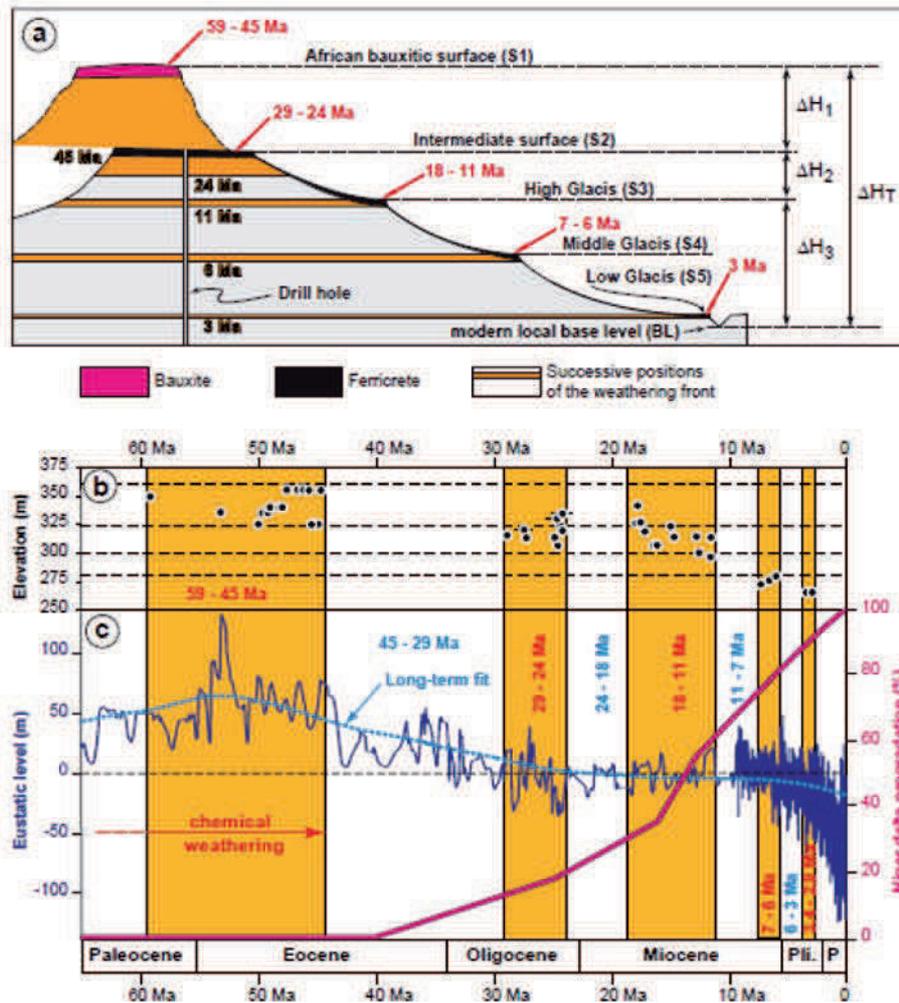


Figure I.11. Datations des surfaces d'érosion et évolution morphologique du delta du Niger depuis le Paléocène (d'après Beauvais & Chardon, 2013)

(a) Synthèse chronologique (datation $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$) pour l'Afrique de l'Ouest des phases d'érosion de la séquence morphogénétique du plateau de Tambao au nord-est du Burkina Faso. Le relief relictuel bauxitique, absent de Tambao, est une projection du site d'Aribinda situé à 100 km au sud-ouest de Tambao. Les datations en rouge renvoient à des mesures radiométriques définissant les périodes d'altération qui ont conduit au cuirassement des différentes paléo-surfaces. En noir les dates représentent l'âge maximum des paléo-surfaces. (b) Distribution des datations $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ en fonction de l'altitude. (c) Courbe eustatique et courbe de propagation du delta du Niger.



Figure I.12. Berge du Kori de Ouallam marquée par le banc d'oolithes ferrugineuses basal du Continental terminal. Exemple du lac de Bangou Bi

A : Photographie aérienne (J-L Rajot) tirets : limite du banc d'oolithes

B : Vue au sol et profil : hachures : banc d'oolithes ; pointillés : remplissage sableux

plateau (Courault *et al.*, 1990).

4.4 Les terrasses alluviales du fleuve Niger aux abords de Niamey selon Dubois *et al.* (1984)

La vallée du fleuve Niger actuelle est issue d'une morphogénèse plio-quaternaire durant laquelle quatre terrasses alluviales se mettent en place (Figure I.10).

Les deux premières terrasses (T1 et T2) sont étagées, elles se sont formées après une première incision dans le sommet cuirassé du Continental terminal correspondant à la surface intermédiaire. Elles se situent à environ 40 m et 60 m en contrebas. Elles sont constituées d'alluvions conglomératiques, partiellement indurées par le fer. Le cuirassement de ces niveaux n'est pas homogène, il est dépendant de la lithologie du Continental terminal. Localement, les niveaux T1 et T2 correspondent au toit d'un banc d'ooïdes ferrugineux du Ct qui a fait obstacle à l'incision du fleuve. L'âge de ces terrasses est estimé respectivement au Pléistocène inférieur et au Pléistocène moyen. En rive occidentale, trois niveaux morphologiques sont repérés. Seule la terrasse T1 est identifiée, elle incise la dalle cuirassée et les grès argileux du Ct sur près de 40 m. La base de T1 dessine plusieurs ressauts qui soulignent la présence de bancs d'ooïdes ferrugineux, le dernier forme le niveau basal du Ct qui est en discordance avec les grès voltaïens.

Les deux terrasses suivantes (T3 et T4) sont emboîtées l'une dans l'autre, elles se sont édifiées au pied de la terrasse T2 en entaillant la lithomarge d'âge précambrien. Aucune des deux n'est cuirassée, la taille granulométrique des alluvions, plus fine, témoigne d'une baisse de la compétence du fleuve Niger depuis l'incision de T2 jusqu'à l'achèvement de T4. Les dépôts qui forment T3 sont constitués, à la base, d'un lit de galets de quartz recouvert de niveaux de sables et de graviers à stratifications obliques et surmontés de « limons noirs » et de sables.

Les éléments de datations sont très limités, cependant il est possible de corréler l'édification de ces terrasses avec celles étudiées dans des vallées du domaine sahélien. Les différents auteurs proposent ainsi que l'édification de T3 ait lieu vers la période humide du Ghazalien (40 000 – 20 000 cal BP) et que l'incision fait suite à la rupture de barrages dunaires ogoliens au cours d'une nouvelle période humide entre 11 000 et 8 000 cal BP (Dubois *et al.*, 1984). Concernant la terrasse T4, les alluvions se mettent en place à partir de 6 000 cal BP. Elle constitue actuellement l'île de Kirkisoy sur laquelle une forte occupation néolithique est attestée, et une large plaine d'inondation en partie aménagée en rizières ou exploitée en carrière.

4.5 Essai de corrélation géomorphologique entre la vallée du fleuve et les vallées sèches

Le creusement de la vallée du fleuve Niger et l'érosion des interfluves au-delà de la vallée suggère une contemporanéité entre la morphogénèse des plateaux et celle des terrasses alluviales et plus largement à celle des vallées et des glacis d'une grande partie de l'Afrique de l'Ouest (Figure I.10). En effet, les terrasses étagées les plus anciennes T1 et T2 sont respectivement contemporaines du moyen glaciaire daté entre 7 et 6 Ma et du bas glaciaire daté de 3 Ma (Beauvais & Chardon, 2013). Leur mise en place et leur cuirassement correspondent à des cycles climatiques dont les effets sont analogues. Après une période humide contribuant au développement de surfaces cuirassées, la transition vers une période sèche et/ou une épirogénèse positive favorise l'érosion des interfluves et l'incision du fleuve. Le retour à une phase humide permet alors le cuirassement des surfaces d'érosion et le dépôt d'alluvions dans le lit élargi du fleuve. Quand le climat redevient sec, une nouvelle phase érosive a lieu, occasionnant un second glaciaire et une nouvelle incision du fleuve Niger. S'ensuit l'incision des terrasses emboîtées T3 et T4 qui sont postérieures à la formation du bas glaciaire et liée à un processus climatique alternant une phase aride et une phase humide, mais de moindre intensité.

La morphogénèse des dallols est, quant à elle, très mal connue. Toutefois, l'épaisseur du remplissage sédimentaire quaternaire a pu être mesurée, il est d'au moins 40 m au-delà du 15°N et entre 20 et 30 m au sud du 14°N (Greigert & Pougnet, 1967). Les alluvions déposées sont caractérisées par la présence d'un niveau d'accumulation d'argile et de limons daté entre 13 800 et 8 900 cal BP (12 000 et 8 000 14C BP) au sein de formations sableuses grossières. Le changement de granulométrie de ces alluvions témoigne d'une dynamique sédimentaire qui évolue entre un système fluvial anastomosé et un système méandrique (Talbot, 1980). L'incision des dallols est estimée au Pléistocène moyen entre 900 000 et 200 000 ans BP (Sombroek & Zonneveld, 1971).

La morphogénèse de la région est complexe, elle a façonné le paysage, occasionnant des unités géomorphologiques contrastées : des plateaux cuirassés et des versants sableux.

La dynamique du fleuve à l'holocène est mal connue, la chronologie reste très incertaine.

Comment les occupations humaines se sont-elles implantées dans ce paysage géomorphologique ?

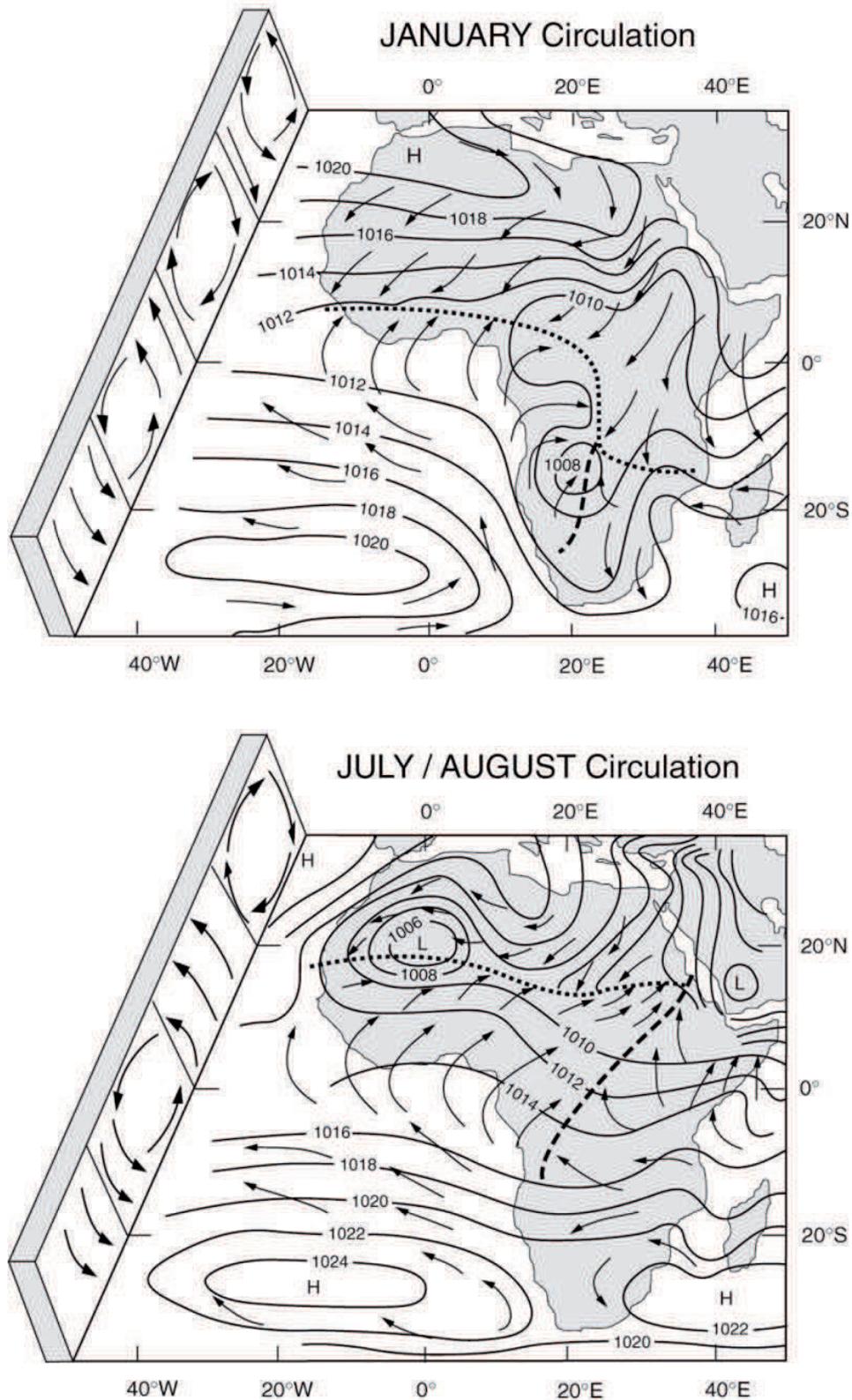


Figure I.13. Modèle des vents des pressions atmosphériques au-dessus du continent africain d'après Nicholson (1996).

Ligne en pointillés : Front InterTropical (FIT) qui correspond à la limite nord de la Zone de Convergence Inter-tropicale (ZCIT) où convergent au niveau du sol les vents du flux de mousson et de l'harmattan

Ligne en tirets : autre zone de convergence (Congo Air Boundary)

5. Climat et végétation actuels

5.1 Mécanisme climatique

Le climat de la région sahélienne est contrôlé par la dynamique des anticyclones des Açores en Atlantique Nord et de Saint Hélène en Atlantique Sud. Les mouvements de masses d'air générés sont respectivement à l'origine de l'harmattan, un vent chaud et sec de secteur nord-est (Sahara) et de la mousson en provenance de l'hémisphère sud via le Golfe de Guinée. La confrontation nord-sud des alizés qui ceinture le globe forme la Zone de Convergence Inter-Tropicale (ZCIT) équivalant à l'équateur météorologique ; son déplacement suit au cours de l'année le mouvement apparent du soleil. Elle se dirige vers le nord en été pour atteindre en juillet sa position la plus septentrionale (environ 25°N), déclenchant les vents et pluies de mousson sur le Sahel. En hiver, la zone de convergence atteint sa position la plus méridionale en décembre au niveau de la ligne de rivage du Golfe de Guinée à l'ouest et au-delà du 15° de latitude sud au sud-est de l'Afrique, permettant l'établissement du vent alizé appelé harmattan (Figure I.13). La limite nord au sol de la ZCIT est appelée Front Inter-Tropical (FIT). Au niveau de celui-ci, l'harmattan, chaud et sec, passe au dessus de la couche de mousson tiède et humide. La limite entre ces deux couches prend la forme d'un plan incliné en direction du nord en Afrique occidentale (Figure I.14).

Les systèmes convectifs qui apportent l'essentiel des précipitations au sud du FIT forment du nord au sud des orages locaux, des lignes de grains et des pluies continues (Leroux, 2000). L'avancée du front détermine la quantité et la durée des précipitations au cours de la saison des pluies pour un lieu donné. La variabilité des pluies interannuelles est quant à elle vraisemblablement soumise à la puissance des jets, courants d'altitude de secteur est (Janicot & Fontaine, 1993 ; Thiaw *et al.*, 1998).

Cette zone climatique se caractérise par une très forte variabilité des précipitations aux échelles spatiale et temporelle. Le Sahel a connu un grand nombre de périodes plus ou moins humides. La dernière période sèche a débuté au cours des années 70 et constitue la plus forte variation climatique enregistrée à l'échelle du globe (Hulme, 1996). Les causes de ces variations sont encore mal connues, elles sont liées à une très forte interaction entre les surfaces continentales et l'atmosphère, qui reste difficile à modéliser (Koster *et al.*, 2004). Le programme scientifique international AMMA mis en place en 2002 contribue à comprendre ce phénomène qui contrôle en grande partie la mousson ouest-africaine⁵.

5] Voir la revue *La météorologie* numéro spécial AMMA, octobre 2012, 105p
<http://documents.irevues.inist.fr/handle/2042/47612>

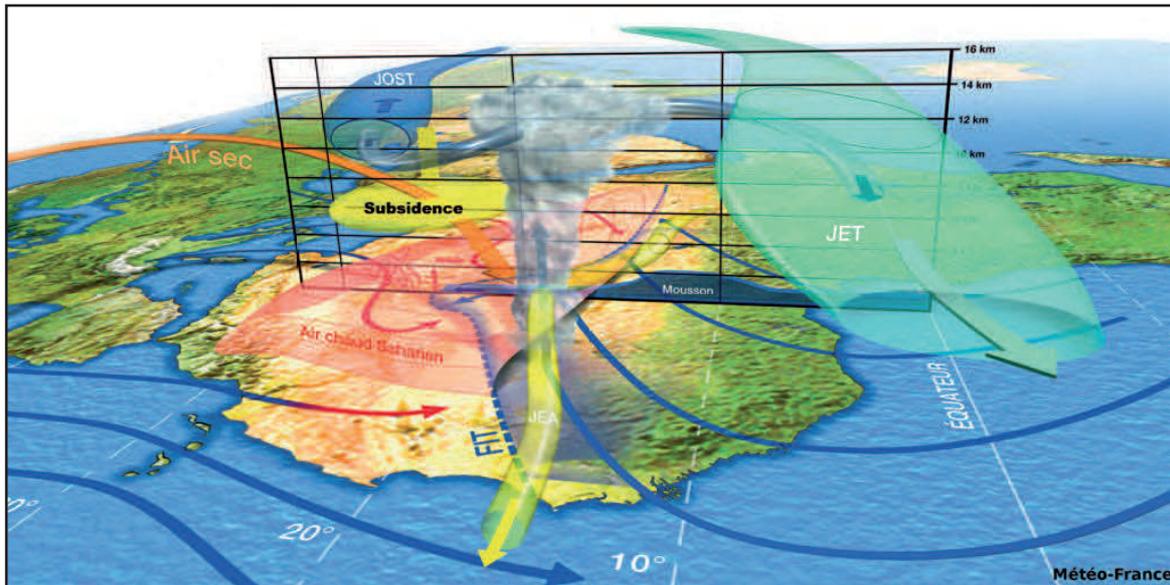


Figure I.14. Schéma synthésisant les composants essentiels de la mousson de l'Afrique de l'Ouest (in Lafore *et al.*, 2012)

FIT : Front InterTropical ; JEA : Jet d'Est-Africain ; JET : Jet Est-Tropical ; JOST : Jet d'Ouest-Subtropical

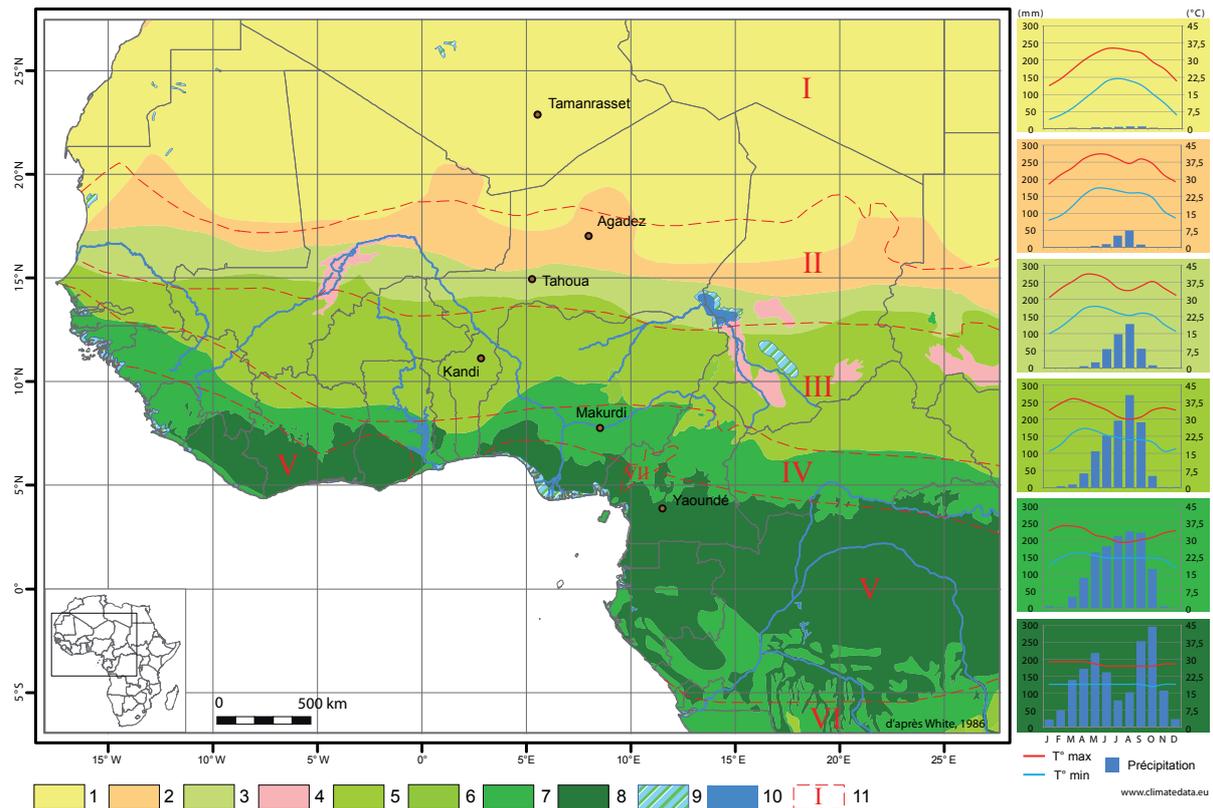


Figure I.15. Formations phytécologiques, domaines climatiques (d'après White, 1986) et diagrammes ombrothermiques en Afrique de l'Ouest

1 : Désert ; 2 : Steppe semi-désertique ; 3 : Steppe boisée à Acacia et formation buissonnante décidue ; 4 : Steppe édaphique ; 5 : Forêt claire ; 6 : Végétation arbustive (en mosaïque ou de transition) ; 7 : Mosaïque de formation herbeuse et de forêt ombrophile ; 8 : Forêt ombrophile ; 9 : Végétation azonale (marécageux, semi-aquatique ou mangrove (sur les côtes) ; 10 : Lacs et rivières ; 11 : Zone écoclimatique : I : Saharien ; II : Sahélien ; III : Soudanien ; IV : Guinéo-congolais / soudanien ; V : Guinéo-congolais ; VI : Guinéo-congolais / zambézien ; VII : afromontagnard

5.2 Les formations phytoécologiques ouest-africaines

La végétation subsaharienne est répartie selon un gradient pluviométrique latitudinal. Entre le tropique du Cancer (23°26'16"N) au cœur du désert du Sahara et l'équateur (0°), six formations phytoécologiques ont été définies et cartographiées par White (1986) (Figure I.15). Au nord, le désert constitue un territoire aride dont la couverture végétale est très ouverte, à l'exception de dépressions plus humides qui forment des oasis. En progressant vers le sud, une zone de transition se développe où le milieu est dominé par les graminées avec un recouvrement de plantes ligneuses inférieur à 10%, la formation herbeuse étant principalement dépendante des facteurs édaphiques. Au-delà, le terrain est composé d'une steppe boisée à *Acacia* dominant et à formation buissonnante décidue où les plantes ligneuses représentent entre 10 et 40% de la surface. Ce pourcentage augmente progressivement vers le sud, créant une forêt claire pour laquelle les arbres atteignent au moins huit mètres de haut avec un recouvrement de 40% ou plus, la strate herbacée est dominée par les poacées. Une mosaïque de formations herbeuses et de forêts ombrophiles forme une large zone de transition avant d'approcher l'équateur, dominé par une forêt dense ombrophile dont le peuplement est continu avec des arbres atteignant au moins 10 m de haut.

5.3 Les domaines écoclimatiques

En tenant compte des formations phytoécologiques dépendant de la pluviométrie, cinq zones écoclimatiques ont été définies (White, 1986) (Tableau I.1.).

Tableau I.1. Bilan et correspondances entre les zones écoclimatiques, la classification hydrologique, les données climatiques et la végétation

Zone éco-climatique (White, 1981)	Class. Hydro-logique (Rodier, 1964)	Villes repères	Coord.	P. ann. (mm)	T° min moy. an. (°C)	T° max moy. an. (°C)	Végétation (White, 1981)
Saharien	Désertique	Taman-rasset	22°49'N - 5°32'E	40	13,6	28,6	Désert
		Agadez	16°58'N - 7°59'E	110	20,1	35,8	Steppe semi-désertique
Sahélien	Sub-désertique	Tahoua	14°54'N - 5°16'E	365	21,9	36,2	Steppe boisée et formation buissonnante décidue
	Tropical semi-aride						
Guinéo-congolais / soudanien	Tropical pur	Kandi	11°08'N - 2°57'E	1003	20,7	34,1	Forêt claire
	Tropical de transition	Makurdi	7°44'N - 8°32'E	1248	21,8	32,6	Mosaïque de formations herbeuses et de forêts ombrophiles
	Equatorial de transition						
Guinéo-congolais		Yaoundé	3°52'N - 11°31'E	1631	19,0	28,1	Forêt ombrophile

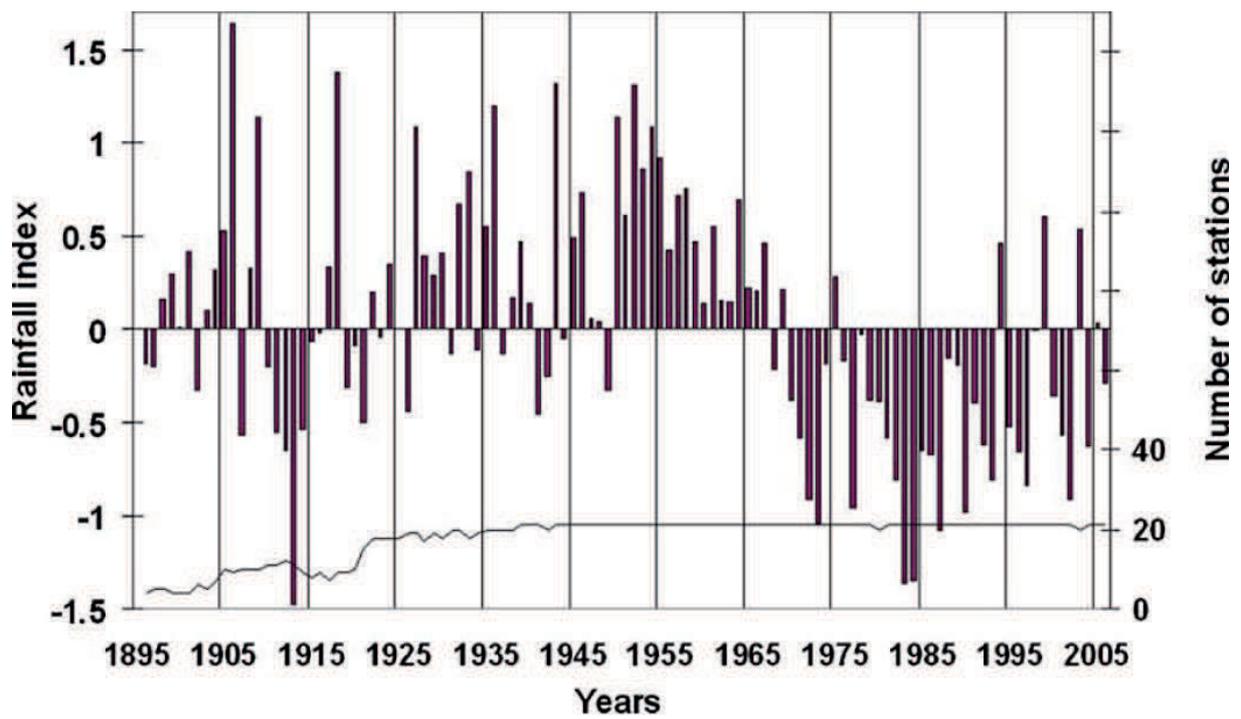


Figure I.16. Index des pluies sahéniennes (1896-2006) et nombre de stations (d'après Mahé & Paturel, 2009)

Nous distinguons du nord au sud : les domaines saharien (I), sahélien (II), soudanien (III), guinéo-congolais / soudanien (IV) et guinéo-congolais (V). Les diagrammes ombrothermiques de villes représentatives de chaque domaine climatique montre du nord au sud une augmentation du taux de précipitation et une modification de sa distribution. Cette dernière évolue d'un mode gaussien à bimodal, traduisant pour le premier un climat caractérisé par deux saisons contrastées, l'une sèche et l'autre pluviale contrôlée par la mousson et pour le second un climat marqué par deux saisons des pluies. Les profils annuels de température sont, quant à eux, très variables. Dans le domaine saharien, un seul pic de température est mesuré en juillet-août avec une amplitude annuelle et journalière d'environ 15°C. Dans les domaines sahélien et soudanien, deux pics de température sont observés, le premier étant plus élevé que le second. Ils sont respectivement ressentis en mai-juin et en septembre au nord et en mars et en octobre-novembre au sud. Les amplitudes journalières sont en moyenne de 15°C, mais du nord au sud elles augmentent pendant les mois d'hiver et elles diminuent durant l'été. Dans le domaine guinéo-congolais / soudanien un seul pic de température est perçu en février-mars et l'amplitude annuelle est de moins de 10°C. L'écart de température journalier est de 7-8°C l'été et d'environ 15°C l'hiver. À l'équateur dans la zone guinéo-congolaise, les températures sont stables tout au long de l'année, l'amplitude journalière est inférieure à 10°C.

5.4 Cadre régional : le Sahel

5.4.1 Définition

Notre zone d'étude est située dans la bande climatique sahélienne dont les limites sont définies selon les moyennes pluviométriques annuelles. L'isohyète de 150 mm au nord sépare le Sahel du Sahara qui est caractérisé par une couverture végétale très faible ou absente favorisant le développement de dunes vives. Au sud, la limite est marquée par l'isohyète de 700 mm ; au-delà débute le climat soudanien. Toutefois, la limite de 250-300 mm est la plus critique car elle forme la limite septentrionale pour la culture du petit mil (*Pennisetum glaucum*) (Verheyne, 1990) qui garantit pour les populations sédentaires une autosuffisance alimentaire grâce à une agriculture pluviale.

5.4.2 Caractéristiques générales

Au cours de la deuxième moitié du 20^e siècle, la région sahélienne est marquée par une chute drastique de la pluviométrie vers 1970 (Figure I.16) qui engendre une sécheresse sur l'ensemble de la région ouest-africaine. Selon Wang et Eltahir (2000), l'origine de cette période aride est liée à un changement du couvert végétal dans la zone steppique en bordure du Sahara et à une modification de la distribution des

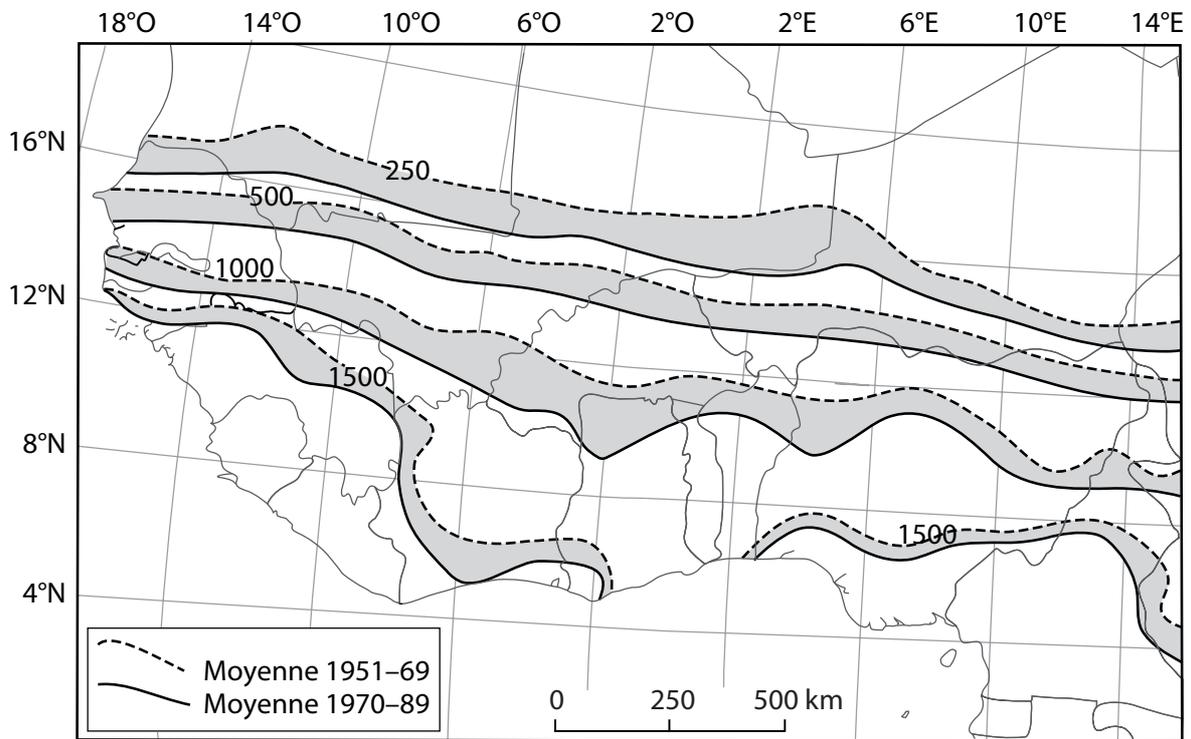


Figure I.17. Evolution de la position des isohyètes avant et pendant la sécheresse (d'après L'Hôte & Mahé, 1996)

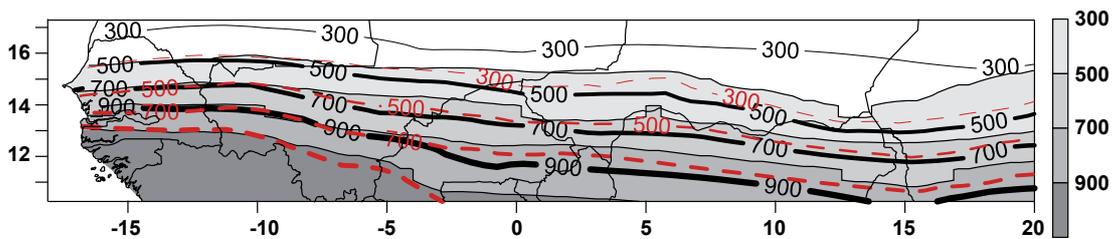


Figure I.18. Zoom sur la région sahélienne, isohyètes en mm (d'après Lebel et Ali, 2009)

1950-1969 : lignes continues noires ; 1970-1989 : lignes pointillées rouges ; 1990-2007 : niveaux de gris

températures de la surface des océans (SST) à l'échelle globale et régionale. L'une des conséquences directes est la migration des isohyètes d'au moins 100 km vers le sud (Figures I.17 et I.18). Actuellement, cette période aride tend à diminuer au Sahel central, alors qu'elle se maintient à l'ouest (Lebel & Ali, 2009).

Il existe une base de données météorologiques au Sahel qui couvre plusieurs décennies et qui est répartie sur l'ensemble de la région avec un réseau de pluviographes très dense dans le degré carré de Niamey (Le Barbé *et al.*, 2002). L'étude de ces relevés pluviométriques a montré une très forte variabilité des pluies à l'échelle locale (Lebel & Ali, 2009) ; les caractéristiques climatiques de la station météorologique de Niamey présentées ci-après, ne peuvent donc pas être généralisées à l'ensemble de la région sahélienne.

La pluviométrie annuelle à Niamey est de 596,5 mm répartie en 44,3 jours sur la période 1940-1967, puis de 498,2 mm répartie en 39 jours entre 1968 et 1987. Les années suivantes connaissent une augmentation de l'intensité des pluies, de 1988 à 2002 la pluviométrie atteint 607,7 mm/an en 36,8 jours (Ozer & Ozer, 2005). Cependant ces résultats à l'échelle d'une seule station doivent être relativisés. En effet la répartition spatiale des pluies est toujours très inégale au Sahel ; la différence peut atteindre 200 mm sur moins de 10 km (Lebel *et al.*, 1997) car 90% des pluies sont produites par des systèmes convectifs de mésoéchelle, comme les lignes de grains ou les orages, mais qui ne représentent que 12% des événements (Lebel *et al.*, 2003). 90% des pluies se concentrent entre les mois de juin et de septembre, dont 60% en juillet et en août. Cependant, à grande échelle au Sahel, les températures diurnes élevées génèrent une forte évapotranspiration qui recycle plus de 95% des précipitations ; à cette échelle le ruissellement n'est alors que de 25 ± 7 mm/an dans les années 1990 (Lebel *et al.*, 2009).

5.4.3 Couverture végétale et état de surface

La végétation naturelle dans la région de Niamey, est aujourd'hui constituée d'une steppe ouverte d'herbacées et de plantes ligneuses. La strate arborée sur les versants sableux est peu développée, elle se compose principalement d'épineux (*Acacia senegalensis* ; *Faidherbia albida* ; *Balanites aegyptiaca* ; ...) mais aussi de *Combretum nigricans*, *Prosopis africana*, *Hyphaena thebaica* (palmier doum), Les arbustes, plus fréquents, sont essentiellement composés de *Guiera senegalensis*, *Combretum glutinosum*. Les variétés d'herbacées sont plus sensibles au gradient pluviométrique nord-sud, nous distinguons entre autres *Schoenefeldia gracilis*, *Aristida mutabilis*, *Zornia glochidiata*.

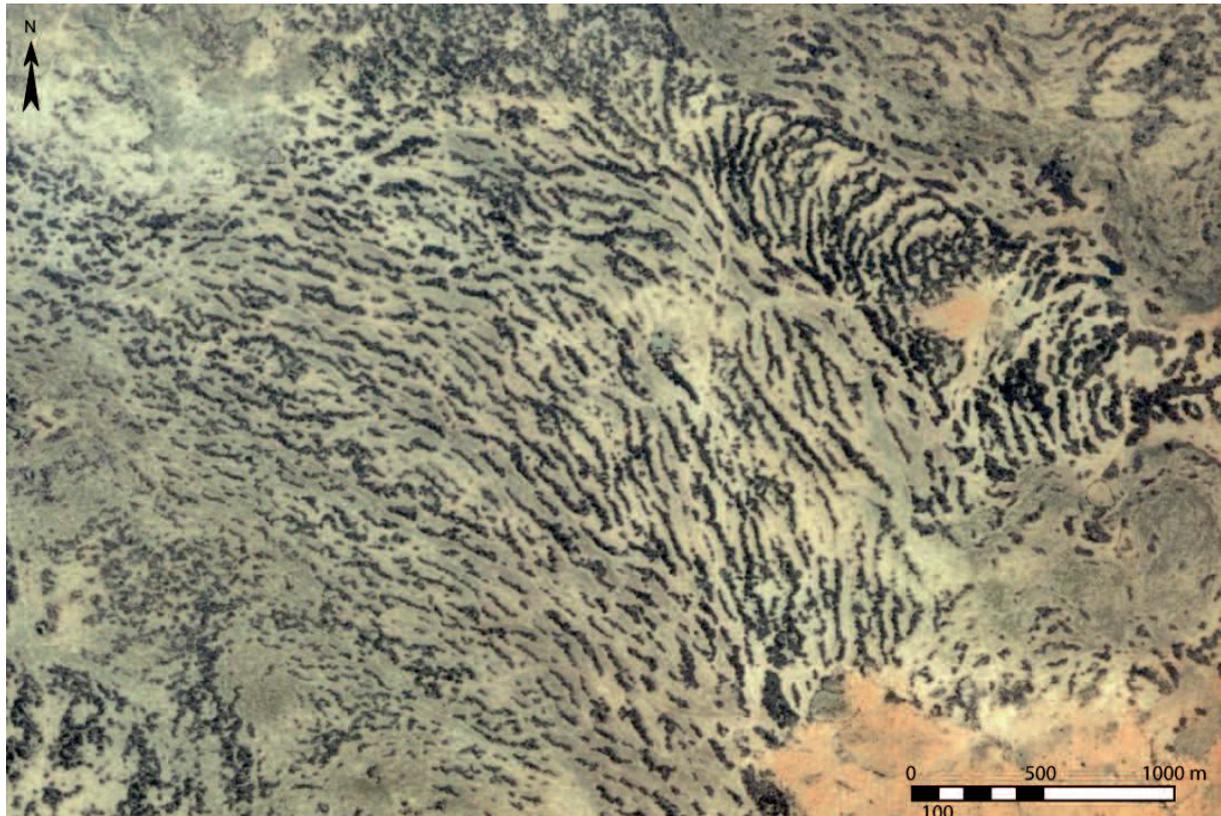


Figure I.19. Photographie aérienne de brousse tigrée sur les plateaux au sud de Niamey (image Google Earth, 13°22'N-2°05'E)

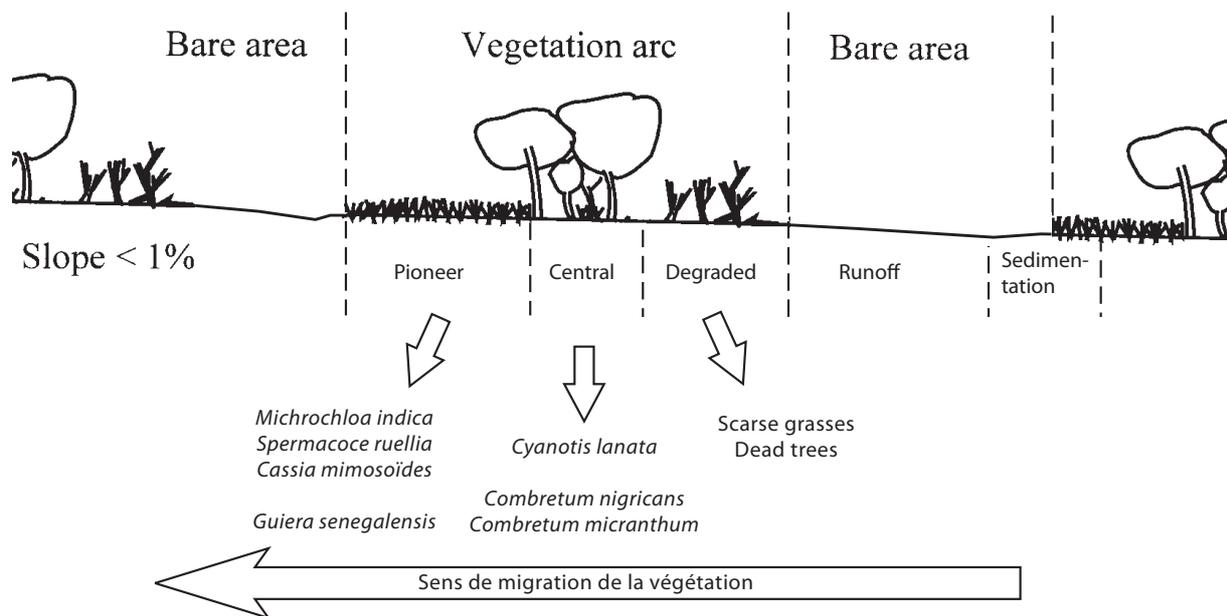


Figure I.20. Représentation schématique d'une unité élémentaire de brousse tigrée (modifiée, d'après Thiery et al., 1995 et Guillaume et al., 1999)

Le genre le plus emblématique est *Cenchrus biflorus* (cram-cram) qui marque la limite nord du Sahel : le maintien de cette poacée épineuse nécessite au moins 150 mm de précipitation annuelle (Quézel, 1965).

Bien que la végétation soit très dépendante de la pluviométrie, la répartition spatiale des différentes espèces végétales est également soumise aux facteurs pédologique et géomorphologique. Ainsi, les plateaux qui structurent le paysage sahélien possèdent des caractéristiques édaphiques qui favorisent le développement d'un couvert végétal très particulier.

5.4.4 La brousse tigrée

L'organisation de la végétation qui se développe sur les plateaux de la zone sahélienne est appelée brousse tigrée ; elle est encore visible à l'est de Louguel (Figure I.19) et à Banizoumbou. Ce qualificatif provient des premières observations aériennes de cette brousse qui est constituée d'une alternance de bandes de végétation et de bandes nues (Clos-Arceuduc, 1956). Celles-ci suivent globalement les courbes de niveaux et s'organisent donc perpendiculairement à la pente qui est inférieure à 1%.

La mise en place de la végétation par ce modèle d'auto-organisation est liée à la dynamique hydrique et à la pente du terrain. Au-delà d'une certaine pente, au moins 0,25% et pour des conditions climatiques qui tendent vers l'aridité, la végétation initialement dense devient clairsemée (*gap*), puis se transforme en une alternance de bandes de végétation et de bandes nues (*labyrinth*) avant de former des bosquets isolés (*spot*) (Lejeune et al., 2004 ; Deblauwe et al., 2011).

Ce type de végétation se développe principalement sur des sols peu épais tels que les cuirasses ferrugineuses ou les sols gravillonnaires de textures diverses (Gravier et al., 1994).

Les bandes nues sont fortement encroûtées et produisent un important ruissellement en nappe (Galle et al., 1999). L'eau atteint alors la bande végétalisée où elle peut s'infiltrer grâce à l'activité de la macrofaune des sols (essentiellement termites) qui détruit les croûtes. Si la pente est trop forte, le ruissellement se concentre en ravines et ce type de fonctionnement n'est plus possible. Cette dynamique conduit alors à une asymétrie de la bande végétalisée dont la partie amont toujours alimentée en eau est occupée par des espèces pionnières telles que des herbacées et des arbustes (*pioneer zone*) suivie d'une végétation arborée plus développée (*central zone*) alors que la partie aval montre souvent des restes d'arbres morts (*degraded zone*) (Thiery et al., 1995 ;

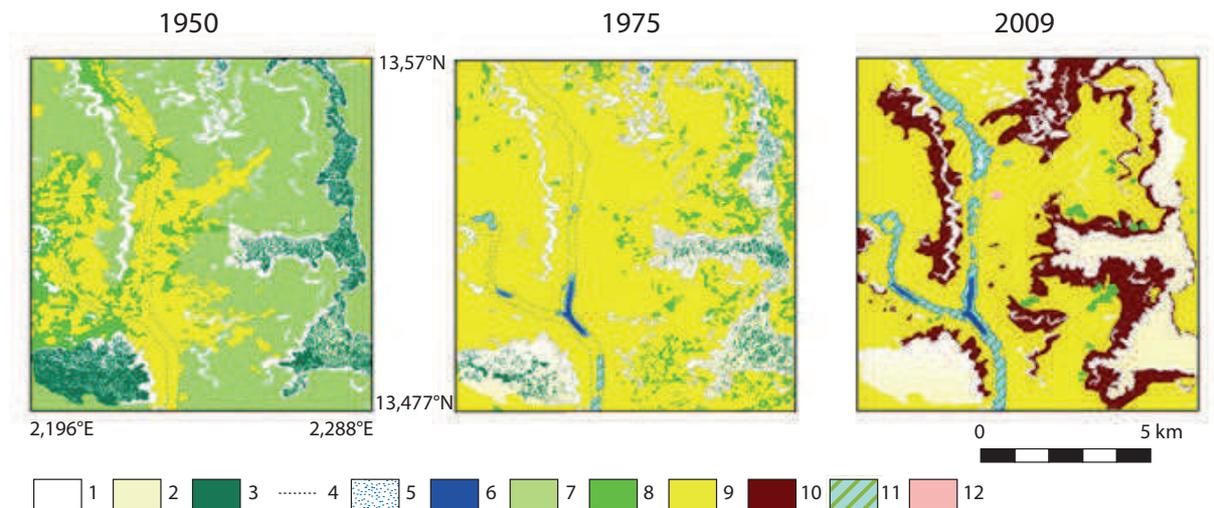


Figure I.21. Evolution diachronique du paysage des bassins versants de Saga Gourou (d'après Abdourhamane Touré, 2011)

1 : Talus ; 2 : Surfaces nues des plateaux ; 3 : Végétation des plateaux ; 4 : Talweg ; 5 : Mares temporaires ; 6 : Mares permanentes ; 7 : Savane arbustive ; 8 : Surfaces cultivées (jachères) ; 9 : Surfaces cultivées (champs) ; 10 : Surfaces encrouûtées ; 11 : Jardins ; 12 : Carrière

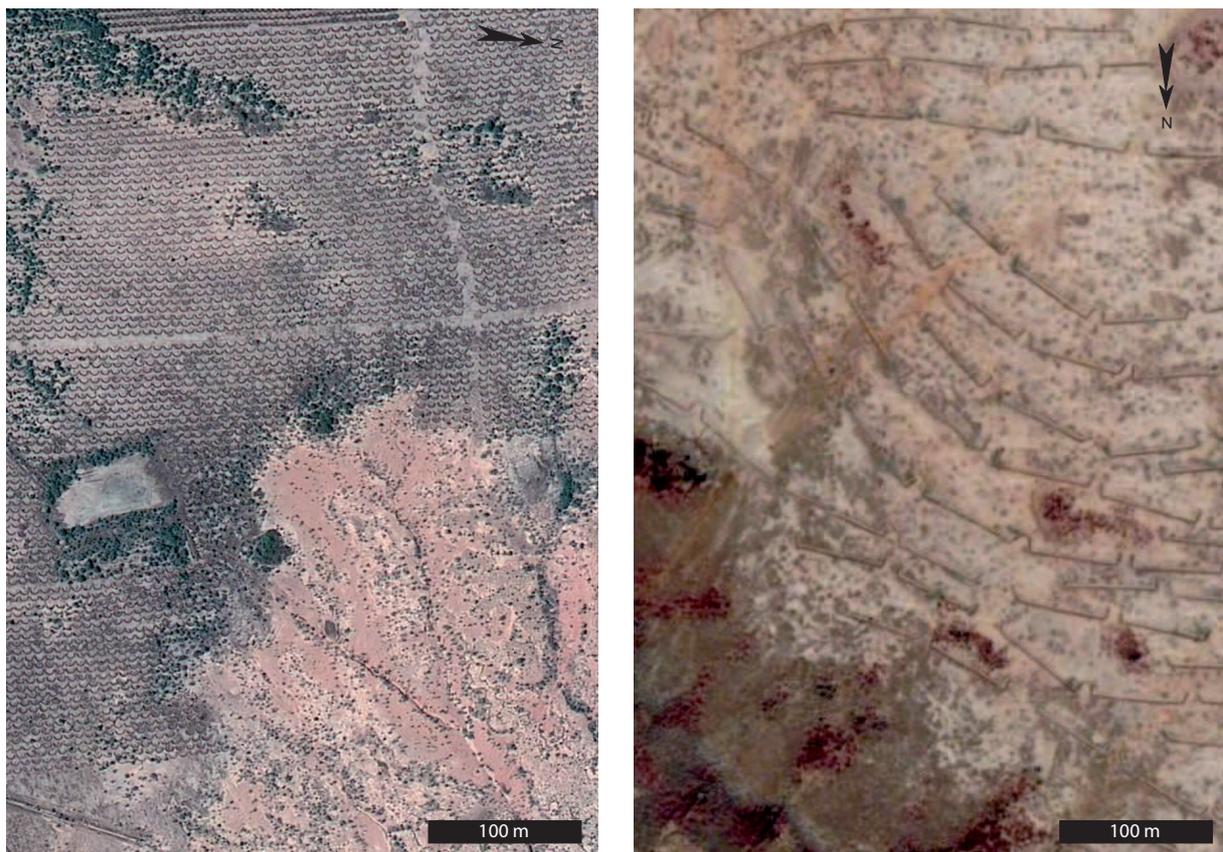


Figure I.22. Photographie aérienne de dispositifs de lutte contre l'érosion : les demi-lunes (13°34'30''N-2°27'20''E) (g.) et les agrafes (13°28'22''N-2°03'25''E) (d.) (Images Google Earth)

Valentin & d' Herbès, 1999). Ce fonctionnement implique que les bandes végétalisées se déplacent lentement en remontant la pente (Guillaume *et al.*, 1999) (Figure I. 20). Ce mécanisme d'auto-organisation de la végétation est toutefois aujourd'hui fortement perturbé par la pression anthropique (Deblauwe *et al.*, 2011).

5.4.5 Dynamique actuelle des états de surface

L'étude diachronique des états de surface de deux secteurs, le Kori de Dantiandou (Leblanc *et al.*, 2008) à 60 km à l'est de Niamey et Saga Gorou (Abdourhamane Touré, 2011) à 15 km à l'est de Niamey, montre un net changement paysager dans la région de Niamey (Tableaux I.2 et I.3). Depuis 1950, les photographies aériennes fournissent un état objectif du couvert végétal.

Tableau I.2. Evolution diachronique du couvert végétal et anthropique de deux secteurs entre le fleuve et le Dallol Bosso : Dantiandou et Saga Gorou

Année	Kori de Dantiandou		Saga Gorou				
	Plateau Vég. nat	Versant sableux Vég. Nat + jachère	Plateau Vég. Nat	Versant sableux Vég. Nat	Jachère	Culture	Croûte
1950	65%	84%	69%	59%	9%	31%	0%
1975	47%	65%	18%	0%	6%	92%	0%
1992	27%	11%	--	--	--	--	--
2009	--	--	0%	0%	1%	69%	24%

Tableau I.3. Pourcentage de perte du couvert végétal par rapport à l'année 1950

Année	Kori de Dantiandou		Saga Gorou	
	Plateau	Versant sableux	Plateau	Versant Sableux
1975	-28%	-23%	-74%	-100%
1992	-59%	-87%	--	--
2009	--	--	-100%	-100%

Dans le Kori de Dantiandou comme à Saga Gorou, le couvert végétal montre une nette diminution depuis les années 1950. Cette diminution est nettement plus précoce et plus forte dans la région de Niamey (Tableaux I.2 et I.3 ; Figure I.21). Dans cette zone, en 2009, la végétation naturelle a disparu à l'exception de quelques reliquats dont le pourcentage est négligeable (Abdourhamane Touré, 2011). La disparition du couvert végétal naturel se fait initialement au profit de surfaces agricoles. À Saga Gorou, les cultures, qui ne représentaient que 31% des versants sableux en 1950, atteignent 92% en 1972, mais elles ne représentent plus que 69% en 2009. L'abandon

de terres agricoles est contraint par le développement des surfaces couvertes de croûtes d'érosion sur les zones hautes des versants sableux.

L'évolution de ces états de surface est donc essentiellement liée aux activités humaines. Dans le Kori de Dantiandou, Leblanc *et al.*, estiment que seulement 20% de la diminution des bandes végétalisées de la brousse tigrée est dû aux sécheresses des années 70-80, le reste s'expliquant par les prélèvements de bois. À Saga Gourou, la disparition de la brousse tigrée serait exclusivement liée à la collecte de bois. Pour les versants sableux, la disparition de la végétation naturelle est liée à la mise en culture. Celle-ci provoque dans un deuxième temps à Saga Gorou un encroûtement des sols qui est moins étendu dans le site d'étude de Leblanc *et al.*. Cet encroûtement s'explique par la forte diminution du taux de recouvrement de la surface des sols par la végétation cultivée, qui entraîne le développement de l'érosion éolienne (Abdourhamane Touré *et al.*, 2011, 2013). La partie superficielle des sols la plus fertile est alors érodée exposant à l'action des gouttes de pluies un horizon plus riche en particules fines très propice à l'encroûtement (Valentin & Bresson, 1992 ; Ambouta *et al.*, 1996). Le ruissellement se développe alors et contribue par érosion hydrique à l'extension des zones encroûtées. Cet encroûtement est d'autant plus intense sur les terres marginales, en haut de versant où la production végétale, donc la couverture des sols, est plus faible et où les sols sont plus riches en limon et en argile. Abdourhamane Touré (2011) a pu établir qu'au cours de la sécheresse des années 80, la production agricole a été très faible et les résidus de culture (tiges de mil) ont été collectés pour être vendus, ce qui a encore favorisé l'érosion éolienne. La dégradation plus marquée des états de surface à Saga Gorou qu'au Kori de Dantiandou s'explique par la forte pression anthropique liée à la proximité de Niamey. Toutefois, il faut noter que de telles évolutions des états de surface ont aussi été observées dans des zones pastorales très peu peuplées au nord du Sahel, (Gravier *et al.*, 1994 ; Gardelle *et al.*, 2010). Le moteur de cette évolution est alors essentiellement édaphique et climatique, en liaison avec les grandes sécheresses.

Depuis 60 ans, la dégradation du couvert végétal dans la zone sahéenne est forte, mais présente une forte hétérogénéité selon la géomorphologie et la densité de la population. Pour contrer la perte de cette végétation, différentes tentatives de reboisement ont été entreprises ces dernières décennies.

5.4.6 Dispositif de lutte contre l'érosion : les demi-lunes et les agrafes

Les gouvernements et les ONG socio-environnementales des pays sahéens

proposent différentes techniques de restauration de la végétation dans les zones dégradées. Par exemple sur les plateaux de la région de Niamey des programmes ont financé la réalisation de milliers de demi-lunes ou d'agrafes sur les sols ayant perdu leur couverture végétale (Figure I. 22). Le principe est de creuser une tranchée peu profonde, perpendiculairement à la pente du terrain, en déposant les déblais en aval de l'excavation et sur toute sa longueur. L'objectif attendu de ces aménagements est de limiter le ruissellement lors des pluies tout en piégeant les graines dans les dépressions creusées pour qu'elles germent et se développent en bénéficiant de l'eau qui s'accumule. Ces aménagements semblent néanmoins peu efficaces et mériteraient d'être évalué scientifiquement.

Le sahel est une bande climatique de transition entre un milieu aride et un milieu forestier humide. La pluviométrie est le principal paramètre qui définit et délimite le Sahel. Le couvert végétal steppique est fortement dépendant des changements climatiques. Le milieu sahélien est également très sensible à l'impact anthropique.

Quelle a été l'évolution de la couverture végétale au cours des périodes anciennes ? Les phénomènes d'érosion et de dégradation des sols ont ils déjà existé au cours des siècles derniers ?

6. L'eau : un élément vital au cœur du Sahel

6.1 Le fleuve Niger

Le fleuve Niger, l'un des rares cours d'eau permanent avec le Sénégal et le Nil, irrigue de vastes zones arides et constitue l'un des éléments qui ont conditionné l'installation et le développement des grandes sociétés sahélo-sahariennes d'Afrique de l'Ouest.

Notre zone d'étude est traversée par ce fleuve dont le nom, Niger, provient du tamasheq (langue Touareg) « egerou n-igereou » qui signifie « fleuve des fleuves ». Il draine une grande partie de l'ouest-africain avec un bassin versant théorique de plus de deux millions de km² (Figure I.23). Long de 4 200 km, il prend sa source dans les monts guinéens, il court en direction du nord avant de former vers l'est une large boucle en atteignant le Sahara. Il se perd alors dans son delta intérieur au Mali, et repart vers le sud pour se jeter dans le Golfe de Guinée en Atlantique au Nigéria. Les affluents principaux sont situés en rive droite, à l'exception de la Bénoué au Nigéria. En effet, la rive gauche, tournée vers le Sahara, est marquée par la présence de vallées sèches qui témoignent de paléo-rivières qui prenaient leur source dans les montagnes du cœur du Sahara : l'Aïr, le Hoggar et l'Adrar des Iforas. Depuis la fossilisation de ses principaux

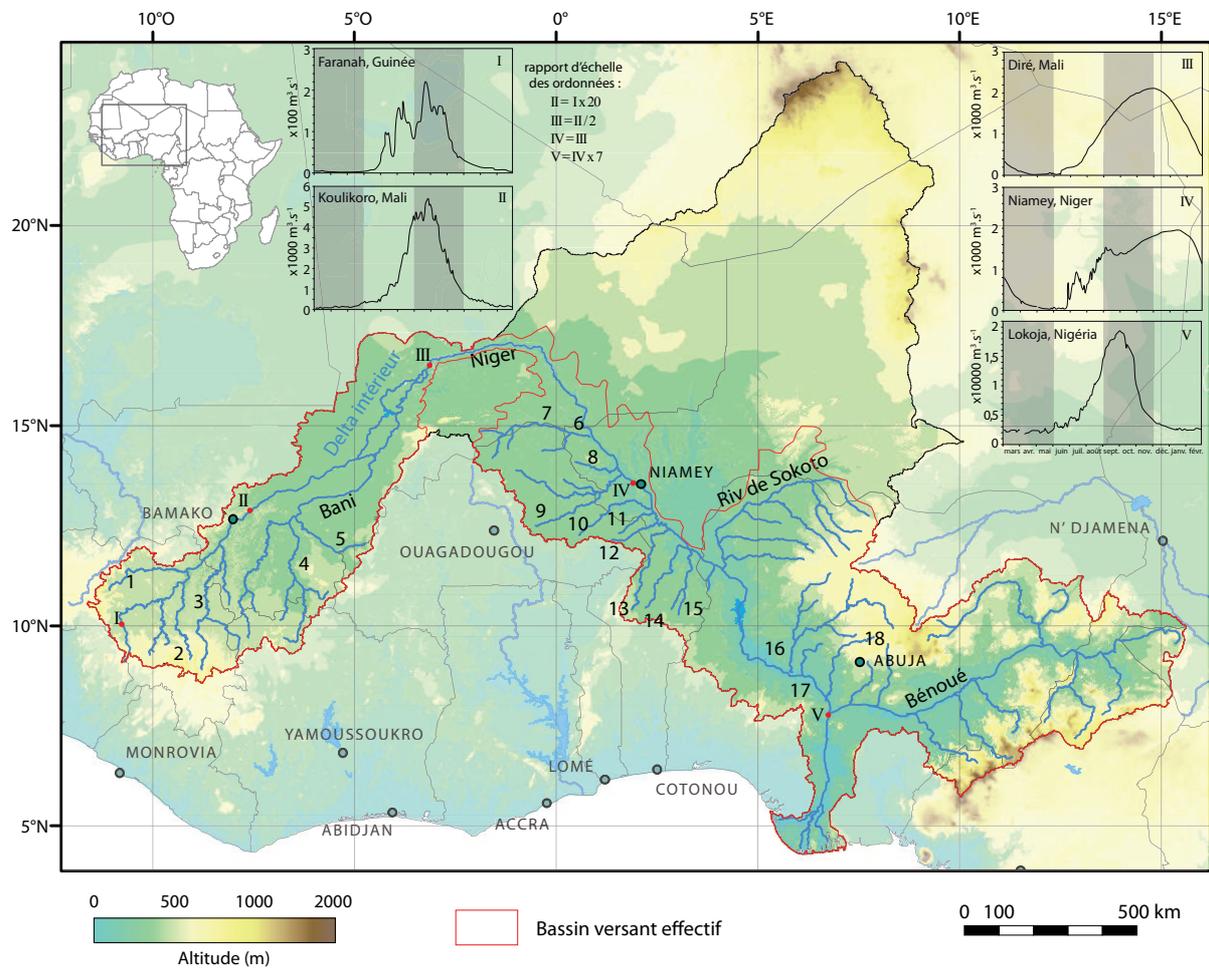


Figure I.23. Bassin versant du fleuve Niger et de ses affluents majeurs. Hydrogrammes (débit en $m^3 \cdot s^{-1}$) du fleuve Niger de la saison 2008/09 classés d'amont en aval (Autorité du Bassin du Niger. <http://nigerhycos.abn.ne>). Forte variation du débit, multiplié par 70 entre Farannah à la source et Lokoja après la confluence de la Bénoué

1 : Tinkisso ; 2 : Milo ; 3 : Nokolo ; 4 : Baoulé ; 5 : Bagoé ; 6 : Gorouol ; 7 : Béli ; 8 : Dargol ; 9 : Sirba ; 10 : Goroubi ; 11 : Diamangou ; 12 : Tapoa ; 13 : Mekrou ; 14 : Alibori ; 15 : Sota ; 16 : Kaduna ; 17 : Gbako ; 18 : Gurata

affluents en rive gauche au cours de l'Holocène, la surface du bassin versant effectif du fleuve Niger n'est, actuellement, plus que de 1,3 millions de km² (Figure I.23).

Le moyen Niger, dont le régime hydrologique est de type tropical semi-aride (Rodier, 1964) à la latitude de Niamey, est soumis à deux pics de crue (Figures I.23 et I.24). Le premier a lieu en septembre peu après la saison des pluies locales, elle est principalement tributaire des affluents sahétiens dont la Sirba qui contribue à 80% aux écoulements du Niger à Niamey (Amani & Nguetora, 2002). Le second, qui se produit à partir de décembre, est dite « guinéenne », elle correspond à l'arrivée retardée de la crue amont et provient du cumul de l'ensemble des pluies reçues sur le bassin versant amont (Figure I.24). L'étiage est atteint au cours des mois de mai et juin. Le débit moyen à Niamey est aujourd'hui de 951 m³/s.

6.2 Les paléo-rivières

D'ampleurs très variables, les paléo-rivières témoignent de climats relativement humides permettant des écoulements permanents en rive gauche du fleuve qui ont façonné les paysages actuels.

6.2.1 Les Dallols

Un dallol désigne en fulfuldé (langue peule) une « large vallée sèche ». Deux d'entre eux sont des confluent du fleuve : le Dallol Bosso et le Dallol Maouri (Figure I.2-C). Le premier prend naissance dans les montagnes de l'Aïr au cœur du Sahara, puis forme une large plaine sableuse appelée l'Azawagh, avant de devenir une vallée encaissée de près de 15 km au plus large de sa section et bordée de falaises dépassant parfois 50 m de haut. Le second et son affluent le Dallol Fogha sont similaires au Dallol Bosso ; ils prennent leur source dans les reliefs de l'Ader Doutchi (Figure I.2-C). Dans la zone sahétiennne, ces affluents fossiles sont aujourd'hui parcourus durant la saison des pluies par des écoulements en surface qui forment dans la partie sud des chapelets de mares le reste de l'année.

6.2.2 Le Kori de Ouallam

Un kori signifie « vallée » ou « oued » en haoussa (langue véhiculaire ouest-africaine). Celui de Ouallam est d'orientation nord-sud (Figures I.2-C et I.3) ; le fond de vallée, en aval de Ouallam, est particulièrement étroit et végétalisé. Des lacs comme celui de Saga Gorou ponctuent cette ancienne rivière encaissée. L'origine de cette vallée sèche se trouve au-delà de la frontière malienne. Elle reçoit plusieurs affluents avant d'atteindre le fleuve à 15 km en aval de Niamey. Un écoulement temporaire peut

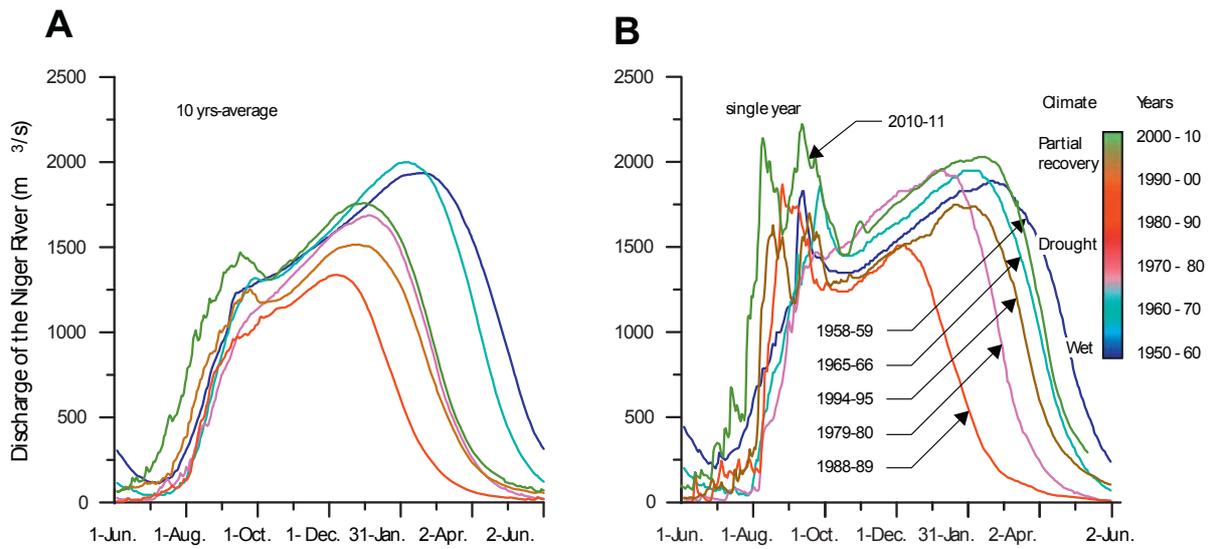


Figure I.24. Hydrogrammes du fleuve Niger à Niamey (Descroix *et al.*, 2012)

A. Hydrogramme décennal moyen ; B. Hydrogramme annuel se référant aux crues les plus fortes de chaque décade

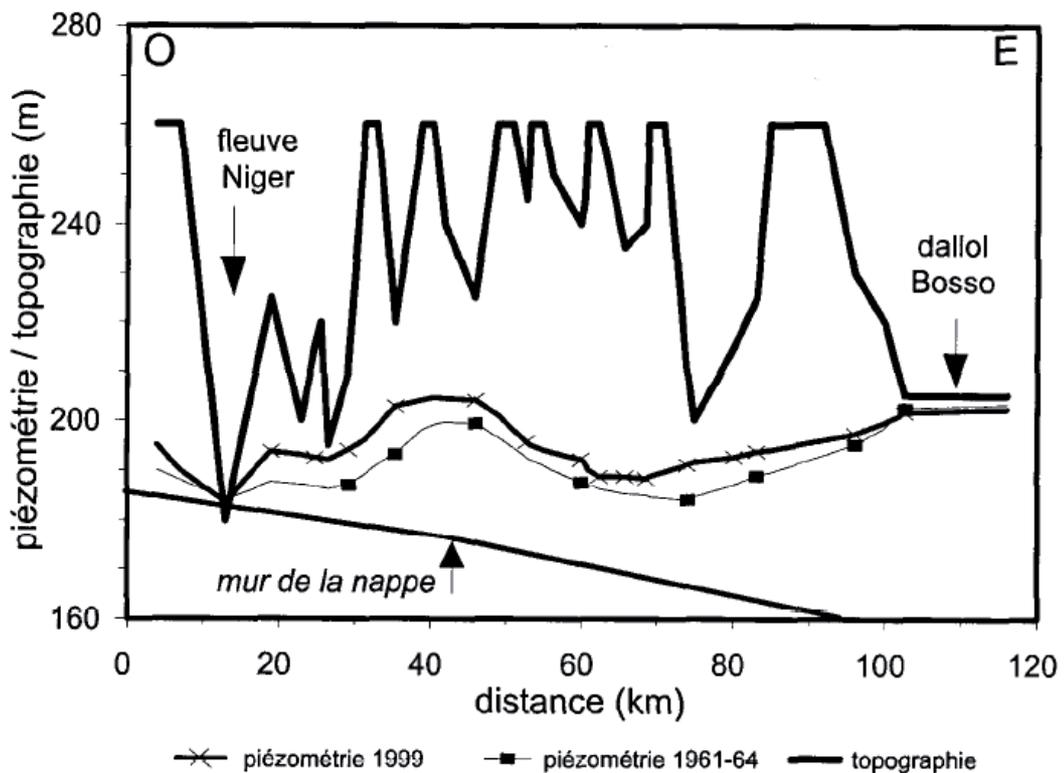


Figure I.25. Coupe piézométrique est-ouest entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso illustrant la hausse relative de la nappe phréatique. L'échelle verticale est multipliée par 700 (d'après Favreau, 2000)

toutefois être aujourd'hui constaté, au cours de la saison des pluies, sur les derniers kilomètres avant la confluence avec le fleuve.

6.2.3 Lacs et points d'eau

La région sahélienne est également ponctuée de lacs et mares essentiellement saisonniers plus rarement permanents qui constituent une ressource indispensable à l'installation de l'Homme. Leur superficie est très variable ; ils fonctionnent généralement en bassins endoréiques, qui peuvent toutefois posséder un exutoire au-delà d'un certain seuil, en particulier lorsque les lacs sont situés dans les fonds de vallées fossiles.

À moins de 10 km à l'est de Niamey, les bassins versants de Saga Gorou qui couvrent 32,5 km² alimentent deux lacs permanents, Bangou Kirey et Bangou Bi, et deux lacs temporaires dont Tondi Gamey situé le plus en amont (Figure I.4). Le premier est situé dans le Kori de Ouallam, à la jonction d'un affluent de rive droite dans lequel sont localisés les trois autres lacs. Ils sont séparés par des seuils formés par des cônes de déjection latéraux sableux. La surface en eau, à l'étiage, de Bangou Kirey et de Bangou Bi est respectivement de 6 et 40 ha.

La toponymie des lieux provenant du Djerma, une langue locale Songhaï, traduit une caractéristique hydrologique qui est propre à chaque lac. Bangou Kirey signifie « Mare Rouge » car une eau très chargée en sédiments fins riches en oxyde de fer lui procure en effet une teinte rouge-orangé. Bangou Bi se traduit par « Mare Noire », les reflets d'une eau dépourvue de charge solide et la profondeur du lac lui donne en effet un aspect sombre en surface. Quant à Tondi Gamey, cela se traduit par « Pierre qui coule » en référence à une source qui n'est aujourd'hui plus visible.

Loin du fleuve et des mares, l'eau est accessible par des puits foncés jusqu'à la nappe phréatique. Les puits traditionnels sont à paroi nue et à margelle boisée, les plus profonds dépassent 60 m, l'ouverture est comprise entre 0,5 et 2 m de diamètre. Les plus anciens encore en service dateraient du début du 19^e siècle (Favreau, 2000). À quelques mètres de Tondi Gamey, celui de Dey Koirey toujours ouvert aujourd'hui a été visité par le géologue G. Garde dans les années 1906 - 1909 qui en a relevé le niveau piézométrique.

6.3 Conséquences des changements environnementaux récents

6.3.1 Évolution de l'hydrologie du fleuve Niger

Alors que le débit moyen à Niamey est aujourd'hui de 951 m³/s, il atteignait sur la période 1951/1970 près de 1 200 m³/s et 945 m³/s lors de la grande sécheresse 1971/1990 (Figure I.24) (Descroix *et al.*, 2009). La baisse de la pluviométrie a affecté la recharge des nappes phréatiques guinéennes, or les affluents majeurs dans le bassin amont du Niger sont alimentés par ces eaux souterraines. Les conséquences sont alors directement perceptibles sur le débit du fleuve lors de la crue guinéenne qui s'affaiblit. Cependant dans la zone sahénienne et en amont de Niamey dans le bassin versant de la Sirba entre autres, la dégradation du couvert végétal entraîne une augmentation des surfaces encroûtées qui, comme dit précédemment, favorise grandement le ruissellement de surface. Ce fort ruissellement lors de la saison des pluies locales modifie sensiblement l'hydrogramme du fleuve. Ainsi, bien que les précipitations aient diminué sur l'ensemble de la sous-région, la crue locale devient plus importante, dépassant certaines années la crue guinéenne (Amani & Nguetora, 2002). En 2012, la crue locale a même dépassé le plus haut niveau de crue guinéenne jamais enregistré à Niamey en provoquant de graves inondations dans la ville. Ce changement de régime hydrologique est la conséquence de bouleversements environnementaux directement imputables à l'intensification des activités anthropiques pratiquées sur les bassins versants (Descroix *et al.*, 2012).

6.3.2 Extension des réseaux hydrographiques

Dans les bas-fonds, un réseau hydrique largement ramifié et remontant jusqu'au talus alimente en saison des pluies soit des bassins endoréiques soit des sous bassins du fleuve Niger. Ces ravines se forment lors des écoulements de surface, et atteignent à terme le bord du plateau par érosion régressive. Dans le bassin versant de Dantiandou, les ravines se sont fortement développées au cours des 60 dernières années, leur longueur cumulée a augmenté de 157% entre 1950 et 1992 (Leblanc *et al.*, 2008). À Saga Gorou, le nombre de ravines a été multiplié par trois entre 1950 et 1975 (Abdourhamane Touré, 2011). Les ravines peuvent dépasser 3 m de profondeur et 5 m de largeur. Les causes de leur développement sont directement liées à la dégradation du couvert végétal, à l'encroûtement des sols et au ruissellement (Mamadou, 2012). Cela a entraîné une forte érosion des sols qui occasionne une perte des surfaces agricoles, mais aussi la destruction des sites archéologiques.

6.3.3 Variabilité de la nappe phréatique : le paradoxe de Niamey

La nappe phréatique dans le degré carré de Niamey a bénéficié d'un long et régulier

suivi piézométrique qui met en évidence une hausse continue du niveau. Amorcée dans les années 1960 malgré une période de déficit pluviométrique, elle est estimée entre 0,01 et 0,45 m/an (Figure 1.25) (Leduc *et al.*, 2001). Ce phénomène est lié à l'augmentation du ruissellement de surface en raison de la perte du couvert végétal (Favreau *et al.*, 2009). Les eaux de pluie alimentent alors les mares de bas-fonds qui sont directement connectées à la nappe phréatique, ce qui contribue à sa recharge (Desconnets *et al.*, 1997).

La conséquence de cette hausse est l'envasement de ces mêmes bas-fonds quand la cote d'eau devient supérieure à celle de la topographie des lieux. Des lacs permanents ou des mares, nom plus communément employé dans la zone sahélienne, font leur apparition et génèrent un fort intérêt sanitaire et économique pour la population locale.

À Saga Gorou, la cote d'eau dans le puits nommé Dey Koirey situé à 300 m à l'est du lac de Tondi Gamey a été mesuré une première fois dans les années 1906-09 par le géologue G. Garde (1910) ; ce relevé permet de constater une hausse de la nappe phréatique de $10 \pm 2,5$ m en avril 1998 (Favreau, 2000) et de $11 \pm 2,5$ m en avril 2008⁶. La hausse de l'aquifère génère ainsi durant cette période de sécheresse un atout pour la population dont l'approvisionnement en eau n'est pas compromis.

Les ressources en eau, dont la principale est le fleuve Niger, sont inégalement réparties sur le territoire. Elles constituent un point d'ancrage pour l'Homme et sont déterminantes et indispensables à son implantation. Le fleuve Niger constituerait ainsi un axe structurant pour la région.

7. Présentation des sites d'étude

Le Sahel est une région soumise, depuis le milieu du 20^e siècle, à de fortes variations climatiques associées à un développement exponentiel de la population dont les conséquences environnementales ont été rapidement perceptibles. De ce fait, la question se pose de savoir si de tels phénomènes ont déjà pu se produire dans le passé. Pour répondre à cette question, nous avons entrepris d'étudier, dans la zone sahélienne, les populations anciennes dans leur contexte environnemental ; pour cela six sites d'étude ont été choisis entre la vallée du fleuve Niger et le Dallol Bosso.

Trois secteurs constituent l'étude principale. L'un en rive orientale : le bassin versant

6] Relevé par nos soins

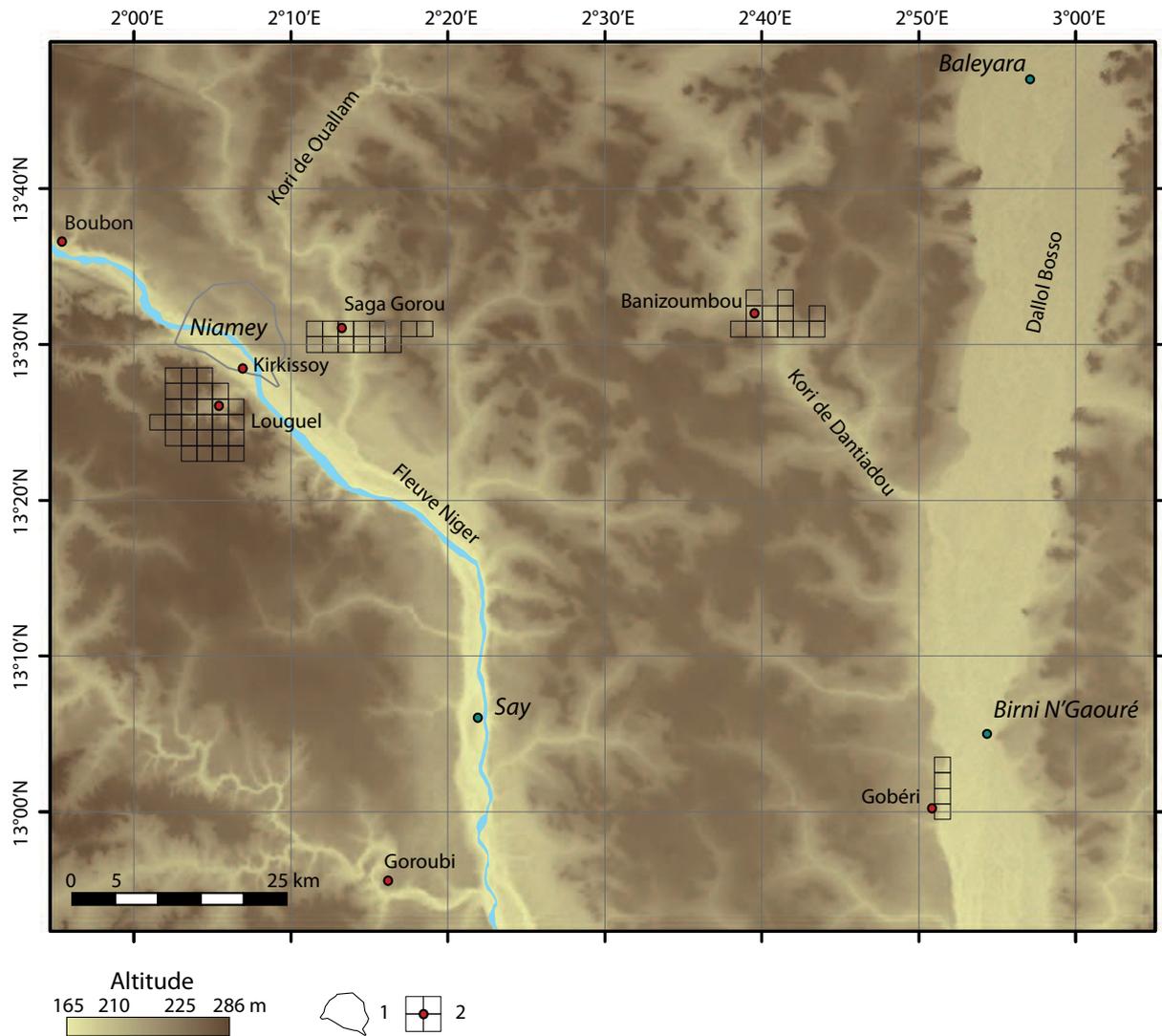


Figure I.26. Carte de répartition des sites d'étude entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso

1 : Zone urbaine de Niamey ; 2 : Zone de prospection, un carré équivaut à une minute carré (1 min = 1,83 km)

des lacs de Saga Gorou dans le Kori de Ouallam (13°30'N, 2°13'E) qui a révélé des occupations des périodes néolithique et historique. Deux autres en rive occidentale : Kirkissoy (13°28'23"N, 2°07'15"E), une ancienne île témoin d'une occupation néolithique au milieu du fleuve Niger et les plateaux aménagés de Louguel (13°23'25"N, 2°03'50"E) qui surplombent la vallée du fleuve.

Trois autres sites secondaires ont été prospectés : l'île de Boubon (13°35'50"N, 1°55'26"E), les environs du village de Banizoumbou (13°31'45"N, 2°39'30"E) et la bordure ouest du Dallol Bosso méridional, au sud de la ville de Birni N'Gaouré près de Gobéri (13°00'30"N, 2°51'E) (Figure I.26). Les sites d'étude sont ainsi répartis sur un transect est-ouest permettant de couvrir l'ensemble des territoires, de la rive du fleuve aux hauts plateaux, du bassin versant d'une vallée sèche, au cœur de la brousse et sur les falaises d'un dallol.

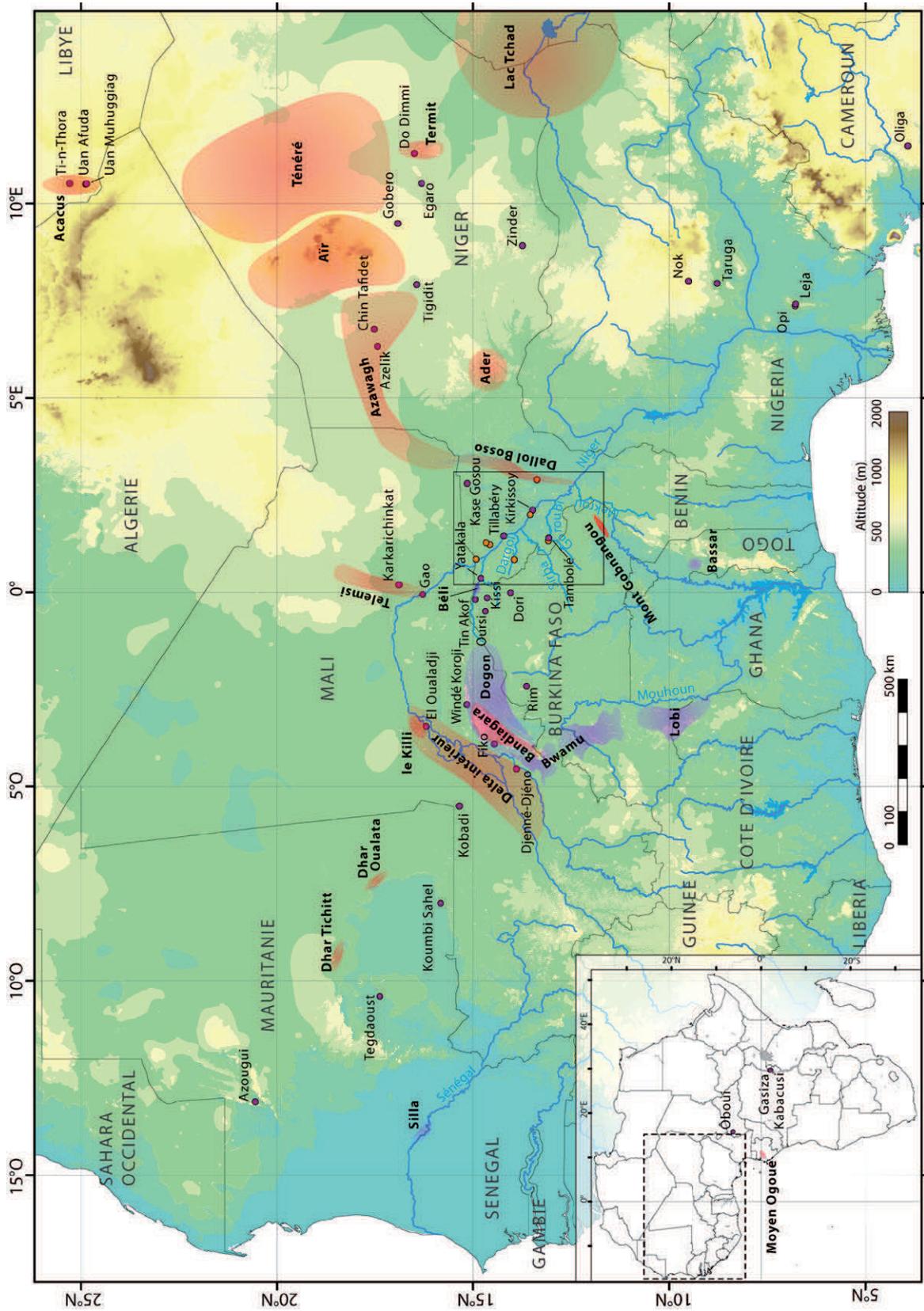


Figure I.27. Zones géographiques et sites archéologiques mentionnés dans le texte. Le cadre et les points oranges renvoient à la Figure I.32

Deuxième chapitre

Dynamique sociétale en Afrique de l'Ouest

1. Brève histoire de l'archéologie ouest-africaine

1.1 Les précurseurs

Les recherches archéologiques en Afrique de l'Ouest ont débuté pendant la période coloniale française au début du 20^e siècle. Les premières publications sont l'œuvre de militaires et d'érudits européens. L'administrateur Maurice Delafosse publie en 1902 un état des lieux des ruines du Lobi au nord-ouest du Burkina Faso (Figure I.27⁷) et le lieutenant Desplagnes les premières fouilles archéologiques (1903, 1904) entreprises dans la région du delta intérieur du fleuve Niger au Mali. Celles-ci sont respectivement consacrées aux tumuli historiques du Killi (Desplagnes, 1903) et à ceux de El Oualadji (Desplagnes, 1951) ; il publia également le rapport de sa mission archéologique dans la boucle du Niger (Desplagnes, 1907). S'ensuivirent de nombreuses recherches et publications sur toutes les périodes, du Paléolithique à la fin des grands empires africains. Dès 1936, l'Institut Français de l'Afrique Noire⁸ (I.F.A.N.) est créé à Dakar (Sénégal) par le Gouverneur Général de l'Afrique Occidentale Française, Jules Brevié, avec le soutien de Théodore Monod qui prendra le poste de Secrétaire Général puis de directeur jusqu'en 1965. L'I.F.A.N. est un institut de recherche en sciences sociales, humaines et naturelles, qui comprend de nombreuses annexes locales, créées dans les capitales de la sous-région, dénommées Centres I.F.A.N. (ou « centrifans ») comme à Niamey en 1944. Après l'indépendance, en 1964, celle-ci devient, sous la direction de Jean Rouch, le Centre Nigérien de Recherche en Sciences Humaines (C.N.R.S.H.), où le service archéologique est instauré en 1966, puis en 1974 l'Institut de Recherche en Sciences Humaines (I.R.S.H.) qui est intégré à l'université de Niamey.

En Afrique de l'Ouest, les recherches archéologiques se sont principalement concentrées dans la région saharienne et dans la vallée du fleuve Niger ; de nombreuses missions françaises, dont celles de l'Institut de Recherche pour le Développement (I.R.D.)⁹, et internationales ont permis de mettre au jour des sites majeurs et d'acquérir

7] Toutes les données géographiques mentionnées dans le chapitre sont localisées sur cette figure

8] En 1966, l'IFAN deviendra l'Institut Fondamental d'Afrique Noire, puis en 1986 y sera accolé le nom de Cheikh Anta Diop

9] Nommé Office de la Recherche Scientifique et Technique d'Outre Mer (O.R.S.T.O.M.) jusqu'en 1998

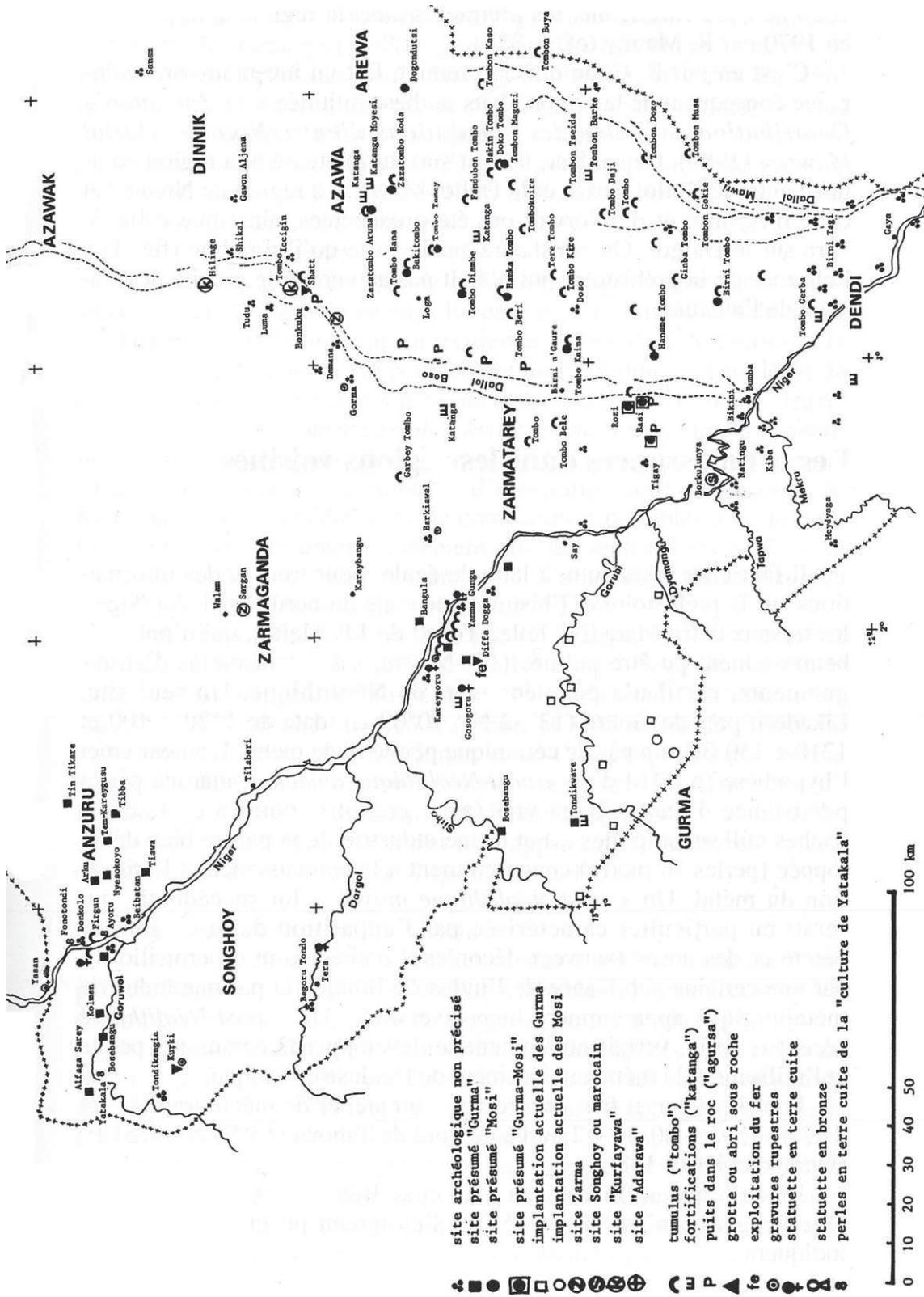


Figure 1.28. Carte archéologique du Sud-ouest du Niger (Gado, 1980)

la base des connaissances archéologiques en Afrique de l'Ouest.

Les données sur la préhistoire du Niger apparaissent tardivement ; les indices d'occupation recueillis pour cette période y sont dans un premier temps assez rares (Mauny, 1949 ; de Beauchêne, 1966), alors que la préhistoire est étudiée depuis plusieurs décennies en Afrique de l'Ouest (de Zeltner, 1907 ; Laforgue, 1925). Les premières synthèses des connaissances archéologiques sont consacrées à la période historique et plus particulièrement à l'étude de la métallurgie du fer. Elles couvrent l'ensemble de l'Afrique de l'Ouest (Francis-Boeuf, 1937 ; Mauny, 1952) voire du continent (Cline, 1937) et témoignent de la grande variété de savoir-faire des métallurgistes.

Les premiers explorateurs européens traversant les terres intérieures du continent témoignent des activités quotidiennes de la population locale et révèlent à l'ancien monde les richesses du continent noir (Park, 1799 ; Mollien *et al.*, 1820 ; Laing, 1825 ; Caillié & Jomard, 1830 ; Raffenel, 1846 ; Barth, 1857-1858). Ces voyages ont fourni les premiers témoignages ethnographiques qui ont été suivis au 20^e siècle par de nombreuses enquêtes et études scientifiques consacrées, en autres, à la pratique de la métallurgie du fer, comme celles menées dans l'Ader au sud du Niger par N. Echard (1968, 1983). L'étude des premiers métallurgistes alimenta au cours de la seconde moitié du 20^e siècle de nombreuses discussions à propos de l'origine diffusionniste ou autochtone de cette pratique (Alpern, 2005).

1.2 Le Sud-ouest du Niger : synthèses et état des lieux de la recherche archéologique

Les données archéologiques au Sud-ouest du Niger sont relativement peu nombreuses ; un premier bilan a été dressé par Boubé Gado (1980), qui signale que *les sites connus jusqu'à présent, s'ils sont de types divers quant à leurs caractéristiques topographiques, sont quand même assez peu variés quant à leur chronologie ; les sites préhistoriques découverts sont notamment rares.* (p. 36). Ce constat pour la préhistoire est toutefois relativisé par Vernet (1996; p. 30) qui précise à ce propos que *la préhistoire n'était pas au centre de gravité de l'auteur* [B. Gado]. Cependant, ces travaux ont l'intérêt de fournir une première carte archéologique de la région (Figure I.28). Par la suite, entre 1987 et 1993, un projet d'inventaire archéologique du Sud-ouest du Niger a permis d'établir une carte archéologique intégrant un grand nombre de datations radiocarbone (Figure I.29) (Devisse & Vernet, 1993). Elle est publiée dans le catalogue de l'exposition internationale itinérante « Vallées du Niger » (1993-1996) qui dévoila les richesses archéologiques de la région. Les résultats détaillés de ces prospections menées principalement en bordure des axes routiers ont, par la suite, fait l'objet d'une

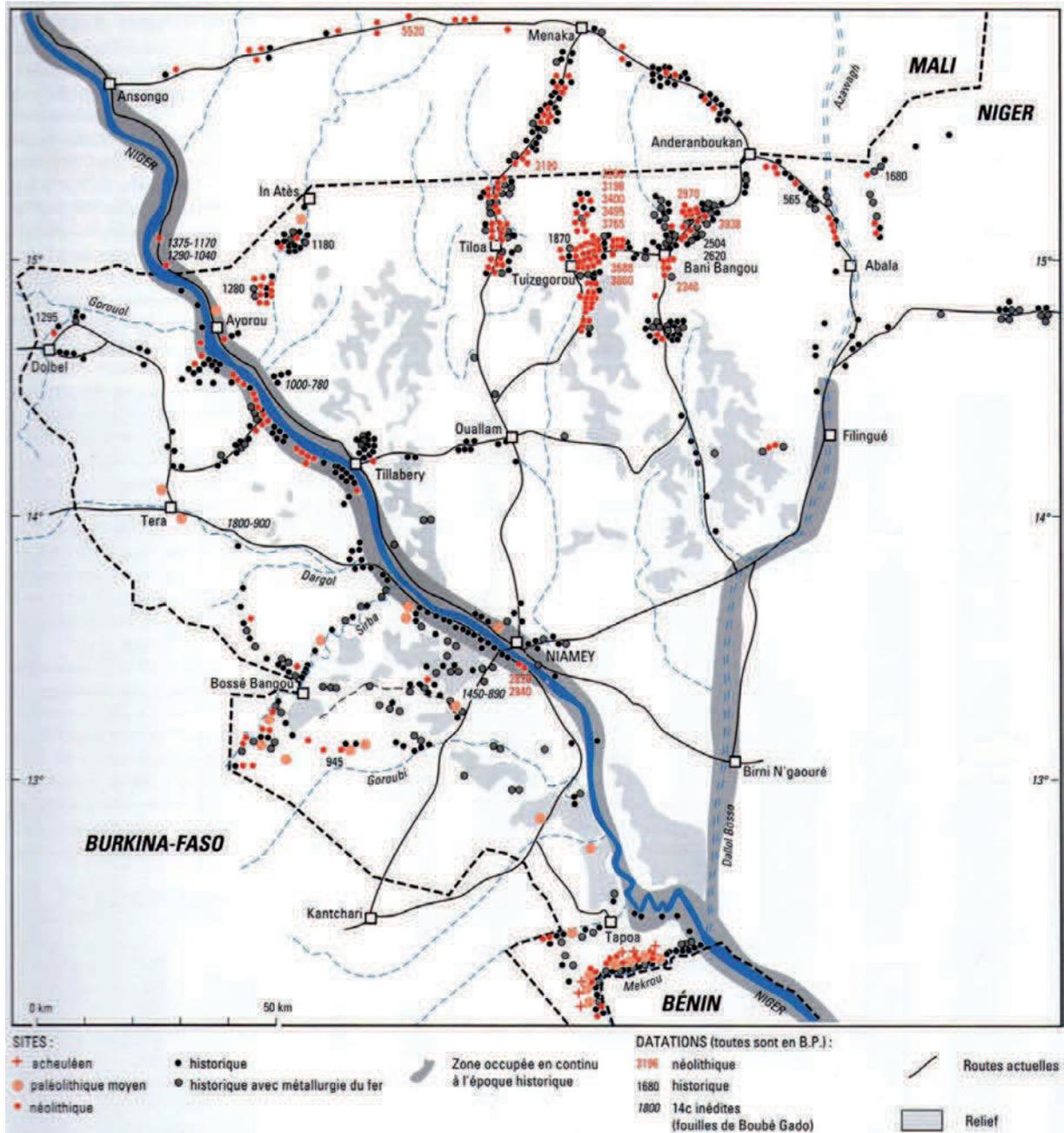


Figure I.29. Inventaire des sites archéologiques du Sud-ouest du Niger (Devisse et Vernet, 1993)

publication intitulée *Le Sud-ouest du Niger, de la préhistoire au début de l'histoire* (Vernet, 1996).

Suivront dans les années 2000 deux synthèses consacrées à l'ensemble du Niger, l'une est intégrée à l'édition d'un ouvrage regroupant 21 contributeurs de cinq pays de l'Afrique de l'Ouest (Vernet, 2000) et l'autre établit un bilan de la recherche archéologique au Niger et rassemble un grand nombre de dates radiocarbone réalisées dans le pays (Haour, 2003).

1.3 Les études paléoenvironnementales sahélo-sahariennes

Outre les études paléoclimatiques initiées dans les années 1980 dans la région du lac Tchad (Maley, 1981), les publications et les monographies consacrées aux interactions entre l'Homme et le milieu sont assez peu nombreuses (Williams & Faure, 1980 ; Petit-Maire & Riser, 1983 ; Shaw *et al.*, 1993 ; Breunig *et al.*, 1996 ; Durand *et al.*, 1999 ; Hassan, 2002 ; Stahl, 2005 ; Sereno *et al.*, 2008 ; Le Drezen, 2008). Elles questionnent les liens entre les modes de vie des populations anciennes (agriculture, pastoralisme) et les changements environnementaux majeurs (climat, végétation) subis et/ou engendrés par ces populations.

L'archéologie en Afrique de l'Ouest est encore largement à écrire. Bien que les recherches aient été nombreuses au milieu du 20^e siècle et après l'indépendance, elles sont aujourd'hui très limitées face à l'ampleur des territoires à explorer ; les conditions financières et sécuritaires sont actuellement un frein à l'archéologie africaine. Les instances universitaires africaines se mobilisent prioritairement pour la sauvegarde de leur patrimoine en sensibilisant les gouvernements et la population face aux pillages d'ampleur internationale ; leur volonté est de montrer au monde que l'Afrique a une histoire.

Les études paléoenvironnementales sont très limitées et le Sud-ouest du Niger en est totalement dépourvu, alors que la vallée du fleuve Niger qui traverse la région est un milieu sensible aux évolutions environnementales avec un potentiel d'enregistrement sédimentaire élevé.

La courte synthèse qui suit offre un cadre archéologique et historique illustrant la dynamique sociétale de la région ouest-africaine et plus particulièrement celle du Sud-ouest du Niger. Elle se limite aux périodes abordées par ces travaux de recherches, soit du Néolithique à la période précoloniale, en insistant sur la pratique de la métallurgie du fer.

2. Le Néolithique du Sud-ouest du Niger dans le contexte africain

2.1 Apparition du Néolithique

Au Proche-Orient et en Europe, la néolithisation se caractérise par la pratique concomitante de l'élevage et de l'agriculture et la maîtrise de la céramique qui conduisent à la sédentarisation de la population et à l'urbanisation (Childe, 1936). Le Néolithique apparaît ainsi il y a près de 10 000 ans en Palestine dans le Croissant Fertile avant de se répandre en Europe où il atteindra l'Atlantique 5 000 ans plus tard. Cette définition du Néolithique ne peut cependant pas être transposée directement au continent africain où la présence simultanée de ces critères technique et économique au sein d'une même population n'est pas systématiquement observé aujourd'hui (Huysecom, 2007). C'est pourquoi le terme « néolithique » a été, et est toujours discuté pour qualifier cette période sur le continent africain (Sinclair *et al.*, 1993). En effet, la culture néolithique dans la région saharienne, région aujourd'hui désertique comprise entre le 17°N et 30°N, est généralement identifiée par la présence de la céramique, associée à des haches polies et du matériel de broyage, alors que les indices de domestication des espèces végétales et animales, ou de sédentarisation sont incertains.

La céramique est un indice majeur de la néolithisation ; ces objets témoignent d'une technicité et d'une maîtrise de la matière par leur façonnage et leur cuisson qui révèlent une avancée technique forte qui peut s'apparenter à la « domestication » de la terre argileuse. De plus, la fragilité et le poids des récipients impliquent une utilisation par des populations sédentaires (Huysecom, 2007). Quant à la cueillette sélective et intensive de graminées sauvages, elle a longtemps perduré avant d'être substituée par des espèces sélectionnées pour la production agricole (Huysecom, 2007).

Les premiers indices de ce changement culturel apparaissent dès le début de l'Holocène lors d'une période climatique plus humide que l'actuel, durant laquelle les populations occupent des territoires plus au nord là où aujourd'hui le climat est désertique. Les premières céramiques utilitaires en Afrique de l'Ouest apparaissent au plus tôt vers 11 350 cal BP (9 400 cal BC) au Mali (Huysecom *et al.*, 2009), mais dans l'Air et le Ténéré (Niger), des niveaux stratigraphiques datées de près de 10 000 ans révèlent également la présence de céramiques associées à du mobilier lithique (Roset, 1982, 1983). Ces découvertes démontrent l'existence d'un foyer africain d'invention de la céramique indépendant de celui du Proche-Orient (Roset, 1987). Les récipients sahariens qui présentent une grande variété de formes, de dimensions et de décors sont principalement culinaires ; ils servent à préparer et à stoker les denrées alimentaires issues de la collecte régulière de fruits et de graminées sauvages, tel

le sorgho (*Sorghum bicolor* subsp. *arundinaceum*). L'espèce sauvage de cette céréale a été exploitée dès 8 955 cal BP (8 060 ± 130 ¹⁴C BP) au sud de l'Égypte en effectuant des collectes voire des récoltes régulières (Wasylikowa & Dahlberg, 1999). La domestication des plantes semble n'apparaître que bien plus tard. Les premiers indices actuellement connus sont relevés dans le Tilemsi (Mali) où des datations effectuées sur des graines de mil (*Pennisetum* sp.) attestent de la domestication de cette céréale à partir de 4 485 cal BP (4 011 ± 33 ¹⁴C BP) (Manning *et al.*, 2011). Dans le Dhar Oualata (Mauritanie), des empreintes de graines de mil domestiques dans la céramique confirment la pratique de l'agriculture avant 2 880 cal BP (2 740 ± 160 ¹⁴C BP) (Amblard & Pernès, 1989). La domestication des animaux est plus ancienne ; des pratiques pastorales apparaissent dès 10 015 cal BP (8 935 ± 100 ¹⁴C BP) à Uan Afuda dans les zones montagneuses du désert libyen où des mouflons ont été gardés en captivité au fond d'une grotte habitée par l'Homme (Di Lernia, 2001). Le pastoralisme est également suggéré par l'abondance des gravures rupestres dans les massifs sahariens où celles de bovinés sont attestées dans le Sahara libyen vers 6 905 cal BP (6 035 ± 100 ¹⁴C BP) dans la région de Wa-n-Muhuggiag (Belluomini & Manfra, 1987) et vers 6 810 cal BP (5 970 ± 50 ¹⁴C BP) dans la région de Ti-n-Torha (Barich *et al.*, 1984). La présence de caprinés est attestée dans le désert libyen, dans l'Acacus dès 6 725 cal BP (5 900 ± 80 ¹⁴C BP) (Garcea & Sebastiani, 1995) ; ils supplanteront les bovinés lorsque le climat deviendra plus aride (Di Lernia, 2002).

Le traitement des morts est également un autre signe majeur de cette nouvelle société. En effet, la plus ancienne nécropole est datée de 9 600 et de 8 230 cal BP (8 640 ± 40 ¹⁴C BP - 7 390 ± 40 ¹⁴C BP) dans le Sahara nigérien à Gobero où ont vécu les kiffiens, des chasseurs-pêcheurs-cueilleurs sédentaires qui ont produit une céramique fines aux décors soignés. Leur corps, d'une stature de près de 2 m, est fléchi en décubitus dorsal avec les mains sur la bouche et les pieds croisés. Cette position suggère que le corps était attaché par un lien ou enveloppé dans une peau, bien qu'aucune trace de ces matériaux périssables ne soit conservée. 17 sépultures ont ainsi été découvertes, laissant supposer une pratique rituelle liée à cette période. 1 000 ans plus tard, une nouvelle phase, occupée par les ténéériens, est marquée par la présence de sépultures où les corps sont inhumés en position semi-fléchie sur l'un des côtés (Sereno *et al.*, 2008). Ce mode d'inhumation en position fléchie ou semi-fléchie semble perdurer durant le Néolithique. À Chin Tafidet dans l'Azawagh (Niger), 76 sépultures ont été ainsi recensées, trois d'entre elles ont été datées entre 4 350 et 4 120 cal BP (3 910 ± 150 et 3 730 ± 200 ¹⁴C BP) (Paris, 1984, 1992).

Comme le résume Holl (2009c), le 10^e millénaire avant notre ère se caractérise par :

- l'appropriation d'un territoire marqué par l'occupation répétée voire continue d'un lieu,
- l'exploitation intensive des ressources animales et végétales,
- l'élargissement de la culture matérielle avec notamment l'invention de la poterie.

Ces tendances mettent ainsi en place les premiers éléments qui donneront naissance au Néolithique.

La néolithisation de la région subsaharienne semble donc s'effectuer de manière indépendante, sans lien avec le pourtour méditerranéen. Elle se définit avec les mêmes avancées techniques, même si elles ne sont pas simultanées dans le temps et dans l'espace. Cela déclenche ainsi une « révolution » plus diffuse mais tout aussi capitale, occasionnant un changement sociétal et environnemental fort.

2.2 Le Néolithique au sud du Sahara

2.2.1 Données générales

Dans la zone sahélienne actuelle, entre 12° et 17°N, les données archéologiques semblent beaucoup moins nombreuses qu'au Sahara. La forte occupation humaine actuelle de la zone occasionne par l'érosion des sols, le pâturage, ou les nouvelles zones d'habitat la destruction des sites, rendant les artefacts archéologiques plus difficiles à percevoir. Quelques sites en fournissent toutefois de nombreux comme dans la région du delta intérieur du Niger et sur le plateau de Bandiagara (Mali). Ce dernier livre d'ailleurs l'une des successions de phases d'occupations la plus complète depuis le Paléolithique. Le Néolithique est identifié dès le 10^e millénaire avant notre ère. Très précoce dans cette région, il est subdivisé en trois périodes. Le Néolithique ancien (10^e-8^e millénaires BC) est caractérisé comme nous l'avons signalé, par une industrie lithique de type microlithe et une céramique précoce (Raeli & Huysecom, 2001 ; Huysecom *et al.*, 2009) ; cette dernière constituerait selon Huysecom (2007), les premiers indices d'un foyer de néolithisation en Afrique de l'Ouest. Les Hommes se seraient déplacés par la suite dans la zone saharienne au nord où le climat était devenu plus clément avant que les isohyètes ne les repoussent vers le sud 2000 ans plus tard comme l'atteste le hiatus archéologique durant cette période. Par la suite, une seule occupation du Néolithique moyen assez mal définie et sans vestige céramique conservé a été mise en évidence (6100 ± 1300 ka (OSL)) ; il s'agit d'une industrie lithique sur

grès quartzitique avec de nombreux éclats et des armatures de flèche dont certaines sont denticulées (Huysecom *et al.*, 2004a ; Ozainne, 2013). Le Néolithique récent (3^e-2^e millénaires BC) se différencie par la présence de grands récipients hémisphériques à paroi fine et à dégraissant de quartz ou de spicules d'éponge. Le décor des panses est de type « dotted wavy line ». Le matériel de broyage est particulièrement abondant au sein des structures d'habitat. Au cours du 2^e millénaire BC, la céramique est à dégraissant de quartz ou de chamotte, la forme devient, de manière générale, plus globulaire et à ouverture étroite ; la plupart des décors a été obtenue par impressions roulées (Huysecom *et al.*, 2004b). L'habitat est matérialisé sur les rives d'un ancien cours d'eau par de petites constructions en pierre sèche, suggérant une occupation saisonnière (Ozainne, 2006).

Outre le plateau de Bandiagara, la région sahélienne est principalement occupée au Néolithique récent, mais pour différencier cette occupation plus tardive, le terme de « Néolithique sahélien » a été utilisé. En effet, en bordure de la falaise de Tigidit au sud d'Agadez, en limite du Sahara, le Néolithique sahélien se distingue par une céramique dite de type Wasa, récipients ovoïdes à col évasé et vases à fond aplati (Grébénart, 1985, p. 81). Les sites de cette région sont datés entre 3 390 et 2 945 cal BP (3 170 ± 95 et 2 795 ± 105 ¹⁴C BP). Plus à l'ouest, dans le Telemsi au nord de Gao (Mali), le gisement de Karkarichinkat, daté de 4 010 et de 3 560 cal BP (3 670 ± 80 et 3 310 ± 100 ¹⁴C BP), a révélé une grande quantité de matériel lithique et céramique associée à des statuettes zoomorphes et à des ossements d'animaux (Smith, 1974). Le mode sédentaire, le pastoralisme, la chasse et la pêche sont ainsi attestés dans la région. Au nord-ouest du delta intérieur du Niger, le site lacustre de Kobadi (Mali) révèle un vaste gisement de surface associé à une nécropole, il est occupé entre 3 585 et 2 495 cal BP (3 335 ± 100 et 2 415 ± 120 ¹⁴C BP) (Raimbault & Dutour, 1990). Le matériel archéologique atteste d'une longue et vaste occupation ; il se compose principalement d'une céramique soignée à décors variés et d'une industrie osseuse abondante témoignant d'une pratique importante de la pêche. La chasse et l'élevage sont également pratiqués. Cette tradition s'étend également dans la boucle du Niger comme en témoigne le complexe de Windé Koroji situé à 280 km à l'est de Kobadi (MacDonald, 1996). Au nord du Burkina Faso, les environs du village de Rim ont livré, entre 3 600 et 2 000 BP, une phase d'occupation marquée par la présence de céramiques, de plantes céréalières et de nombreux restes osseux témoins de la pratique de la chasse (Koté, 2000b). Au nord-est du Burkina Faso, deux faciès se distinguent : le plus au nord, à la frontière malienne, est celui de Tin Akof, le lithique est peu élaboré, différentes variétés de silex sont utilisées ainsi que le quartz qui

reste toutefois minoritaire. La céramique est généralement à dégraissant organique et à décors à impression et à roulette. Des graines de *Pennisetum glaucum* ont également été découvertes, l'une d'elles a été datée vers 2 960 cal BP (2840 ± 49 ^{14}C BP). Le second faciès est celui de Dori, il est caractérisé par une industrie à éclats microlithiques retouchés très majoritairement en quartz, la céramique est à pâte fine et très fragmentée, les décors sont à impression pivotante ou à incision. La datation de ce faciès est mal définie, cinq dates s'échelonnent entre 698 ± 43 et 9230 ± 50 ^{14}C BP (Vogelsang *et al.*, 1999). Outre ces indices, la datation la plus ancienne et la plus fiable de la région est celle de Cocorba près de Oursi, elle attesterait des premières occupations néolithiques vers 4 065 cal BP (3722 ± 33 ^{14}C BP) (Breunig & Neumann, 2002b). Le néolithique sahélien se serait répandu du nord vers le sud en suivant les isohyètes qui ont progressivement migré à compter du 5^e millénaire, les populations ont alors été contraintes de se déplacer pour fuir l'aridification de leur environnement (Raimbault, 1996). Plus au sud dans le domaine sahélo-soudanien, les sites néolithiques sont essentiellement antérieurs au 3^e millénaire BC (3950 cal BP), que ce soit dans les Mont Gobnangou au sud-est du Burkina Faso ou dans la région du lac Tchad nigérian. Pour l'un, les plus anciens groupes de céramique provenant d'une stratigraphie perturbée ont été datés par thermoluminescence entre 2350 et 1800 BC (Frank *et al.*, 2001 ; Wotzka & Goedicke, 2001) et pour l'autre l'occupation la plus ancienne est datée de 4 050 cal BP (3690 ± 120 ^{14}C BP) (Breunig & Neumann, 2002b).

Quant au Néolithique du Sud-ouest du Niger où les données archéologiques sont très disparates, il semble suivre le même schéma de diffusion. Selon Vernet (1996), trois zones se distinguent :

- le nord de la région, caractérisé par des sols sableux, représente l'avancée ultime vers le sud du Néolithique saharien qui se définit par une forte occupation dans le temps et dans l'espace (quatre phases de 3 900 à 2 900 BP),
- les vallées du fleuve Niger et de ses affluents de la Sirba à la Mekrou, pour lesquelles la culture de Kirkissoy semble prédominer (vers 3 000 cal BP),
- la vaste région des plateaux entre le fleuve et le Dallol Bosso où le Néolithique est peu visible voire absent.

2.2.2 Les sites dunaires du nord de la région du Sud-ouest du Niger

Les sites d'occupation néolithique sur les surfaces sableuses sont très nombreux ; ces milieux ont l'avantage de fournir un sol favorable aux cultures et aux pâturages

et un accès à l'eau dans les dépressions sous forme d'un marigot ou de puits. Les sols sableux sont de plus bien drainés et les aménagements en surface nécessaires à l'installation d'un groupe de personnes sont aisés. Ce milieu est d'ailleurs toujours privilégié par la population actuelle, ce qui occasionne la superposition des niveaux d'occupation et un problème d'enregistrement stratigraphique pour les niveaux anciens. Pour ces raisons, Vernet, (1996, p. 134) souligne que *presqu'aucun site du Sud-ouest du Niger n'est homogène*. Cette configuration rend difficile la datation des occupations, toutefois la chronologie de ces sites au Sud-ouest du Niger, *stricto sensu*, ne dépasse jamais le 4^e millénaire (Vernet, 1996).

La plupart de ces sites sont de petite taille ; ils sont identifiables par la présence de quelques tessons, de nombreux éclats de quartz et de quelques outils, d'armatures de flèches et de fragments de matériaux de broyage (Vernet, 1996). Ce mode d'occupation est comparable à celui pratiqué par les éleveurs peuls et touaregs semi-nomades actuels.

Sur chacun des sites, l'industrie lithique est globalement très homogène, le quartz constitue la matière première principale et l'outillage est peu varié, il se compose de haches polies en roche métamorphique, de tranchants transversaux, de perçoirs, de grattoirs, de microlithes, de racloirs d'éclats ou de lamelles faiblement retouchés et d'armatures de flèches. Ces dernières sont nombreuses et de bonnes facture, les formes denticulées sont les plus caractéristiques.

La céramique est également homogène, le dégraissant est le plus souvent constitué de sables fins ; leur morphologie est variée, mais la forme hémisphérique domine. Les décors sont le plus souvent constitués de lignes verticales ou horizontales réalisées aux peignes à dents ; l'usage de motifs par impression pivotante et flammée est également fréquent.

2.2.3 Les sites de la vallée du fleuve Niger et de ses affluents

Les sites dits fluviaux occupent les vallées du fleuve Niger et de ses affluents actifs situés en rive droite, depuis la Sirba au Nord jusqu'à la Mekrou au Sud. Les vallées du Dargol et du Gorouol, au nord de la Sirba, sont de façon étonnante, dépourvues de site, comme cela semble être le cas plus au nord au Mali (Gaussen & Gaussens, 1988) et dans le delta intérieur comme s'en le souligne Raimbault (1996). Dans les vallées, les occupations néolithiques sont globalement moins nombreuses que dans la région des dunes plus au nord. Bien que la représentativité des sites puisse être discutée en raison du biais causé par la préservation inégale des sites, les conditions

de vie semblent être plus contraignantes dans les vallées où la faune et la flore sont nettement plus hostiles.

Les sites étudiés et datés sont très peu nombreux ; seuls deux ont donné lieu à une publication : le site de Kirkissoy, un quartier de Niamey (Vernet, 1996), et les sites de la vallée de la Mekrou au sud du pays (Vernet, 1994 ; Idé, 2000).

2.2.3.1 Kirkissoy

Le site de Kirkissoy constitue un site néolithique majeur pour la région sahélienne par l'abondance du mobilier stratifié, par son étendue et par sa position en bordure du fleuve Niger.

Il est aujourd'hui localisé en zone urbaine en rive droite. Il se situe sur une ancienne île du fleuve dont l'un des bras d'eau, aujourd'hui fossile, est aménagé en rizières et en carrières de matériaux de construction. Ce site a été mis au jour lors de travaux de construction de bâtiment agricole et dans une carrière de sable qui l'a partiellement détruit. C'est actuellement l'extension du quartier urbain de Kirkissoy qui menace ce site de disparition.

Le site semble très étendu, deux zones d'occupation stratifiées ont pu être identifiées. Elles sont nommées Kirkissoy I (Kk-I) et Kirkissoy II (Kk-II).

L'occupation Kk-I est très altérée, elle affleure à la surface du sol. Elle a été localisée en bordure de l'île à une cote altimétrique plus basse que celle de la carrière. La céramique est à dégraissant minéral et caractérisée par de nombreux bords en biseau ; la poterie est généralement fine et à engobe. Les décors sont majoritairement réalisés au peigne à dents.

L'industrie lithique est de fabrication locale et essentiellement composée de quartz et de dolérite. Elle est peu variée et généralement de facture médiocre. Les éclats de quartz sont les plus abondants, les principaux types d'outils sont les racloirs, les pointes et les perçoirs. Les haches en dolérite sont nombreuses, de toutes formes et dimensions. Le matériel de broyage est également abondant et varié. Les armatures de flèches sont de forme triangulaire et sont soit d'importation, en silex brun avec des retouches envahissantes, soit locales en schiste et en dolérite.

L'occupation Kk-II s'étend sur un peu moins d'un mètre de puissance et se subdivise en quatre niveaux stratigraphiques. Les vases aux bords en biseau perdurent durant les

trois premières phases, bien que les bords droits et évasés deviennent prédominants dans les niveaux les plus récents. La couche inférieure est caractérisée par les vases à engobe et les décors à motifs complexes réalisés au peigne à dents ou à la demi-tige creuse et à la cordelette, dans les niveaux supérieurs, les décors au peigne fileté recouvrent l'ensemble du vase. Enfin dans le dernier niveau, les décors sont majoritairement faits d'impressions à la cordelette roulée, au peigne fileté souple ou au poinçon. Le dégraissant de l'ensemble de ces poteries est minéral, à l'exception de celles appartenant au dernier niveau qui sont constitués de chamotte.

Concernant l'industrie lithique, aucune évolution stratigraphique n'a été constatée. Elle est globalement similaire à Kk-I bien que plus riche. La matière première est identique, mais l'outillage en quartz est moins fréquent. Toutefois, de nombreux petits galets plats de quartz ont été taillés pour enlever des lamelles sur les deux faces. La fonction de ces objets reste énigmatique, racloirs ou nucléus ? Les haches sont toujours aussi abondantes, certaines sont très soignées, la plupart sont en dolérite, mais quelques unes sont en roche métamorphique. Le matériel de broyage est représenté par tous les types de molettes, palettes, petits pilons et percuteurs, le plus souvent en quartz. Ce matériel soigné et abondant a probablement joué un rôle important dans cette société. Les armatures de flèches paraissent très variées, elles sont en silex, en quartzite à grain fin ou en quartz. Ces dernières sont à pédoncules et à ailerons, d'autres sont de forme triangulaire. Des pièces denticulées ont également été retrouvées.

La chronologie du site repose sur seulement trois datations radiocarbone pour lesquelles la fiabilité est discutée par l'auteur Vernet (1996, p. 241). Elles sont réparties comme suit :

Tableau I.4. Datations radiocarbone de Kirkisoy (Vernet, 1996).

Site	Code labo	Matériel	Age ¹⁴ C BP	Age cal BP (μ)	Age cal BC-AD (2σ)
Kirkisoy I	Ly 5740	Charbon de bois	2 825 ± 210	2985	1508 – 418 BC
Kirkisoy I	NIA 121	Charbon de bois	3 050 ± 80	3240	1492 – 1055 BC
Kirkisoy II	NIA 58	Charbon de bois	2 940 ± 90	3105	1394 – 923 BC

Curve IntCal 09, Oxcal 4.1. Bronk Ramsey, 2009

La plus ancienne (Ly 5740) a été mesurée sur un ou plusieurs charbon(s) situé(s) à environ 30 cm sous la surface. La position semble incertaine et la marge d'erreur importante en raison de la faible quantité de charbon rend cette date très imprécise. La deuxième (NIA 121) paraît être la plus fiable ; quant à la troisième (NIA 58), elle

est issue de plusieurs charbons récoltés sur une même couche archéologique située au centre du niveau K-II. La chronologie du site néolithique de Kirkissoy reste donc à préciser ; nous pouvons toutefois placer cette occupation entre le 15^e et le 11^e siècles avant notre ère.

L'étude de Kirkissoy apporte un éclairage sur le Néolithique final de la région, la population de ce site d'occupation d'apparence sédentaire aurait vécu de la pêche, de la chasse, de l'élevage et de l'agriculture (Vernet, 1996, p 270). La position du site bénéficie de nombreux atouts : le fleuve, des terres arables, des pâturages, la forêt et les plateaux. Ce milieu lui procure de la matière première abondante et variée, à l'exception du silex qui est rare et de qualité médiocre, ce qui a produit une industrie lithique peu sophistiquée. Dans le dernier niveau de K-II, l'usage d'un dégraissant à chamotte initie une nouvelle pratique, qui se généralise par la suite au cours de la période historique et qui perdure jusqu'à nos jours. Ce dernier niveau annoncerait donc la transition entre le Néolithique et l'Âge du fer.

La céramique de Kirkissoy fait partie d'une ensemble stylistique qui s'étend le long de la vallée jusqu'au delta intérieur, où des similitudes entre les décors sont observées comme à Kobadi (Gallin, 2011) et à Bandiagara (Ozainne *et al.*, 2004). Ce constat pourrait s'étendre également à l'est du Burkina Faso et jusqu'à la vallée de la Mekrou (Vernet, 1996).

2.2.3.2 Les affluents : de la Sirba à la vallée de la Mekrou

La vallée de la Mékrou est située dans le domaine climatique soudanien et est caractérisée par une succession de terrasses alluviales dans lesquelles les occupations paléolithiques et néolithiques sont préservées. Les indices néolithiques sont très fréquents et se définissent par la présence d'une industrie lithique sur du silex vert, divers silex jaspés et des silexites. Les microlithes sont abondants, fabriqués le plus souvent en lamelles, les armatures à tranchant transversal triangulaires et les pointes à bords abattus sont également très nombreuses. Des racloirs et des grattoirs sont présents, mais ni hache, ni matériel de broyage, ni armature bifaciale n'a été découvert. La céramique est très peu fréquente ; celle qui est associée au lithique est à dégraissant sableux abondant et assez grossier. D'autres sites de petites dimensions contiennent le même type d'outillage, mais les microlithes sont nettement moins abondants. Le décor est réalisé à la cordelette fine, ce qui rappelle celui du site de Kirkissoy.

Les études des autres affluents du fleuve sont très limitées. La vallée de la Sirba livre toutefois quelques indices archéologiques. Le Néolithique de la région est diffus et

peu visible, l'industrie lithique utilise une matière première locale de qualité médiocre comme le quartz, le schiste et la dolérite pour les haches. La matière première importée est rare. Le seul site de la région de grande taille est celui situé à l'ouest de Tambolé. La céramique, bien que rare, se rapproche de celle de Kirkissoy. L'industrie lithique y est abondante et comprend du matériel de broyage, l'outillage est proche de celui de la culture de Kirkissoy. D'autres sites de dimensions plus réduites sont positionnés en bordure des cours d'eau, ils présentent le plus souvent une céramique à dégraissant sableux grossier et un outillage caractéristique de la vallée du fleuve.

La néolithisation de la région saharienne a été facilitée par des conditions climatiques favorables qui ont contribué au développement de nouvelles pratiques comme la fabrication de céramique et l'agropastoralisme. Par la suite, les populations suivront les isohyètes pour atteindre le Sud-ouest du Niger près de 6 000 ans après ces premières innovations techniques.

La période néolithique reste assez mal connue au Sud-ouest du Niger, la vallée du fleuve Niger dans la région de Niamey présente toutefois une certaine homogénéité dans le mobilier céramique et dans l'industrie lithique, correspondant à la culture de Kirkissoy dont les caractéristiques stylistiques ont été remarquées jusque dans le delta intérieur du Niger. Le fleuve semble ainsi avoir joué un rôle majeur dans la diffusion des connaissances et du savoir-faire.

Quelle est la fonction du site de Kirkissoy ? L'Homme néolithique privilégie-t-il toujours les rives du fleuve pour s'implanter? Quels sont les liens et les interactions entre la société néolithique et le milieu ?

3. L'Âge du fer

3.1 Les nouvelles sociétés de l'Âge du fer

3.1.1 Le début de la métallurgie

L'origine de la métallurgie du fer est assez controversée (Killick, 2004 ; Alpern, 2005 ; Clist, 2012). Plusieurs régions africaines sont définies comme étant l'un des berceaux de la métallurgie du fer où cette production aurait été maîtrisée dès le deuxième millénaire BC. Cependant, les datations radiocarbone les plus anciennes obtenues sur ces sites proviennent d'éléments carbonés dont le contexte archéologique est généralement douteux. Bien que la littérature persiste le plus souvent à souligner l'antériorité de la métallurgie africaine, Clist (2012) semble plus prudent et restreint cette pratique vers 800 cal BP.

Néanmoins, afin de tenir compte de l'ensemble des données archéologiques disponibles dans la région subsaharienne, nous mentionnerons les dates radiocarbone les plus anciennes, bien que la plupart d'entre elles soit aujourd'hui remise en cause. Par exemple, à Egaro dans le massif de Termit, dans le désert nigérien, les analyses radiocarbone sur le dégraissant de poteries contenant des objets en fer ont fourni deux datations très anciennes : 4 490 cal BP ($4\ 000 \pm 100$ ^{14}C BP) et 3 990 cal BP ($3\ 645 \pm 150$ ^{14}C BP) (Paris *et al.*, 1992), mais aucune autre date ne confirme une telle antériorité, ces poteries ne peuvent être considérées comme assurément contemporaines des objets métalliques qu'elles contiennent.

Dans cette même région, Quéchon (2002) conclue, à partir d'une dizaine de datations publiées que les objets métalliques apparaîtraient vers 3450 cal BP (1500 cal BC) et que les plus anciens bas fourneaux connus seraient datés aux environs de 2750 cal BP (800 cal BC). Or, l'absence de bas fourneaux contemporains des objets métalliques dont la datation est problématique en raison de leur degré d'association avec des éléments carbonés remet en cause la maîtrise de la réduction du fer au milieu du deuxième millénaire (Clist, 2012). De plus l'absence de site stratifié et l'ancienneté de certaines analyses nécessitent d'être prudent pour juger de la fiabilité des datations radiocarbone (Haour, 2003 ; Killick, 2004 ; Alpern, 2005 ; Clist, 2012). Nous pouvons prendre l'exemple du site métallurgique de Do Dimmi pour lequel trois dates ont été réalisés sur la batterie de bas fourneaux et quatre sur l'habitat (Tableau I.5.).

Tableau I.5. Datations du site métallurgique de Do Dimmi dans la région de Termit (Niger) considéré comme étant les plus anciens indices de métallurgie du fer au Niger (Quéchon, 2002)

Site	Échantillon*	Code labo	Matériel	Age ¹⁴ C BP	Age cal BP (μ)	Age cal BC-AD (2σ)
Batterie de bas fourneaux	Do Dimmi 15 a F (^α)	Dak 145	Charbon de bois	2 628 ± 120	2705	1041 – 408 BC
	Do Dimmi 15 b F (^β)	Pa 288	Charbon de bois	2 500 ± 70	2570	793 - 404 BC
	Do Dimmi 15 c F (^β)	UPS ?	Charbon de bois	2 065 ± 60	2045	348 BC – 66 AD
Habitat	Do Dimmi 16 a M (^β)	UPS ?	Charbon de bois	2 590 ± 120	2650	978 – 403 BC
	Do Dimmi 16 b M (^β)	Pa 296	Charbon de bois	2 580 ± 80	2635	975 – 401 BC
	Do Dimmi 16 c M (^β)	Pa 504	Dégraissant végétal	2 270 ± 90	2280	735 – 56 BC
	Do Dimmi 16 d M (^α)	Dak 148	Charbon de bois	1 747 ± 110	1670	33 – 542 AD

Curve IntCal 09, Oxcal 4.1. Bronk Ramsey, 2009

* :(^α) : (Quéchon & Roset, 1974) ; (^β) : (Paris *et al.*, 1992)

À l'exception des analyses radiocarbone les plus anciennes (Dak 145 et Dak 148), les datations montrent une certaine contemporanéité entre les bas fourneaux et l'habitat. Cependant, en tenant compte uniquement des plus récentes analyses, l'intervalle maximal des datations calibrées est de près de 700 ans alors que les bas fourneaux semblent constituer une batterie homogène, construite sur une petite surface et ayant probablement fonctionnée sur une courte durée (Killick, 2004). À Kase Gorou, à 900 kilomètres à l'ouest du massif de Termit, Vernet (1996) mentionne la présence d'un bas fourneau isolé, pour laquelle une seule date radiocarbone a été réalisée à partir d'un charbon de bois situé juste en-dessous de la scorie encore en place. Daté de 1055 – 401 cal BC (LGQ 257 : 2620 ± 130 ¹⁴C BP ; 2695 cal BP), ce bas fourneau se situe dans une fourchette chronologique similaire à celle de Termit.

Bien qu'une certaine méfiance doit être requise pour ces datations, un foyer autonome de la métallurgie au Sahel occidental semble aujourd'hui faire consensus (Haour, 2003 ; Alpern, 2005 ; Clist, 2012). Il n'est pas pour autant le berceau unique de la métallurgie en Afrique, plusieurs autres foyers ont en effet été identifiés sur le continent bien que leur indépendance ne soit pas totalement établie (Childs & Killick, 1993 ; Holl, 2000). Trois autres régions subsahariennes sont connues pour une métallurgie ancienne et pour lesquelles les analyses radiocarbone sont également sujettes à controverses :

- dans la région des Grands Lacs en Afrique de l'Est, le début de la métallurgie est attesté à Kabacusi (Rwanda), 1435 – 547 cal BC (2 815 ± 165 ¹⁴C BP ;

Première partie

Approche géoarchéologique des sociétés sahéniennes dans leur contexte environnemental : état des lieux et méthodologie

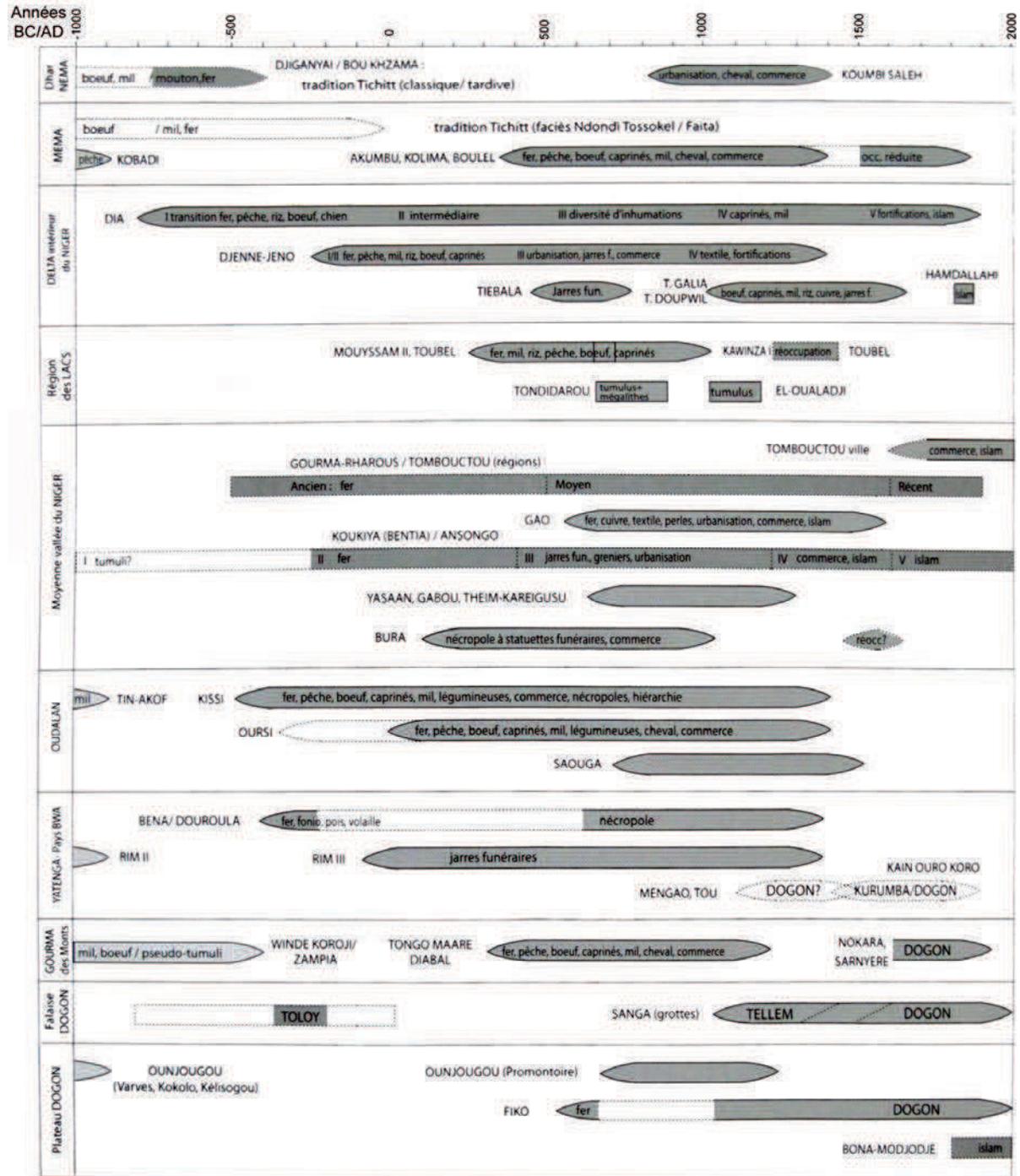


Figure I.30. Synthèse des occupations humaines de la période historique dans les différentes régions de la boucle du Niger, avec mention des principaux sites et de leurs caractéristiques culturelles importantes (Mayor, 2011).

- 2980 cal BP), et à Gasiza, 1010 – 418 cal BC ($2\ 635 \pm 95$ ^{14}C BP ; 2720 cal BP) (van Grunderbeek, 1992 ; Schmidt, 1997), les dates antérieures à 3 000 ^{14}C BP ont été jugées comme non recevables (van Grunderbeek *et al.*, 2001),
- en Afrique équatoriale, dans la région du moyen-Ogoué (Gabon) la maîtrise de la réduction du fer est constatée dès 975 – 544 cal BC ($2\ 640 \pm 70$ ^{14}C BP ; 2745 cal BP) (Clist, 1989) ; à Ôbouï (République d'Afrique Centrale) les dates 4175 et 3955 cal BP ($3\ 790 \pm 35$ et $3\ 635 \pm 35$ ^{14}C BP) (Zangato, 2008 ; Zangato & Holl, 2010) sont très contestées (Pringle, 2009 ; Clist, 2012), de même qu'à Oliga (Cameroun) où la date 2950 cal BP ($2\ 820 \pm 70$ ^{14}C BP) (Essomba, 1999) est remise en cause (Alpern, 2005),
 - à la confluence de la Bénoué, à Taruga (Nigéria) les dates les plus anciennes de la réduction du fer sont 791 – 410 cal BC ($2\ 488 \pm 84$ ^{14}C BP ; 2560 cal BP) et 895 – 401 cal BC ($2\ 541 \pm 104$ ^{14}C BP ; 2595 cal BP) (Ogundiran, 2005). Plus au sud, à Opi, la métallurgie est datée vers 754 – 166 cal BC, ($2\ 305 \pm 90$ ^{14}C BP ; 2340 cal BP) et 394 – 41 cal BC, ($2\ 170 \pm 80$ ^{14}C BP ; 2170 cal BP) (Okafor & Phillips, 1992 ; Okafor, 2002).

En tenant compte des datations radiocarbone les plus fiables disponibles à ce jour en Afrique subsaharienne et de leur marge d'erreur, Clist (2012) recadre l'origine de la métallurgie entre 800 et 400 cal BC en Afrique de l'Ouest et vers 800 cal BC en Afrique Orientale et Centrale.

3.1.2 Contexte sociétal (1000 BC – 1900 AD)

3.1.2.1 Bref historique

Alors que l'élevage et l'agriculture, témoins d'un mode de vie néolithique, sont largement pratiqués sur l'ensemble du continent, la maîtrise de la réduction du fer va engendrer une transformation de la société qui, à ses débuts, est archéologiquement peu perceptible. Le fer, utilisé dans un premier temps comme matériau prestigieux, deviendra par la suite usuel (Holl, 2009a) et supplantera l'industrie lithique pour la confection des armes de chasse et de guerre et pour les outils agricoles. Néanmoins, cette nouvelle technologie est associée, en Afrique de l'Ouest, à une discontinuité culturelle entre le Néolithique et l'Âge du fer. Celle-ci est contemporaine d'une rupture climatique qui entraîne la migration de populations et la création de nouveaux groupes sociétaux, occasionnant des formations culturelles nouvelles (Breunig & Neumann, 2002a). En effet, le développement d'une nouvelle technologie comme la métallurgie est déterminé par une interaction complexe de facteurs environnementaux (ressources et climat), techniques (connaissances et savoir-faire), sociétaux et économiques



Figure I.31. Entrée du Birni du village fortifié de Zinder 1928-1930 (fond iconographique des Archives Nationales d'Outre-Mer ; cote FR CAOM 30Fi20/27)

(besoins de la population) (Holl, 1993). Ces nouvelles sociétés comme la culture Nok, au Nigéria apportent de grands changements pour l'urbanisation (fortification), l'artisanat (céramique, cuir, métallurgie) et les pratiques religieuses et rituelles (Breunig, 2009). À l'échelle du continent, les connaissances sur ces nouvelles sociétés sont encore très limitées, les données archéologiques sont peu nombreuses et très éparses, ce qui laisse de nombreuses zones d'ombre. En marge de notre zone d'étude, dans la boucle du Niger, une récente synthèse des connaissances archéologiques a été établie, elle met en parallèle différentes occupations qui ont évolué indépendamment au rythme des guerres et des migrations (Figure I.30.) (Mayor, 2011).

Au-delà du premier millénaire de notre ère, l'histoire de l'Afrique subsaharienne reste également très méconnue, malgré les quelques écrits rédigés par les géographes arabes contemporains (Mauny, 1961 ; Giri, 1994). Le Sahel a une histoire complexe durant laquelle les grands empires africains¹⁰ se succéderont du 5^e au 16^e siècles, générant des périodes où s'alternent conflits et stabilités et une économie globalement florissante liée aux commerces transsahariens.

3.1.2.2 *Les sites d'habitat et les structures défensives*

Les sites métallurgiques associés à une zone d'habitat sont peu fréquents, cependant, quelques sites archéologiques révélant la présence de villages ou de villes ont été étudiés. Les plus importants sont les grandes villes commerçantes sahariennes, contemporaines des grands royaumes africains qui se sont étendus sur de larges territoires centrés sur la boucle du Niger entre le 6^e et le 17^e siècles. Parmi ces cités, nous pouvons mentionner les villes de Tegdaoust / Aoudaghost (Devisse & Robert-Chaleix, 1970), d'Azougui (Ould Mohamed, 2004) et de Koumbi Saleh (Thomassey & Mauny, 1951), toutes trois en Mauritanie, de Djenné-Djéno au Mali (McIntosh & McIntosh, 1981) et d'Azelik au Niger (Bernus & Cressier, 1991). De manière générale, chacune d'elles révèle une forte urbanisation avec des quartiers artisanaux, un réseau viaire développé et parfois des systèmes défensifs de grandes dimensions. Cependant l'organisation sociale de ces ensembles n'est généralement pas celle connue en occident ce qui rend la lecture de la trame urbaine difficile (Polet 2004).

Outre ces grands ensembles, de nombreux sites d'occupation de plus petites dimensions, principalement identifiés par un grand nombre de tessons en surface, sont répartis sur l'ensemble de la zone sahélienne. Dans le delta intérieur du Niger,

10] Les trois plus grands empires ouest-africains sont : l'empire de Ghana (5^e - 13^e siècles), l'empire du Mali (13^e - 16^e siècles) et l'empire Songhaï (15^e - 16^e siècles)

de nombreuses buttes anthropiques témoignent d'une occupation longue où sont associées les fonctions d'habitation, d'inhumation et d'artisanat (Raimbault & Sanogo, 1991), alors que dans la boucle du Mouhoun au Burkina Faso, chaque butte anthropique a sa propre fonction (habitat, carrière de matériau, nécropole, atelier de métallurgie) (Holl & Koté, 2000 ; Holl, 2009b).

Les structures d'habitation sont cependant rares, car l'adobe, matériau de construction constitué de terre crue, se désagrège rapidement. Seul un édifice daté du début du deuxième millénaire de notre ère, correspondant à la demeure d'une élite, a pu être étudié au nord-est du Burkina Faso ; il s'agit de sept chambres circulaires d'environ 4 m de diamètre entre lesquelles sont disposés 17 piliers rectangulaires. La maçonnerie est constituée de briquettes de terre crue, cuites par l'incendie qui a détruit l'édifice, permettant ainsi leur conservation. Les piliers supportaient un toit plat sur lequel était disposée une meule dormante, de nombreuses poteries y ont été découvertes ainsi qu'une chaîne d'esclave montrant le haut rang social du propriétaire (Pelzer *et al.*, 2009). Au Sud-ouest du Niger, le site de Gabu est constitué de structures d'habitat denses, réparties sur une dizaine de tells et datées de la fin du 6^e siècle au milieu du 11^e siècle ; de même, les ruines d'une agglomération de plus de 24 ha ont été repérées à Yasaan-Kolonko (Gado, 1993, 2004).

Des structures en élévation construites en adobe ou en pierre présentant un aspect défensif ont également été identifiées. Des édifices de forme rectangulaire pouvant atteindre 1 ha avec des murs maçonnés de près de 6 m de haut sont abondants dans le Pays Lobi au sud-ouest du Burkina Faso (Savonnet, 1986). D'autres structures sont visibles au Niger, à Tondikwarey où une enceinte pentagonale compartimentée couvre une superficie de près de 10 ha (Vernet, 1996). Deux dates permettent de cadrer chronologiquement le site entre le milieu du 14^e et le 17^e siècles de notre ère (Gado, 1980). Dans la région du Dallol Bosso, des murs arasés uniquement composés d'adobe constituent des enceintes appelées *birni* ou *katanga* dans la région (Figure I.31), elles délimitent et protègent un espace construit, mais actuellement aucune étude archéologique ne s'y est intéressée. Leur âge est, pour la plupart, inconnu et de nombreuses légendes entourent ces édifices. La présence de ces enceintes témoigne probablement d'une période d'insécurité liée à une situation géopolitique instable durant laquelle le commerce de l'or et d'esclaves, sources de nombreuses convoitises, est florissant.

Au sud-ouest du Niger, de nombreux lieux ont été identifiés comme des sites d'occupations anciennes, B. Gado (1980) distingue :

- les *tombo* qui, en langue songhay-zarma, signifie « vieil emplacement » ou « site d'ancien village ». Ils sont visibles dans le paysage par leur relief formant des tells de 6 à 30 m de diamètre et de 1 à 4 m de haut,
- les sites à *agursa* qui se traduit par « puits profond taillé dans le roc ». Ils correspondent à des *citadelles naturelles* perchées sur les reliefs qui surplombent les vallées,
- les sites de contreforts rocheux, qui sont situés principalement le long du fleuve. Ils présentent généralement un riche mobilier,
- les sites insulaires,
- les *marigusu* qui signifient littéralement « trous à panthère ». Cela désigne soit des excavations naturelles à ciel ouvert soit des abris sous roche ou encore des grottes, qui ont pu servir de lieux de refuge.

De nombreuses structures circulaires en pierre ou à double enceinte de terre sont également identifiées sur toute la région du Sud-ouest du Niger (Gado, 1980).

Ces zones d'occupation sont toutes visibles par la présence parfois abondante de céramiques ; plusieurs groupes semblent ainsi se différencier, mais le manque d'études céramologiques ne permet pas d'aboutir à une typochronologie fine. Les références bibliographiques concernant la céramique historique sont peu nombreuses, les récents travaux de Mayor (2011) menés dans la boucle du Niger ont fourni une synthèse des techniques et des décors utilisés ces deux derniers millénaires.

Bien que quelques ensembles géographiques se distinguent particulièrement au nord à la frontière malienne, nous présentons seulement les caractéristiques générales de ces poteries. Vernet (1996) mentionne ainsi la présence d'une céramique à dégraissant varié dominé par la chamotte et le végétal, mais souvent associé à du quartz. La céramique est généralement épaisse, assez souvent mal cuite et de couleur marron, orangée ou beige. Les décors sont rares, l'engobe est présent sur les tessons les plus anciens, il laisse place peu à peu à la peinture comme cela est encore pratiqué actuellement. Les formes de ces céramiques sont le plus souvent sphériques, avec des cols très variés. Vernet (1996) pense qu'il existe une certaine homogénéité de la céramique dans la bande sahélienne, qui témoigne d'une population rurale sans richesse particulière et loin des villes et des zones d'échanges. Toutefois, les études récentes de sites ruraux comme celles menées à Kissi (Burkina Faso) montrent la présence de métaux et de perles provenant de contrées lointaines, ce qui révèle sans doute l'existence un commerce transsaharien (Fenn *et al.*, 2009 ; Robertshaw *et al.*,

2009).

3.1.2.3 *Les pratiques funéraires*

Les rites funéraires témoignent de pratiques sociétales propres à une période et à une région. En Afrique de l'Ouest durant les deux derniers millénaires, le mode d'inhumation le plus répandue est l'hypogée (Kiéthéga, 1993). Ces hypogées sont constituées d'un puits circulaire ou quadrangulaire prolongé par une ou plusieurs chambre(s) mortuaire(s). Les sépultures y sont soit individuelles soit collectives. À la surface, certaines hypogées peuvent ne disposer d'aucune marque particulière, alors que d'autres sont identifiables par la présence d'un tertre, d'une stèle ou d'une poterie (Sidibé, 2000). Les études archéologiques et les datations sont très rares, ce qui limite les connaissances tant typologiques que chronologiques de ces formes d'inhumation.

Les inhumations en jarre sont très fréquentes, ces sépultures sont présentes principalement dans la région est de la boucle du Niger couvrant une large zone du Niger, du Burkina Faso et du Mali (Kiéthéga, 1993). Ces cercueils en céramique sont soit de grandes jarres en position verticale utilisées comme réceptacle du défunt et surmontées d'un couvercle scellé par un boudin d'argile, soit des céramiques de taille plus modeste qui ont la fonction d'ossuaire et contiennent les ossements longs et le crâne (Koté, 2000a). Ce mode d'inhumation est daté entre le 4^e et le 18^e siècles de notre ère.

Au Sud-ouest du Niger, une nécropole originale a été étudiée à Bura (Gado, 1993). Elle a fait l'objet de fouilles rigoureuses qui ont révélé la présence de 630 poteries funéraires renversées, de formes anthropomorphes et surmontées de corps ou de têtes de statuettes anthropoïdes aux caractères sociaux et ethniques très marqués. Chacune des jarres contient généralement une flèche en fer à talon recourbé et quelques ossements humains, le plus souvent crâniens et quelques os longs. En-dessous de ces jarres renversées qui étaient posées à même le sol, des squelettes entiers en décubitus dorsal ont été retrouvés avec la tête légèrement relevée et orientée vers le nord. Gado (1993) avance l'hypothèse que les ossements contenus sous la jarre accompagnent le corps tel un sacrifice et que la statuette placée au-dessus représente l'effigie du défunt. Ce complexe funéraire semble avoir fonctionné entre le 3^e et le 13^e siècles de notre ère, avant d'être probablement réutilisé de manière sporadique à partir du 15^e siècle. Cette culture à statuettes s'étend entre la Sirba au nord et le Goroubi au sud, où de nombreux fragments de statuettes anthropomorphes et zoomorphes votives ont été mis au jour, particulièrement sur les dunes de Kareygorou à 10 km de Niamey. Gado

(1980, p. 72) précise que ces figurines en terre cuite sont à mettre en relation avec l'existence d'une métallurgie du fer importante, visible par l'abondance des scories et des outils agraires en fer présents sur les sites. À Kareygorou, bien que les datations radiocarbone ne soient pas homogènes, ces statuettes seraient contemporaines d'une période comprise entre le 5^e et le 13^e siècles.

Les tumuli sont également très répandus, il s'agit le plus souvent de tertres. Les plus imposants sont situés au nord du delta intérieur du Niger (Mali), ils atteignent 200 m de diamètre et 10 m de haut. Ils contiennent plusieurs inhumations sous des niveaux cendres (Sidibé, 2000). Au sud-ouest du Niger, de nombreux tertres et cairns ont été recensés, mais ils sont rarement fouillés, seul un des six tumuli de Kareygorou situés à proximité du fleuve l'a été. Il forme un dôme de 20 m de diamètre et de 2,90 m de hauteur. Il est constitué d'une multitude de couches argileuses dont l'une est particulièrement cendreuse ; seules quelques poteries ont été récoltées et aucun indice d'inhumation n'a été repéré. Quelques charbons ont permis d'obtenir une date comprise entre la fin du 13^e et le milieu du 15^e siècles.

Les parures et autres objets qui accompagnent les défunts sont rares et peu étudiés, quelques uns ont toutefois été mentionnés, tels que des poteries probablement utilisées pour des offrandes, des parures et bijoux (bracelets en cuivre, anneaux en fer, bagues, colliers de perles, cauris, jambières, épingles à cheveux et grelots en alliage cuivreux) et des armes (pointes de flèches, sabres, couteaux). L'une des nécropoles qui a révélé le plus grand nombre d'objets extrêmement bien conservés est celle de Kissi à l'est du Burkina Faso. Datée du 6^e et 7^e siècles de notre ère, les tombes, marquées pour la plupart par des stèles de pierres, sont pourvues d'un riche mobilier composé de deux épées et d'un poignard avec leur poignée en bois et leur fourreau fait de bois et de peau, des fûts de flèches dans leur carquois en bois et en cuir, des restes de nattes et de textiles. Des perles en verre et des cauris accompagnent également les personnes inhumées (Pelzer & Magnavita Santos, 2000 ; Magnavita, 2009).

L'étude des rites funéraires et la fouille de sépultures de la période historique sont très réduites en Afrique de l'Ouest. Outre la mauvaise conservation des ossements, cette démarche scientifique est confrontée aux forts sentiments religieux de la population qui peut la percevoir comme une profanation. Les différentes pratiques funéraires restent par conséquent à préciser tant spatialement que chronologiquement.

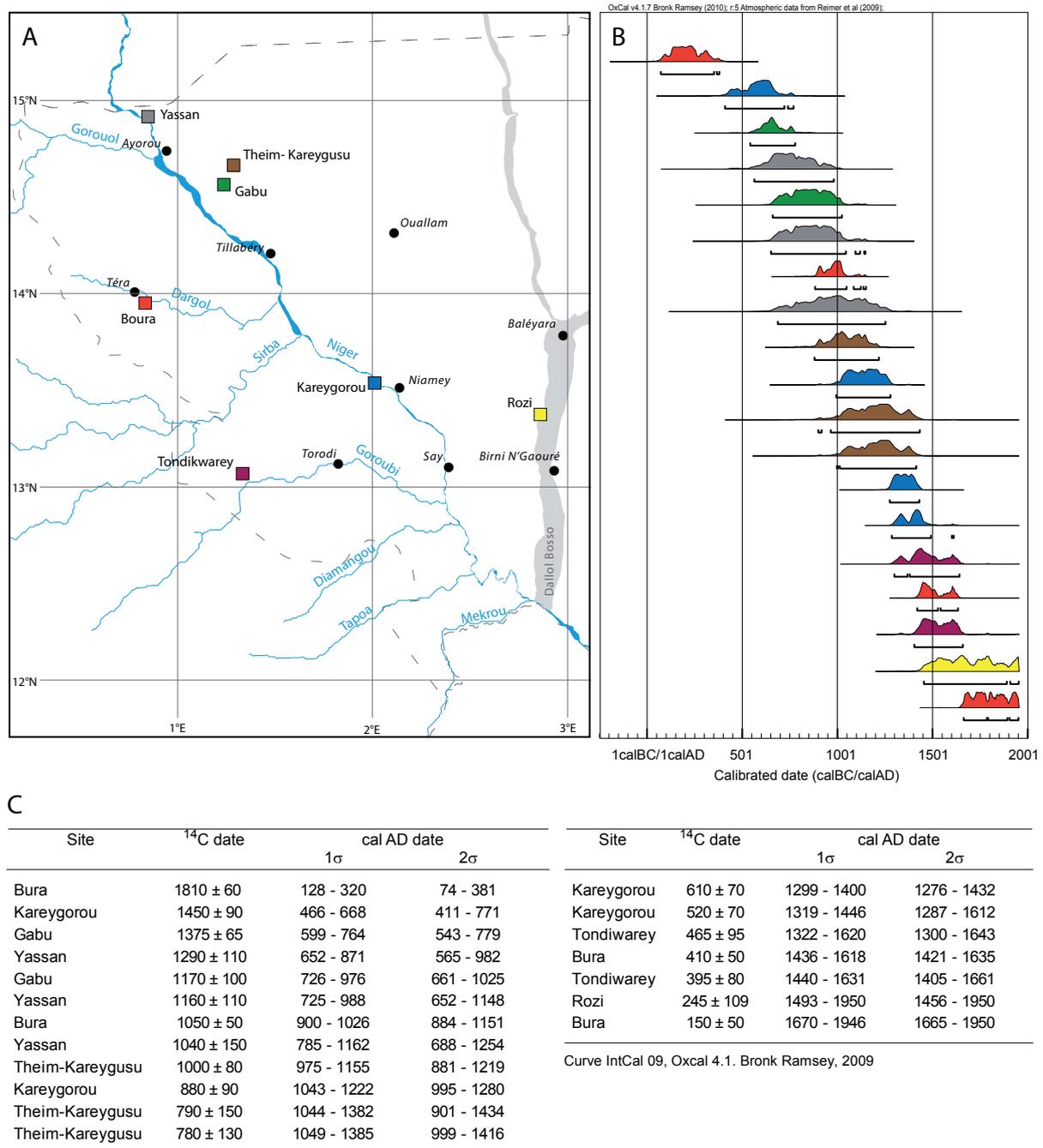


Figure I.32. Chronologie des groupes culturels du Sud-ouest du Niger (Gado, 1980, 1993)

A : Carte de répartition des sites étudiés

B : Datations radiocarbone des zones culturelles

C : Tableau de datations des groupes culturels

3.1.2.4 Première esquisse des zones culturelles dans la vallée moyenne du Niger

Les données archéologiques de la période de l'Âge du fer sont relativement peu nombreuses au sud-ouest du Niger, bien que la richesse et le potentiel archéologiques de ce territoire soient très importants (Vernet, 1996 ; Gado, 2004). À partir de ces premiers travaux pour lesquels il existe quelques datations radiocarbone, Gado (1993, 2004) esquisse différentes zones culturelles et géographiques (Figure I.32). Il distingue deux grands ensembles : le premier entre le 2^e et le 13^e siècles de notre ère, qui serait lié au Songhaï ancien qui occupe une région centrée sur la ville de Gao (Mali) et le second entre le 14^e et le 17^e siècles qui serait contemporain des exploitations aurifères dans la région de la Sirba.

Le premier est constitué de trois groupes culturels :

- le groupe de Kareygorou sur la rive occidentale du fleuve Niger entre la Sirba et le Goroubi, il est caractérisé par des statuettes en terre cuite,
- le groupe de Bura centré sur la vallée du Dargol, il est identifié par son mode d'inhumation et ses statuettes funéraires,
- le groupe de Yassan localisé en bordure de la frontière malienne, il est défini par la présence de fines perles en terre cuite ciselées dite de Yatakala et d'une céramique à engobe rouge. Il comprend trois sous-ensembles : Gabu et ses poteries carénées, Yassan et sa céramique lisse et Theim-Kareygosou caractérisé par sa céramique robuste ou lissée et ses murets en brique crue.

À partir du 14^e siècle, une nouvelle répartition du peuplement apparaît, elle est marquée par l'arrivée de groupes ethnoculturels nouveaux provenant du nord et fuyant un climat devenu trop aride. Les flux de migrations dans la région sont très complexes. Quatre groupes culturels, indépendants des ethnies, ont toutefois été identifiés selon les données archéologiques récentes :

- le groupe de Rozi dans le Dallol Bosso, caractérisé par des tumuli et des cercles de pierres témoignant de l'emplacement d'habitations,
- le groupe de Tondikwarey en bordure du Goroubi, identifié par son enceinte imposante sans doute liée au commerce de l'or,
- le groupe de Kareygorou et ses tumuli,
- le groupe de Bura où la nécropole aurait été réutilisée.

L'usage du fer est généralisé pour l'ensemble de ces groupes culturels, de même que

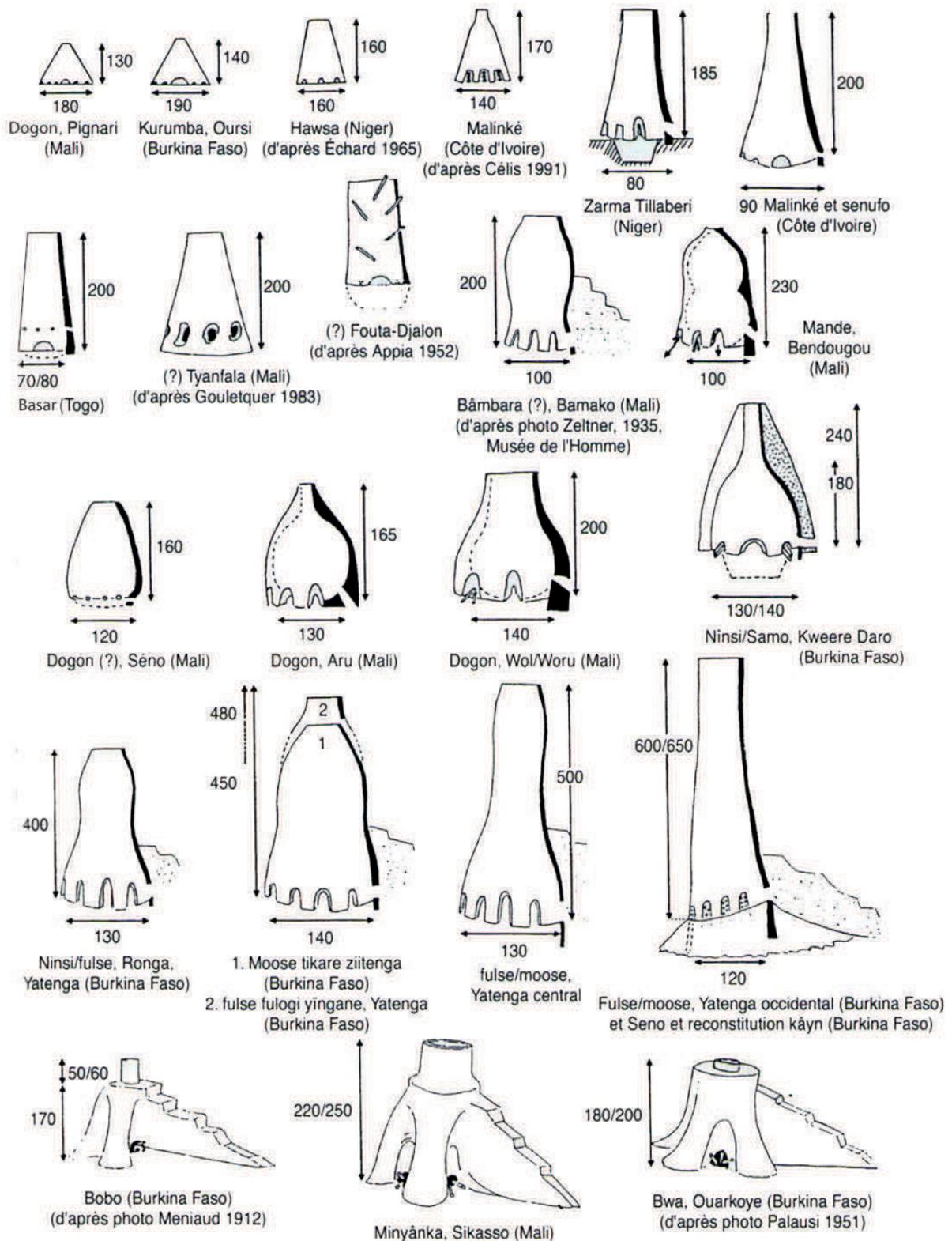


Figure I.33. Principaux types de bas fourneaux dans la boucle du Niger (Martinelli, 1993)

celui du cuivre et de ses alliages, utilisés principalement pour les parures et bijoux.

3.2 La production du fer

3.2.1 Généralités

Le fer est omniprésent en Afrique de l'Ouest ; cette région constitue même l'une des principales réserves mondiales de minerai de fer (Kiéthéga, 2006). En effet, ce dernier, élément fondamental de la métallurgie, est exploité dans des niveaux géologiques différents. Le niveau latéritique issu du cuirassement de surface paraît le plus facile à extraire, cependant des niveaux sédimentaires plus enrichis en fer sont exploités en carrière à ciel ouvert ou à l'aide de puits qui peuvent atteindre plusieurs mètres de profondeur. Au Sud-ouest du Niger, le niveau majoritairement exploité est le banc d'oolithes ferrugineuses du Continental terminal (cf chapitre1 §3). Tous les autres matériaux, argiles, eau et bois, nécessaires à la construction et au fonctionnement des bas fourneaux sont également accessibles pour que l'activité métallurgique se développe aisément sur ce vaste territoire. En effet, après l'apparition sur le continent africain des premiers métallurgistes au sein de différents foyers, l'abondance des ressources et la transmission des connaissances sur les processus de réduction du fer ont facilité l'expansion de cette pratique. Elle aurait de plus été soutenue à travers le Sahara par l'émergence des élites du monde pastoral qui ont contribué à la diffusion et à la démocratisation de la métallurgie et à l'usage du fer (MacDonald, 1998).

La grande variété des facteurs sociétaux et environnementaux qui caractérisent le continent africain ont été propices au développement d'une grande diversité de bas fourneaux, tant dans la forme architecturale que dans le procédé de réduction (Figures I.33 ; et I.34) (Cline, 1937 ; Francis-Boeuf, 1937 ; Pole, 1985 ; Sutton, 1985 ; Martinelli, 1993). Néanmoins, l'élément commun de tous ces métallurgistes est le rôle capital qui leur est donné dans les sociétés subsahariennes. En effet, ces hommes appelés communément forgerons ont le pouvoir de maîtriser le feu et de transformer la pierre en objet en fer. Les nombreuses études ethnographiques montrent que ces facultés sont considérées par la population comme un acte de création qui fait appel aux esprits des anciens et à des actes de sorcellerie (Childs & Killick, 1993). Un ensemble de rituels et de symboles entoure le processus de réduction, engendrant une sacralisation de cette pratique. Les rituels sont nombreux et spécifiques à une population ; ils couvrent l'ensemble de la procédure, de la recherche du minerai et de son extraction à la sortie de l'éponge de fer et à son épuration, en passant par la construction et la charge du bas fourneau (Echard, 1965, 1968, 1983 ; Celis, 1994 ; Huysecom & Agustini, 1996 ; Huysecom, 2001).

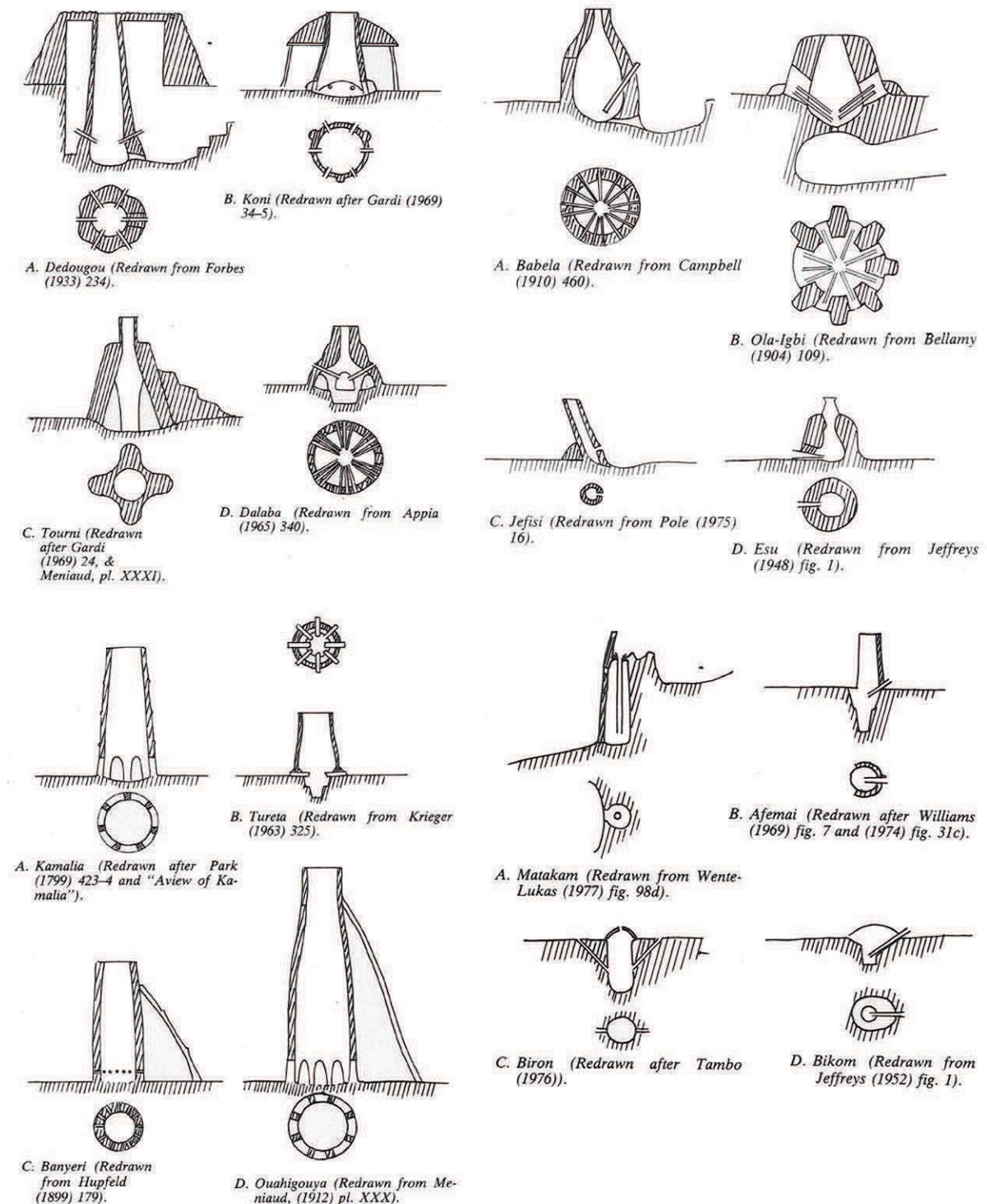


Figure I.34. Exemples de bas fourneaux utilisés en Afrique de l'Ouest (Pole, 1985)

La pratique de la métallurgie du fer en Afrique de l'Ouest a perduré jusqu'au milieu du 20^e siècle. Très rares sont les forgerons qui produisent aujourd'hui leur propre fer, depuis l'introduction par les colons sur le continent de véhicules motorisés. Les épaves sont en effet démantelées et utilisées comme source de ferraille. Le métal récupéré est retravaillé à la forge pour fournir les outils nécessaires à la population.

3.2.2 Le processus de réduction

Toute la métallurgie du fer en Afrique subsaharienne est fondée sur la réduction directe. Il s'agit d'un procédé technique de transformation du minerai de fer en fer-métal, plus ou moins aciéré, dans un bas fourneau. Les oxydes de fer contenus dans le minerai sont réduits par le monoxyde de carbone produit par la combustion du charbon de bois (Leroy, 2001). La réduction du minerai nécessite une bonne ventilation pour obtenir une combustion complète et atteindre une température proche de la fusion du fer. L'oxygène est apporté par des conduites, appelées tuyères, disposées à la base de la structure ; leur nombre est très variable et elles sont généralement associées à un soufflet pour augmenter le débit d'air. Le produit issu de cette réduction est une éponge de fer présente sous la forme d'un bloc de métal contenant de nombreuses impuretés. Elle doit être épurée par martelage à chaud avant d'être forgée. Le résidu de la fusion partielle du minerai de fer est la scorie de réduction.

Tous les bas fourneaux fonctionnent selon ce principe, cependant il existe différents procédés techniques pour aboutir à la réduction du minerai. Une classification des bas fourneaux basée sur la séparation de l'éponge de fer et de la scorie a été établie (Cleere, 1972 ; Tylecote, 1987 ; Pelet, 1993 ; Serneels, 1998). Elle distingue ainsi trois grandes classes (Figure I.35) :

- les fosses. Ce sont de simples cuves sans cheminée, appelées également *bowl furnace* (Tylecote, 1987) ; l'éponge de fer et la scorie ne sont pas séparées. Après vidange, les cuves sont généralement réutilisées ;
- les bas fourneaux à scorie piégée. L'éponge de fer et la scorie restent piégées dans la cuve du bas fourneau, mais la scorie, plus fluide, se sépare généralement de l'éponge de fer en s'accumulant au fond de la cuve par gravité. Ces bas fourneaux sont le plus souvent à usage unique et nécessitent d'être reconstruits à chaque réduction ;
- les bas fourneaux de type scorie coulée. La scorie, fluide, est séparée latéralement de l'éponge de fer en étant évacuée en fin de réduction en dehors de la cuve par une porte ou par un orifice. Quand la cheminée est

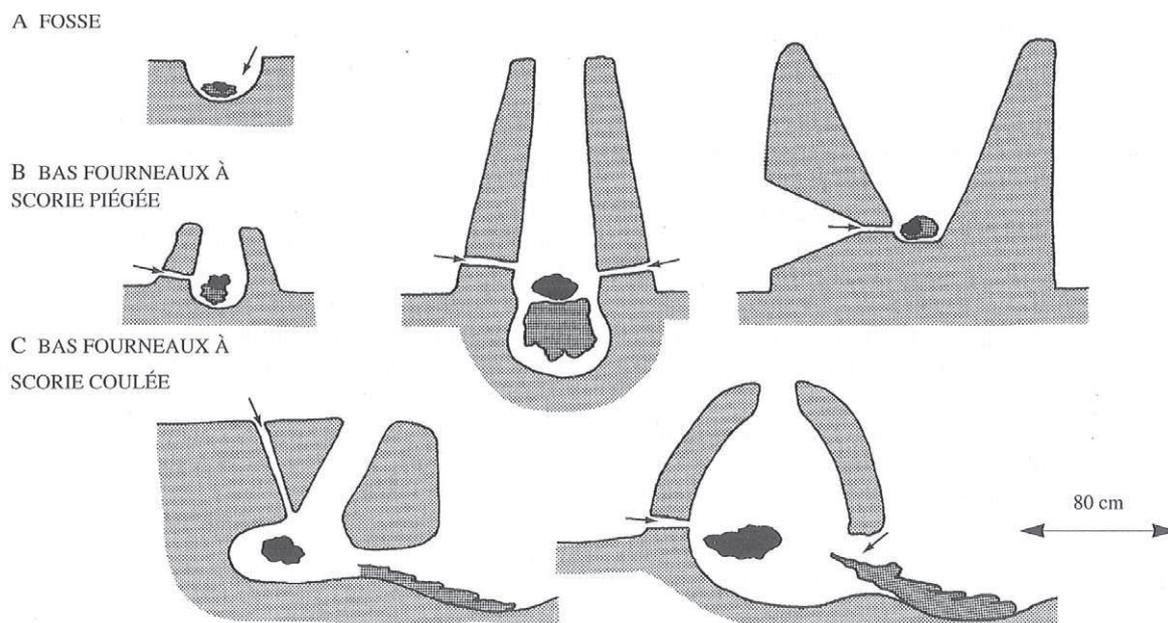


Figure I.35. Classification simplifiée des bas fourneaux (Serneels, 1993)

fixe et maçonnée, la structure est conservée après chaque réduction, seul un rechapage des parois peut être nécessaire.

L'identification de ces trois types de bas fourneaux sur le terrain est le plus souvent très délicate car les structures archéologiques sont généralement arasées voire totalement démantelées. Les scories sont les seuls indices visibles en surface, leur forme, leur disposition et leur quantité nous informent alors sur le mode de fonctionnement des bas fourneaux, mais le procédé de réduction est souvent difficile à identifier ; seul l'usage multiple ou unique peut généralement être déterminé.

3.2.3 Les bas fourneaux à usage multiple ou permanents

Les bas fourneaux à usage multiple sont les plus étudiés, car leur structure maçonnée est le plus souvent conservée et ils sont surtout plus visibles. En effet, la scorie produite en quantité forme des monticules pouvant atteindre plusieurs milliers de mètres cubes.

Cependant, il existe en Afrique de l'Ouest de nombreux sites sidérurgiques permanents pour lesquels le volume de scorie varie de quelques mètres cubes à plusieurs centaines. Ces bas fourneaux ont fonctionné plusieurs fois de manière plus ou moins régulière. Ils occupent des régions riches en minerai de fer comme celle du Bwamu au Burkina Faso où l'activité métallurgique est attestée du 4^e siècle BC au début du 20^e siècle AD, avec des phases plus intensives entre le 12^e et le 17^e siècles (Coulibaly, 2006 ; Kiéthéga, 2006).

Il existe des sites sidérurgiques dont la production peut être qualifiée d'industrielle. Les plus imposants sont sans conteste ceux de la région de Bassar au Togo et ceux du pays Dogon au Mali. En effet, la région de Bassar a généré durant près de mille ans, jusqu'en 1925, plus de 80 000 m³ de scories. Quant à la production de fer, elle est estimée entre 14 000 et 32 500 tonnes (De Barros, 1986, 1988). A l'ouest de la falaise de Bandiagara, entre le 5^e et le 19^e siècles, pour la seule tradition métallurgique de Fiko dont le territoire est d'environ 120 km², le volume de scorie est compris entre 224 000 et 298 000 m³, répartis en quatre amas modifiant considérablement la topographie des lieux (Huysecom *et al.*, 2003 ; Robion-Brunner, 2010). Les bas fourneaux construits à l'aide de blocs de scories sont massifs, plusieurs ouvertures sont aménagées à la base, les plus petites permettent de positionner les tuyères, la plus grande est employée pour extraire l'éponge de fer.

Au Niger, aucune donnée archéologique n'a révélé l'existence de bas fourneaux permanents. Toutefois, des études ethnographiques et une reconstitution menée sur

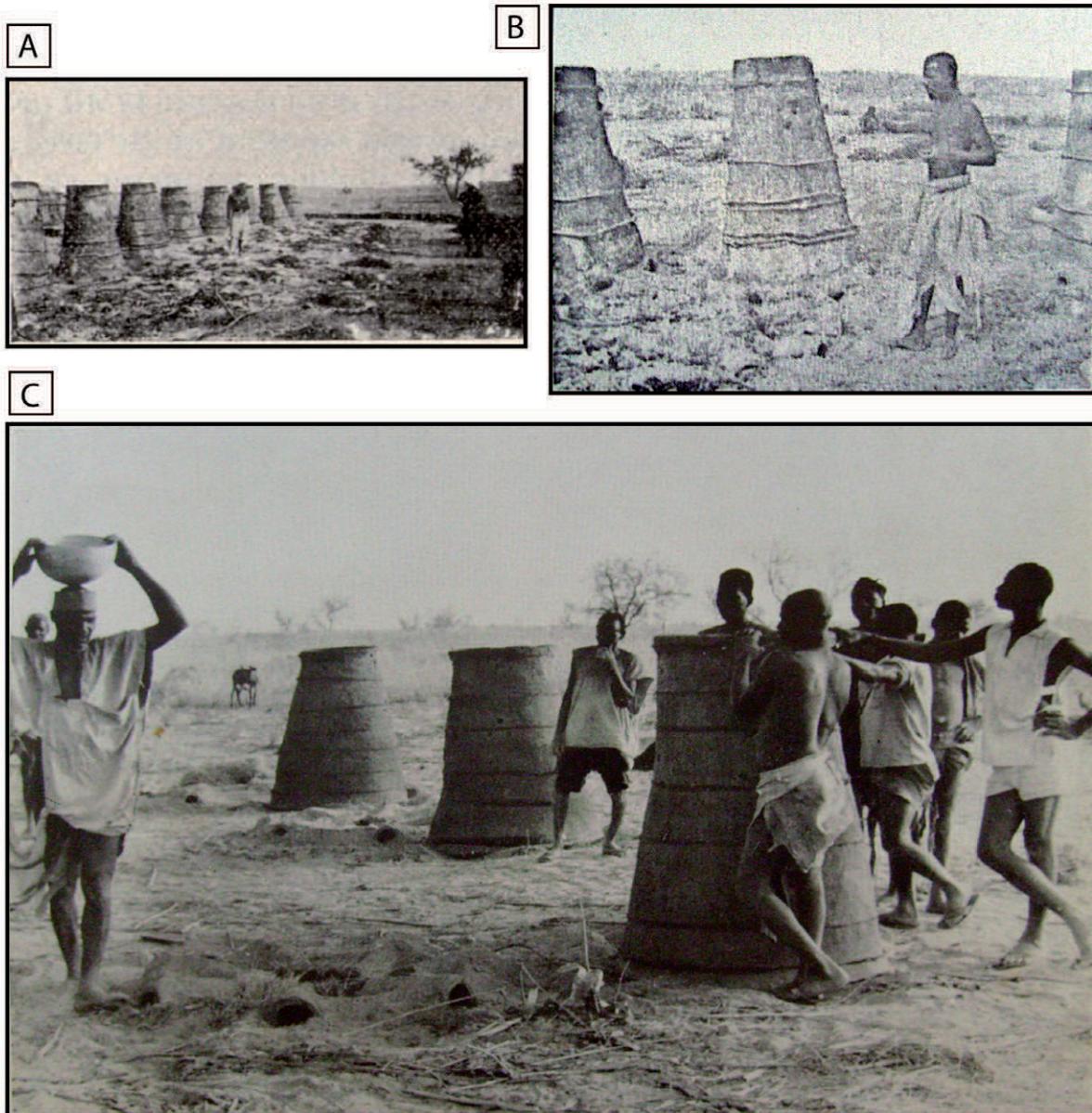


Figure I.36. Photographies de bas fourneaux à usage unique (20^e siècle).

A : Traitement de minerai de fer dans la région de Dosso (Mayakikoira), mission Tilho (1906-1909) (Garde, 1910)

B : Bas fourneaux entre le lac Tchad et le fleuve Niger, mission Tilho (1906-1909) (Gaillard & Poutrin, 1914)

C : Reconstitution de trois bas fourneaux (24 mars 1965) ; les cheminées ne sont pas encore positionnées sur les tuyères, visibles à gauche de chaque cheminée (Echard, 1965)

la rive occidentale du fleuve à la latitude de Tillabéry ont affirmé l'existence de tels bas fourneaux dont la période de fonctionnement n'est pas précisée (Celis, 1994). Le bas fourneau reconstitué est composé d'une cheminée de 1,85 m au pied de laquelle huit ouvertures sont découpées : sept de petites dimensions (15 x 15 cm) pour laisser passer chacune des sept tuyères et une ouverture trapézoïdale plus grande, de 0,13 m², qui a pour fonction principale de servir d'accès à l'intérieur de la cheminée et d'extraire l'éponge de fer en fin de réduction (Celis, 1994).

3.2.4 Les bas fourneaux à usage unique

Les ruines de bas fourneaux à usage unique sont peu visibles dans le paysage bien que ces derniers aient été nombreux. Constitués d'une cuve, de tuyères et d'une cheminée en argile sans doute amovible, ils sont généralement détruits, ne laissant aucune structure en élévation après usage. Leur présence est alors uniquement perceptible par l'identification au sol d'une cuve et de quelques scories ; sur les surfaces érodées, seuls des blocs ou des fragments de scories sont visibles. Les bas fourneaux sont rarement isolés, ils forment généralement des groupes de moins de dix unités qui peuvent être juxtaposés à d'autres pour former des concentrations pouvant atteindre plusieurs centaines par hectare. En Mauritanie à Silla sur la rive du Sénégal, plus de 40 000 bas fourneaux ont été repérés. Deux types de structures ont été identifiés, ils diffèrent seulement par leurs dimensions. Les plus petits bas fourneaux sont constitués d'une cuve (75 cm de diamètre) tapissée d'un mélange d'argile et de paille et au fond de laquelle est creusée une fosse en pleine terre d'environ 45 cm de diamètre et 20 cm de profondeur. Pour les plus grands, le diamètre des cuves atteint près de 150 cm et celui de la fosse varie de 97 à 135 cm, pour une profondeur comprise entre 30 et 60 cm. Seules deux datations ont été réalisées, l'une pour les bas fourneaux de grand calibre, 780 cal BP (840 ± 70 ¹⁴C BP) soit entre 1040 et 1277 cal AD et la seconde pour les petits bas fourneaux, 440 cal BP (420 ± 70 ¹⁴C BP) soit entre 1405 et 1644 AD (Robert-Chaleix, 1994). La construction de ces nombreux bas fourneaux semble suivre une certaine organisation spatiale, des batteries de fours se distinguent par leur isolement les uns par rapport aux autres, sous forme de lignes sinueuses ou de cercles (Robert-Chaleix & Sognane, 1983).

Au nord-est du Burkina Faso, dans la vallée du Béli le long des cours d'eau, de fortes concentrations de structures ont été détectées (Fabre, 2009). Bien que celles-ci soient fortement arasées, deux types de bas fourneaux ont été identifiés selon la configuration de la fosse contenant la scorie. Le premier est caractérisé par une fosse cylindrique, dont le diamètre est compris entre 50 et 100 cm et la profondeur est de 40 cm. Au centre

se trouve un massif cylindrique argilo-sableux de 15 à 40 cm de diamètre qui contraint la scorie à former une couronne. Le second type, de dimensions plus imposantes, a une fosse de 60 à 130 cm de diamètre et d'environ 60 cm de profondeur. Le fond est légèrement surcreusé au centre où se situe verticalement une tuyère utilisée en réemploi. Celle-ci est prise en masse par la scorie qui l'entoure et qui occupe tout l'espace de la fosse. Le rôle des éléments au centre de la fosse pour ces deux types de bas fourneaux reste inconnu. Quant à la présence au sol de nombreux fragments de tuyères de grandes tailles, elle suggère, selon l'auteur, l'utilisation d'une ventilation naturelle. Deux datations radiocarbone ont été réalisées sur deux sites distincts ; leur période d'activité est datée vers l'an mille.

Les données ethnographiques acquises dans la région de l'Ader au sud du Niger dans les années 1960 ont révélé l'utilisation de bas fourneaux à usage unique pour lesquels la cheminée est déplacée et réutilisée plusieurs fois. La cuve de 80 à 100 cm de diamètre et d'une quinzaine de centimètres de profondeur est creusée dans un niveau sableux. Au centre, une fosse de forme cylindrique est surcreusée pour atteindre une profondeur de 70 à 80 cm. Sept tuyères sont disposées horizontalement au sol sur le pourtour de la cavité de manière régulière, l'espace entre elles est colmaté par du sable pour former la base de la cheminée. Cette dernière est construite à proximité puis déplacée et posée sur les tuyères. À la fin de la réduction, elle est retirée et l'éponge de fer créée au-dessus de la scorie est extraite. De tels bas fourneaux, généralement disposés en lignes (Echard, 1968, 1983, 1986), fonctionnaient encore au début du 20^e siècle entre le lac Tchad et le fleuve Niger (Figure I.36) (Garde, 1910 ; Gaillard & Poutrin, 1914).

La métallurgie du fer, bien que précoce en Afrique de l'Ouest, se démocratise tardivement au début du premier millénaire AD et a sans doute été un facteur déterminant pour le développement des grands empires ouest-africains en contribuant au développement militaire et agricole de ces régions.

Le savoir-faire des métallurgistes se diversifie, le mode de fonctionnement des bas fourneaux dépend de nombreux facteurs que les études ethnographiques tentent de mettre en évidence. Cependant, nous pouvons nous demander si les données ethnographiques peuvent être transposées pour les périodes les plus anciennes et se substituer à l'archéologie.

4. L'empire Songhay et la période précoloniale : 15^e-19^e siècles

Les Songhay sont à l'origine plusieurs ethnies peuplant la vallée du fleuve, la première dynastie est fondée au 7^e siècle, deux autres lui succéderont. Le royaume, dans un premier temps vassal des empires de Ghana et du Mali, devient l'empire songhay au 15^e siècle et suplante celui du Mali. À son apogée vers 1520, il s'étend au sud tout le long du haut et moyen Niger du Fouta Djallon à Say, et atteint au nord le confin du Sahara malien ; d'est en ouest il s'étire de l'Aïr jusqu'à l'Atlantique entre les rives du Sénégal et du Gambie. Sa capitale est Gao. La région de Niamey, très peu documentée, constitue sans doute la limite sud-est de l'empire. Au Sud-ouest du Niger, plusieurs vagues de migrations semblent se succéder entre le 11^e et la fin du 15^e siècles (Gado, 1980 p. 155). Le tableau de synthèse des occupations humaines publié par Mayor (2011) (Figure I.30) montre même un déclin simultané, dès le début du 15^e siècle, de plusieurs sites et cultures situées dans la boucle du Niger. En 1591, l'empire Songhay s'effondre suite à l'invasion marocaine. Le début du 17^e siècle est par la suite charnière pour la région et marque le début d'une période sombre (Giri, 1994). Les territoires sont progressivement morcelés et délaissés après 1650 par les marocains déçus de la pauvreté des Songhay (Rouch, 1954). Les Touaregs s'empareront de Gao vers 1670. Alors que la région est politiquement très instable (Olivier de Sardan, 1984), de grandes sécheresses affectent la population et engendrent des famines. Au milieu du 18^e siècle, la peste dépeuple les villes du Sahel (Cissoko, 1968). Durant cette même période l'esclavage fait rage sur les régions côtières, mais la population du Niger semble très peu affectée (Giri, 1994). Au 19^e siècle, alors que la population est touchée par quelques sécheresses ponctuelles, de nouveaux groupes « étrangers » venus de l'est et du nord-est migrent vers le sud-ouest du Niger et se mêlent à la population locale (Olivier de Sardan, 1984). À la même période, les européens entrent dans l'hinterland ouest-africain et atteignent le fleuve Niger, ils s'emparent de Tombouctou (Mali) en 1894, ils gagnent Dori (Burkina Faso) en 1896 et Say (Niger) en 1898 (Rouch, 1954). L'avancée des colonnes militaires témoigne des conditions arides de la région et de leurs difficultés d'approvisionnement en eau dès qu'ils s'éloignent du fleuve. En janvier 1899 notamment, la mission Voulet-Chanoine composée de 1700 hommes et femmes et 800 animaux fut contrainte de faire demi-tour à Handallaye à quelques kilomètres à l'est de Saga Gorou, elle rejoindra le lac Tchad en traversant plus au sud à la latitude de Say (Joalland, 1930).



Figure I.37. L'Afrique de l'Ouest à la fin de 19^e siècle.

Extrait recadré de l'Afrique physique et politique de l'Atlas Manuel de Géographie Moderne, 1884, p. 58-59.

Entre le 15^e et le 19^e siècles, très peu d'informations sont disponibles pour la région de Niamey. Cette période est très troublée par les guerres et les calamités agricoles qui entraînent des migrations de grande ampleur avant même que les européens colonisent le territoire.

Qui occupe les terres avant qu'elles ne soient atteintes par les européens dans la vallée moyenne du Niger ? Cette population provient-elle de mouvements migratoires récents, ou est-elle présente depuis de nombreuses générations ? Existe-t-il une rupture entre cette population et celle présente durant l'empire ?

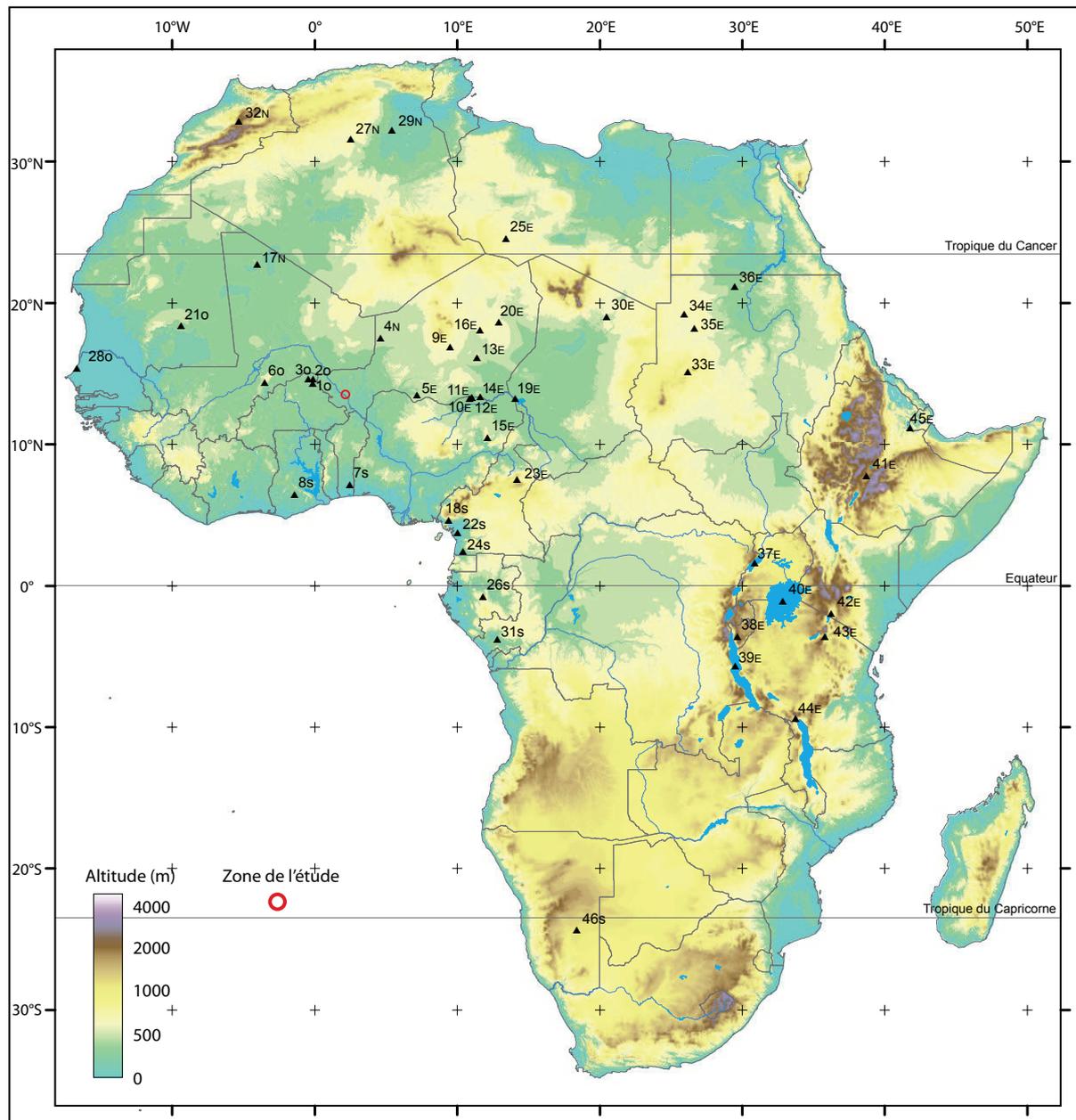


Figure I.38. Carte de répartition des sites mentionnés dans le chapitre 3, numérotés par ordre croissant selon la distance qui les sépare de notre zone d'étude et complétés par leur position géographique relative (O, ouest ; N, nord ; E, est ; S, sud).

10 : Saouga ; 20 : Mare de Kissi ; 30 : Mare d'Oursi ; 4E : Vallée de l'Azawagh ; 5E : Goulbi de Maradi ; 6N : Vallée du Yamé ; 7s : Lac Sélé ; 8s : Lac Bosumtwi ; 9E : Gobero ; 10E : Lac de Bal ; 11E : Lac de Kajemarum ; 12E : Lac de Jikariya ; 13E : Termit ; 14E : Bougdouma ; 15E : Lac Tilla ; 16E : Fachi ; 17N : Taoudeni ; 18s : Lac de Barombi Mbo ; 19E : Lac Tchad ; 20E : Bilma ; 21O : Dahr Tichitt ; 22s : Lac Ossa ; 23E : Lac de Mbalang ; 24s : Nyabessan ; 25E : Fezzan ; 26s : Lac Kamalété ; 27N : Lac de Hassi el Mejnah ; 28O : Les Niayes ; 29N : Sebkh Mellala ; 30E : Lac Yoa ; 31s : Lac de Sinnda ; 32N : Lac de Tigalmamine ; 33E : Cratère de Malha ; 34E : Lac Oyo ; 35E : Bir Altrun ; 36E : Oasis de Selima ; 37E : Lac Albert ; 38E : Vallée de Kuruyange ; 39E : Lac Tanganyika ; 40E : Lac Victoria ; 41E : Bassin de Ziway-Shala ; 42E : Lac de Magadi ; 43E : Lac Manyara ; 44E : Lac Masoko ; 45E : Lac Abhé ; 46s : Strampriet.

Troisième Chapitre

Données paléoenvironnementales et variations paléoclimatiques depuis le dernier maximum glaciaire

1. Introduction

Comme nous avons pu le voir dans le premier chapitre, le climat du continent africain est actuellement principalement régulé de manière globale par la position latitudinale de la Zone de Convergence Inter-Tropicale (ZCIT) qui est en partie dépendante de la température de la surface des océans et de la puissance des aérojets. Il en résulte une fragmentation des zones climatiques qui peuvent suivre des évolutions différentes, voire opposées. C'est pourquoi nous nous focaliserons principalement sur l'Afrique de l'Ouest, en privilégiant les données les plus proches de la vallée moyenne du Niger, notre zone d'étude (Figure I.37). Néanmoins, nous nous en écarterons parfois pour illustrer les changements climatiques majeurs perceptibles à plus large échelle et/ou les périodes où les conditions climatiques et environnementales ont eu une incidence particulière sur l'Homme. D'ailleurs, plus la chronologie se précise, moins les comparaisons de zones non homogènes climatiquement auront de raison d'être, car les mécanismes climatiques aboutissent à de fortes variations régionales pourtant synchrones.

En Afrique sahélo-saharienne, les premières données climatiques quaternaires ont été acquises en milieu lacustre (lac Tchad (18E)¹¹, lac Victoria (40E)) ou en domaine océanique au large de l'Atlantique Nord. L'intégration de ces données dans les modèles globaux ont permis dans un premier temps de proposer dans le milieu des années 1970 des synthèses du climat passé à une large échelle de temps. Elles ont alors révélé de fortes variations climatiques dans le temps mais aussi dans l'espace (Chamard, 1976 ; Rognon, 1976 ; Street & Grove, 1976).

Les données paléoclimatiques se sont par la suite principalement affinées pour la période de l'Holocène grâce à la multiplicité des recherches dans des milieux favorables à des enregistrements paléoenvironnementaux qui sont disponibles sur l'ensemble du continent, même si leur répartition est très inégale. Les connaissances

11] Les sites mentionnés sont numérotés par ordre croissant selon la distance qui les sépare de notre zone d'étude et complétés par leur position géographique relative (O, Ouest ; N, Nord ; E, Est ; S, Sud).

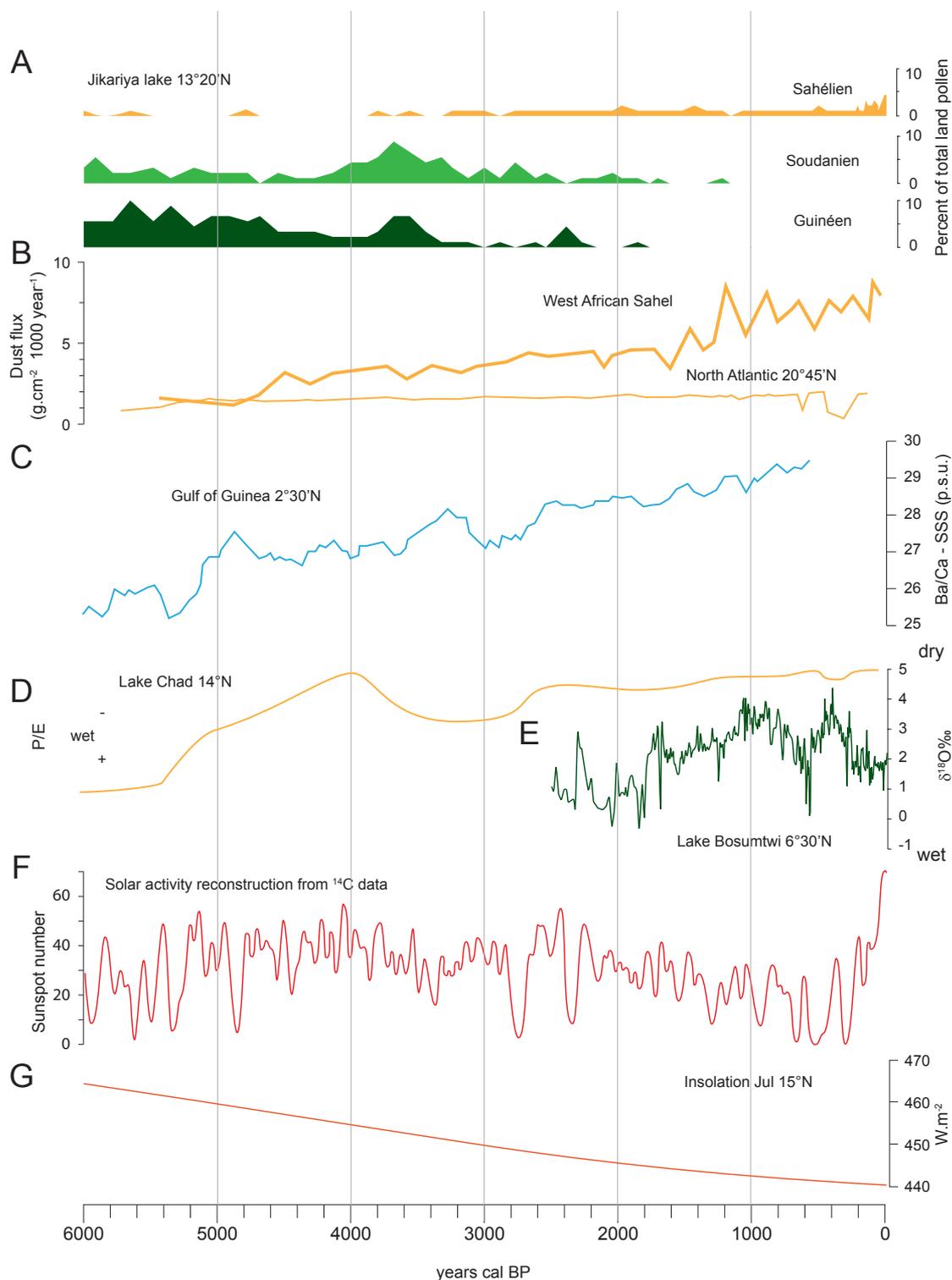


Figure I.39. Synthèse de proxy révélateur des variations climatiques au cours des 6 000 dernières années au plus près de la zone sahénienne

A : Pourcentage de pollens, lac de Jikariya, Nigéria (Waller *et al.*, 2007) ; **B** : Flux de poussière au Sahel (Street-Perrot *et al.*, 2000) et en atlantique nord équatorial (Adkins *et al.*, 2006) ; **C** : Salinité de surface des océans (SSS) déduite du rapport Ba/Ca qui indique l'apport d'eau de ruissellement fluvial (Weldeab *et al.*, 2007) ; **D** : Rapport précipitation/évaporation du lac Tchad indiquant des conditions climatiques plus ou moins humides (Servant, 1983) ; **E** : Variation du delta ^{18}O dans le lac Bosumtwi (Shanahan *et al.*, 2009) ; **F** : Variation de l'activité solaire déduite du ^{14}C atmosphérique (Usoskin *et al.*, 2007) ; **G** : Variation de l'insolation (Berger & Loutre, 1991).

acquises sur les variations du climat ancien en Afrique sont encore fragmentaires bien que les principales conditions environnementales et les changements climatiques majeurs intervenus au cours de l'Holocène soient connus. Nous nous intéresserons aux variations climatiques seulement à partir du dernier maximum glaciaire, elles seront résumées et synthétisées par trois courbes climatiques des domaines saharien, sahélien et soudanien qui seront présentées en conclusion. Pour les six derniers millénaires, sept proxy (de A à G) ont été sélectionnés dans la littérature au plus près de la zone sahélienne pour argumenter et illustrer cette synthèse (Figure I.38) :

(A) Le diagramme pollinique du lac Jikariya (12E) qui montre depuis 4 000 cal BP le déclin des taxons soudano-guinéens au profit de la végétation sahélienne (Waller *et al.*, 2007) ;

(B) Les flux d'éléments terrigènes en Atlantique Nord (Adkins *et al.*, 2006) qui marquent la fin d'une phase humide vers 5 500 cal BP alors que ceux au Sahel ouest-africain (Street-Perrott *et al.*, 2000) indiquent la fin de cette période plus tardivement et de manière plus progressive ;

(C) La salinité des eaux de surface du Golfe de Guinée dont la tendance générale indique une hausse des concentrations (Weldeab *et al.*, 2007) ;

(D) Le bilan hydrique du bassin nord du paléo-lac Tchad (18E) qui suggère des variations importantes du niveau du lac, dont une baisse majeure après 5 500 cal BP (Servant, 1983) ;

(E) Les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ du lac Bosumtwi (8S) qui fournissent une indication sur les variations pluviométriques (Shanahan *et al.*, 2009) ;

(F) L'activité solaire déduite des données des mesures de ^{14}C atmosphérique (Usoskin *et al.*, 2008) ;

(G) L'insolation qui nous indique une baisse continue de l'énergie solaire perçue sur la Terre alors que la tendance climatique est à l'aridité (Berger & Loutre, 1991) ;

L'ensemble de ces données permet d'illustrer les variabilités et les subtilités du changement climatique qui sont décrites ci-après par ordre chronologique.

2. Des phases climatiques arides

Au dernier maximum glaciaire (LGM) daté entre 26 500 et 20-19 000 cal BP (Clark *et al.*, 2009) et correspondant, sur le continent africain, à la seconde moitié de la période dite Ghazalienne (40 000 – 20 000 cal BP), les tendances climatiques manquent de précisions, mais sont globalement connues (Vernet, 1995 ; Rognon, 1996). De manière générale, les périodes glaciaires sont marquées dans les régions tropicales par un climat aride (Bonnefille, 1993), ce que Swezey (2001) confirme par la forte déflation éolienne observée sur l'ensemble de la région sahélo-saharienne au cours du LGM. Toutefois, au cours des derniers millénaires de cette période, une phase plus humide est mise en évidence ; elle correspond à un maximum lacustre observé vers 22 500 cal BP dans le goulbi de Maradi (5E) et au lac Tchad (19E) (Durand *et al.*, 1981). Diverses phases climatiques affectent le Ghazalien, période contemporaine du développement dans le nord du Sahara de la culture Atérienne, connue pour son industrie lithique. Par la suite, un changement majeur intervient entre 20 000 et 15 000 cal BP : la zone désertique progresse vers le sud durant une phase aride dénommée « Ogolienne » à l'ouest et « Kanémienne » vers le Ténéré, mais cette avancée succède à deux périodes plus anciennes durant lesquelles le désert a déjà atteint des limites plus méridionales (Durand, 1995). Vers 18 000 cal BP, les fleuves Niger et Sénégal sont à sec dans leur vallée moyenne (McIntosh, 1998), le Sénégal n'atteindra de nouveau l'océan que vers 13 500 cal BP (Sarnthein *et al.*, 1981, 1982). Durant la même période, l'édification de grandes dunes d'orientation générale nord-ouest/sud-est désorganise les grands fleuves (Rognon, 1980). La limite méridionale du Sahara s'étend alors de 400 à 800 km vers le sud (Talbot *et al.*, 1984 ; McIntosh, 1998), les modèles climatiques montrent, dans la zone sahénienne, une réduction des précipitations annuelles de l'ordre de 200 à 300 mm par rapport à l'actuel (Jolly *et al.*, 1998). Néanmoins, selon Vernet (1995) l'aridité est plus tardive et moins intense au nord du Sahara. À partir de 16 000 cal BP, les conditions climatiques vont considérablement changer. Le désert va laisser place à un milieu nettement plus favorable, comme cela est également observable à l'est, où entre deux paléosols, des remplissages lacustres sont identifiés dans plusieurs lacs de la vallée du rift africain : lac Albert (37E) (Beuning *et al.*, 1997) ; lac Victoria (40E) (Johnson, 1996). Cette phase est suivie par une transgression majeure qui commence après 15 000 cal BP.

Le dernier maximum glaciaire correspond à la mise en place des grandes dunes de sables au nord du Sud-ouest du Niger et des jupes sableuses qui recouvrent en partie les plateaux cuirassés et sur lesquelles des indices d'occupations de périodes néolithiques ont été repérés.

3. Le « Sahara vert », la Période Humide Africaine (14 500 – 5 500 cal BP)

Cette période s'étend sur près de 10 000 ans, elle constitue la Période Humide Africaine (AHP) (Ritchie *et al.*, 1985) et est principalement caractérisée par une hausse de la pluviométrie engendrant le verdissement du Sahara. Cependant, cette longue phase n'a pas été homogène ; nous pouvons en effet distinguer six épisodes climatiques majeurs.

3.1 Un shift climatique majeur

Un changement de climat relativement rapide a été caractérisé par différents data sédimentaires et géochimiques dans les sédiments marins au large du Sénégal (deMenocal *et al.*, 2000) et dans de nombreux lacs : lac Victoria (40E) (Talbot & Laerdal, 2000), lac de Magadi (41E) (Roberts *et al.*, 1993), lac de Tanganyika (39E) (Gasse *et al.*, 1989), lac de Bosumtwi (8S) (Shanahan *et al.*, 2006) et dans les lacs inter-dunaires dans le delta intérieur du Niger (Makaske *et al.*, 2007). Cette période est corrélée à un Sahara globalement plus humide dès 14 500 cal BP (deMenocal *et al.*, 2000 ; Foley *et al.*, 2003). Ce changement radical de climat est lié au déplacement d'au moins 700 km vers le Nord de la ZCIT (Haynes, 1987), entraînant des modifications de la circulation océanique, favorisant ainsi des précipitations plus abondantes ; ces dernières expliquent l'enneigement de nombreux bas-fonds dans la région sahélo-saharienne. Ces conditions climatiques ont alors facilité les contacts culturels dans la région saharienne (Hassan, 1997).

3.2 Le Dryas récent (12 800 - 11 500 cal BP)

L'épisode qui suit cette phase humide est le Dryas récent qui est une période aride enregistrée dans l'ensemble des sédiments lacustres à l'est de l'Afrique (Barker *et al.*, 2004), ainsi qu'au nord à Hassi el Mejnah (27N) et à la Sebkhia Mellala (29N) (Fontes *et al.*, 1985 ; Gasse *et al.*, 1990) et au lac Tchad (19E). Ce dernier connaît un climat hyperaride avant 12 500 cal BP, période à laquelle la végétation est de type steppique semi-désertique (Maley, 1981 ; Lézine, 1989). Le lac Tilla (15E) a montré, quant à lui, une légère hausse de son niveau, enregistrée vers 14 000 cal BP et qui est interrompue par un épisode aride entre 13 000 et 11 900 cal BP (Salzmann *et al.*, 2002). À Bougdouma (14E), bien que la tendance climatique générale conduise à l'aridité, l'abondance de diatomées planctoniques dans les sédiments indiquent un épisode lacustre entre 12 700 et 12 200 cal BP (10 800 et 10 300 ¹⁴C BP) (Tehet *et al.*, 1990). En amont de Niamey, l'édification des dunes en bordure du fleuve Niger, liée à la remobilisation des dépôts de crue, est interrompue. Cet arrêt est lié au manque de

matériaux à déplacer, ce qui témoigne d'une réduction des crues du fleuve (Rendell *et al.*, 2003). Cette période aride générale est la conséquence du déplacement de la zone de convergence intertropicale au sud avant que celle-ci ne remonte rapidement et durablement sur le continent africain (Street-Perrott & Perrott, 1990 ; Roberts *et al.*, 1993 ; Gasse, 2000 ; Garcin *et al.*, 2007).

3.3 L'Holocène ancien (11 500 - 10 500 cal BP)

Durant l'Holocène ancien, l'Afrique de l'Ouest est globalement caractérisée par un climat humide même si la chronologie manque d'uniformité (Lézine & Casanova, 1989 ; Vernet, 1995 ; Salzmann & Waller, 1998 ; Gasse, 2002 ; Kuhlmann *et al.*, 2004 ; Lespez *et al.*, 2011). Depuis le dernier maximum glaciaire (LGM), le lac Bosumtwi (8S) a atteint son niveau le plus élevé entre 11 600 et 8 800 cal BP (Shanahan *et al.*, 2006). Quant à la steppe du Manga (Nord Nigéria), elle est soumise à un régime climatique humide bien que les sédiments des lacs de Jikarya (12E) et de Bal (10E) aient montré une phase de dessiccation vers 11 200 cal BP. Au-delà, de 11 200 à 10 500 cal BP, les indices polliniques reflètent un climat sec, même si des risques de biais d'enregistrements sédimentaires sont suspectés (Waller *et al.*, 2007). Toutefois, à Termit (13E), une baisse momentanée du niveau lacustre est également constatée vers 11 200 cal BP (entre 11 070 ± 110 ¹⁴C BP et 8 410 ± 250 ¹⁴C BP) (Servant, 1983).

3.4 Le début de l'Holocène moyen (10 500-5 500 cal BP)

L'Holocène moyen connaît à ses débuts des conditions climatiques globalement humides (Waller *et al.* 2007). Au sud-est du Niger, une phase humide est relevée vers 10 300 cal BP (Gasse *et al.*, 1990 ; Gasse, 2002). Le lac Tchad (19E) atteint un haut niveau vers 10 200 cal BP (Servant & Servant-Vildary, 1980 ; Durand, 1982). Au lac Tilla (15E), Lézine (1988, 1989) constate une hausse rapide des taxons soudano-guinéens traduisant une végétation plus arborée, alors qu'une analyse multiproxy montre une baisse du niveau du lac de Tigalmamine (32N) dans l'Atlas entre 10 300 et 8 100 cal BP (Lamb *et al.*, 1995). Plus au sud, les indices d'un climat humide sont confirmés ; plusieurs hauts niveaux lacustres ont été enregistrés : dans la région du Dhar Tichitt (21O) (Hugot, 1977) ; dans la vallée de l'Azawagh (4E) (Durand *et al.*, 1999) au pied de Termit (13E) (Garba *et al.*, 1996) et au lac Bosumtwi (8S) (Maley, 1996), plus globalement, cette phase humide est reconnue sur une grande partie du Sahel (Alimen, 1987) et du Sahara (Lézine, 1989). Au cœur du Sahara, à Gobero (9E), Sereno *et al.* (2008) ont mis en évidence la présence, entre 9 650 et 8 150 cal BP (7 700 et 6 200 cal BC), d'une société de chasseurs-pêcheurs-cueilleurs qui côtoyait des crocodiles et des hippopotames dans un environnement marécageux qui

connaît de façon épisodique des phases d'inondation. Entre 9 500 et 6 000 cal BP, la végétation soudanienne se développe vers les latitudes comprises entre les 19 et 21°N (Lézine & Hooghiemstra, 1990) en lien avec une augmentation des précipitations de l'ordre de 300 à 400 mm, conséquence du changement des flux de mousson sur l'ensemble de l'Afrique. La modification de la mousson résulte, quant à elle, du changement de l'orbite terrestre qui engendre une augmentation de la distribution de l'insolation latitudinale et saisonnière (Kutzbach & Street-Perrott, 1985 ; Rossignol-Strick, 1985 ; Kutzbach & Guetter, 1986 ; Street-Perrott & Perrott, 1993). Le paysage saharien constitué d'une steppe herbacée est alors parcouru par des rivières le plus souvent pérennes qui alimentent de nombreux lacs (McIntosh 1998). Plus au sud, dans la bande sahélienne, le réseau hydrographique est réactivé comme le Dallol Bosso et le Dallol Maouri (sud-ouest du Niger) (Talbot, 1980), le débit du fleuve Niger serait, quant à lui, maximal (Pastouret *et al.*, 1978).

3.4.1 L'événement 8 200 cal BP

Au cours du Sahara vert durant l'Holocène moyen, un bref et intense refroidissement est reconnu sur l'ensemble des territoires de l'Atlantique Nord (Mayewski *et al.*, 2004). Cet événement daté de 8 200 cal BP (Alley *et al.*, 1997) se traduit dans la région sahélo-saharienne par une période sèche entre 8 400 et 8 000 cal BP (Barker *et al.*, 2004). Elle est particulièrement perceptible dans les régions du lac Abhé (45E) (Gasse, 1977), du bassin de Ziway-Shala (41E), (Gillespie *et al.*, 1983) et du lac Bosumtwi (8S), (Talbot *et al.*, 1984 ; Shanahan *et al.*, 2006). Holmes *et al.*, (1999b) constatent que des sables éoliens se sont intercalés dans des niveaux argileux organiques vers 8 100 cal BP dans des oasis et des lacs au nord du Nigéria. De même, Cremaschi et Di Lernia (1999) ont relevé en zone montagneuse à l'ouest du Fezzan (25E) une phase sèche de 8 500 à 8 000 cal BP alors que le paysage est dominé par une savane humide de 10 000 à 6 000 cal BP. Cet événement est probablement repéré également dans la vallée de l'Azawagh (4E), où Durand *et al.* (1999) observent plusieurs phases arides avec de forts épisodes éoliens entre 9 300 et 7 300 cal BP ($8\,345 \pm 85$ et $6\,410 \pm 90$ ^{14}C BP) qui ont interrompu temporairement cette grande période humide.

3.4.2 Un maximum lacustre contrasté

Après l'événement 8 200, le retour à un climat humide est perceptible sur l'ensemble du continent. Sur la façade atlantique, les études polliniques menées dans la région des Niayes (28O) révèlent une végétation liée à un climat humide jusqu'à 7 800 cal BP au moins (Lézine, 1988, 1989). Il en est de même dans le Sahel central (Gasse *et al.*, 1990 ; Gasse, 2002). De 8 500 à 6 300 cal BP, la dépression du lac Tchad (19E) est

ennoyée, le lac semble ainsi atteindre sa surface maximale, bien que plusieurs phases arides soient également identifiées (Maley, 2004). En Afrique de l'Est, le maximum lacustre dans le bassin de Ziway-Shala (39E) est atteint entre 7 790 et 5 940 cal BP (Gillespie et al., 1983). Ces phases lacustres sont ainsi contemporaines de l'extension du Sahel vers le nord pour atteindre les latitudes 20° - 22°N (Maley, 1981 ; Lézine, 1989 ; Schulz, 1991 ; Vernet, 1995). Au sud-ouest du continent africain, les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ mesurées dans un aquifère de la région de Stampriet (46S), montrent aussi le passage d'un milieu sec à un milieu humide vers 7 000 cal BP (Stute & Talma, 1998).

Néanmoins, dès 7 600 cal BP, le Sahel central connaît un climat plus aride (Salzmann, 2000 ; Salzmann *et al.*, 2002) qui est perçu sur l'ensemble de la région saharienne par une évolution de la végétation à partir de 7 800 - 6 800 cal BP (Hoelzmann *et al.*, 2004). Au lac Oyo (34E), les données polliniques confirment un changement net d'environnement, les taxons soudaniens laissent place à partir de 7 000 cal BP à une végétation saharienne (Ritchie *et al.*, 1985). De même, des indices de sécheresse de faible ampleur sont relevés sur les sites de Termit (13E) et de Bougdouma (14E) vers 7 000 - 6 500 cal BP (Gasse & Van Campo, 1994). Lézine (1988) constate qu'à partir de 6 900 cal BP (6 000 ^{14}C BP), les domaines soudaniens et sahéliens cohabitent, bien que le climat soit encore relativement humide. Ballouche et Neumann (1995) estiment que les conditions édaphiques des dunes favorisent l'expansion d'une couverture herbacée aux dépens d'une couverture arborée soudanienne.

Vers 6 000 cal BP, les lacs et les marais sont globalement plus abondants dans les bassins du Niger et du Tchad (Hoelzmann *et al.*, 1998) ; en bordure du lac Yoa (30E) la végétation est dominée par des poacées (Kropelin *et al.*, 2008). Dès 5 600 cal BP, une végétation semi-aride s'y développe (augmentation de l'acacia), alors qu'un épisode d'expansion du typha est observé de 5 500 à 4 700 cal BP (Kropelin *et al.*, 2008). Cependant, plus au sud, dès 6 000 cal BP, les premiers indices du déclin forestier sont constatés dans la région du lac Mbalang (23E) (Vincens *et al.*, 2010).

Cette période est contemporaine d'une dégradation climatique générale qui marque la fin de l'AHP.

La période humide africaine favorise l'occupation de nouveaux territoires plus au nord et facilite les échanges et les migrations transsahariens.

4. Fin de la Période Humide Africaine 5 500 – 3 000 cal BP

La fin de la Période Humide Africaine marque un retour de conditions climatiques arides telles que nous les connaissons approximativement aujourd'hui. La transition climatique qui débute vers 5 500 cal BP va perdurer durant plus de deux millénaires.

4.1 Un changement climatique global, mais spatialement différencié

Le changement climatique qui intervient à partir de 5 500 cal BP est perçu comme brutal par certains auteurs (deMenocal *et al.*, 2000 ; Foley *et al.*, 2003 ; Salzmann & Hoelzmann, 2005 ; Adkins *et al.*, 2006) et comme plus graduel par d'autres (Waller *et al.*, 2007 ; Kropelin *et al.*, 2008 ; Lespez *et al.*, 2011). Cette différence de perception de la fin de la période humide est liée aux conditions d'enregistrement mais aussi au phénomène de rétroaction du système climatique dépendant du contexte local (Holmes, 2008). La réponse du milieu au forçage climatique, lié à l'insolation graduelle (Figure 3-G), a engendré un processus de rétroaction non linéaire qui est dépendant de la végétation et de la température des océans (deMenocal *et al.*, 2000). Maley (1997) constate cependant que seul l'est-saharien connaît après 6 000 - 5 500 cal BP un climat plus sec, qui s'étend ensuite sur l'ensemble du Sahara entre 4 500 et 4 000 cal BP, bien que des phases humides de faibles amplitudes soient enregistrées ultérieurement durant l'Holocène récent. Plus au sud, au large de la Namibie, les indices polliniques prélevés en contexte marin révèlent une période chaude et humide entre 6 300 et 4 800 cal BP (Shi *et al.*, 1998) qui marque l'optimum climatique Holocène. Le changement climatique ne semble donc pas avoir été synchrone sur l'ensemble du continent africain.

Selon Lézine (1989) et Hoelzmann *et al.* (2004), le désert saharien se met en place vers 5 700 – 4 500 cal BP ; plusieurs lacs et bas-fonds connaissent alors une période sèche : le lac Tchad (19E) (Servant, 1983) (Figure 3-D) ; Bougdouma (14E) (Gasse & van Campo, 1994) ; le lac de Tigalmamine (32N) (Lamb *et al.*, 1995) ; la vallée de Kuruyange (38E) (Bonnefille *et al.*, 1991) ; le lac de Malha (33E) (Mees *et al.*, 1991) ; la région de Bir Altrun (35E) (Ritchie *et al.*, 1985) ; l'oasis de Selima (36E) (Haynes *et al.*, 1989) ; la région de Taoudeni (17N) (Schulz, 1991). Vers 5 500 cal BP, au large du Sénégal, le flux d'éléments terrigènes augmente, ce qui traduit également la fin de la AHP (Adkins *et al.*, 2006). Cependant, dans la région du Manga, Street-Perrott *et al.* (2000) mettent en évidence une augmentation plus progressive du flux de poussières qui débute plus tardivement vers 4 800 cal BP (Figure 3-B). Dans le Golfe de Guinée, la salinité marque une forte hausse vers 5 000 cal BP, ce qui indique une baisse des eaux de ruissellement fluviale (Figure 3-C) (Weldeab *et al.*, 2007). Après 4 800 cal

BP, à la latitude 19°N aujourd'hui désertique, les arbres tropicaux disparaissent pour être remplacés par des arbres et des arbustes de type sahélien (Kropelin *et al.*, 2008). Le milieu devient après 4 300 cal BP une savane herbeuse ouverte avec quelques éléments soudaniens comme cela est observé aujourd'hui 300 km plus au sud. Dans l'Azawagh (4E), des coquilles de gastéropodes datées entre 4 500 et 3 900 cal BP sont les dernières indications d'un environnement humide (Durand *et al.*, 1999). Les études géochimiques des sédiments de l'oasis de Kajermarum (11E) (Holmes *et al.*, 1997) et du lac de Bal (10E) (Holmes *et al.*, 1999) confirment des conditions plus sèches vers 4 700 cal BP. De même, au lac de Jikariya (12E) (Figure 3-A), les arbres de type guinéen laissent place progressivement aux éléments soudaniens (Waller *et al.*, 2007). Quant aux données polliniques du lac Mbalang (23E), elles mettent en évidence un déclin graduel du couvert forestier, interrompu par une légère régénération de la végétation entre 5 200 et 4 200 cal BP (Vincens *et al.*, 2010).

4.2 Maximum d'aridité à la fin de l'Holocène moyen entre 4 200 et 3 500 cal BP

Au Sahara et au Sahel, le maximum d'aridité est atteint vers 4 200 cal BP (Baker *et al.*, 2004 ; Gasse et Van Campo, 1998) ; cela est perceptible dans les régions de Bilma (20E), Termit (13E), Bougdouma (14E) et Fachi (16E) (Hassan, 1997), mais également dans le cratère de Malha (33E) (Mees *et al.*, 1991 ; Dumond & El Moghraby, 1993) et au lac Tchad (19E) (Maley, 2004). Said (1993) relève à cette même période des crues du Nil très réduites. À la frontière entre le Niger et le Nigéria, Holmes *et al.* (1999) constatent au milieu d'accumulations d'argile organique dans le remplissage de zones lacustres datés de l'Holocène ancien et moyen, des sables éoliens à 4 100 cal BP qui correspondent à une phase plus sèche. Cette phase aride est aussi perçue plus au sud, dans la région du lac Bosumtwi (8S) (Talbot *et al.*, 1984 ; Maley, 1996 ; Shanahan *et al.*, 2006).

Entre 3 900 et 3 100 cal BP, les plantes semi-arides se développent dans la zone saharienne puis à partir de 2 700 cal BP la végétation est semblable à celle que l'on observe aujourd'hui (Kropelin, 2008). Dans la vallée du Yamé (6N), une étude sédimentaire révèle une période aride vers 3 800 cal BP (Lespez *et al.*, 2011). De même, entre 4 500 et 3 400 cal BP, l'étude du diagramme pollinique du lac Sélé (7S) met en évidence le déclin des arbres au profit d'une végétation herbacée formant ainsi une zone écologique de transition entre la savane et la forêt appelée le « Dahomey Gap » (Salzmann & Hoelzmann, 2005).

4.3 Le retour à une phase humide vers 3 500 cal BP ?

Après une période sèche, une brève phase humide est constatée entre 3 800 et 3 200 cal BP dans le bassin du paléo-lac Tchad (19E) (Servant *et al.*, 1980 ; Maley, 1981) ainsi qu'au nord du Nigéria où Waller *et al.* (2007) relèvent des indices polliniques révélateurs d'une période humide entre 3 800 et 3 500 cal BP. Cependant, Lézine et Casanova (1989) émettent l'hypothèse que l'AHP ait pu s'étendre entre 4 400 et 2 600 cal BP, mais il semblerait que le retour d'une phase humide à cette période ne soit pas à exclure.

Le changement de végétation qui fait suite à l'AHP intervient néanmoins assez tardivement ; vers 3 500 cal BP, Salzmann & Waller (1998) observent au nord du Nigéria que les éléments guinéens et soudaniens disparaissent pour être remplacés rapidement par les poacées alors que Waller *et al.* (2007) observent dans les bas-fonds un changement de végétation plus lent. Vers 3 200 cal BP, les sédiments du lac Bosumtwi (8S) montrent aussi un changement lithologique et géochimique rapide et permanent, qui indique la mise en place de conditions climatiques plus arides (Russell *et al.*, 2003). Au lac Mbalang (23E), une dégradation de la forêt est constatée de façon graduelle entre 4 200 et 3 000 cal BP puis s'accélère ; après 2 400 cal BP, la végétation steppique est mise en place définitivement (Vincens *et al.*, 2010). Plus au sud, en Afrique équatoriale atlantique, les études polliniques révèlent un changement net de la végétation entre 3 200 et 2 500 cal BP, qui intervient lors d'une dégradation générale du couvert forestier entre 4 700 et 1 200 cal BP (Vincens *et al.*, 1998, 1999).

La transition climatique se produit sur un temps long, elle connaît de grandes disparités spatiale et temporelle.

Les nouvelles conditions climatiques ont contraint l'Homme à s'adapter et à migrer vers le sud.

5. Mise en place du climat actuel à partir de 3 000 cal BP

5.1 Une mosaïque de paysages

A l'Holocène récent, les études paléoenvironnementales plus nombreuses montrent un milieu sahélien diversifié, mettant en évidence les facteurs locaux. La réponse de la végétation paraît dépendante de la géographie des lieux même si l'impact de l'Homme commence à être évoqué (Waller *et al.*, 2007). Le contexte local semble ainsi tenir un rôle majeur sur les variations climatiques dans le milieu sahélien. Alors que

les conditions climatiques étaient globalement humides avant 3 000 cal BP, le Sahel devient une mosaïque composée d'éléments sahéens et soudaniens (Ballouche *et al.*, 1995).

Par exemple, les mares sahéennes burkinabè d'Oursi (30) et de Kissi (20) ont enregistré à partir d'environ 3 000 cal BP un changement paysager majeur ; ce sont les poacées qui disparaissent au profit d'un couvert arboré alors que les indices hydrologiques de la mare montrent un assèchement climatique (Ballouche, 2001), perceptible à l'échelle de l'Afrique de l'Ouest.

Au Nigéria, les données polliniques de l'oasis de Kajemarum (11E) et du lac de Jikariya (12E) montrent entre 3 100 et 2 100 cal BP des conditions particulièrement sèches où les taxons guinéens et les cypéracées disparaissent, ces derniers laissant place aux poacées. Quant aux arbres soudaniens, ils sont remplacés par ceux de type sahéen vers 2 300 cal BP (Waller *et al.*, 2007). De même entre 2 500 et 2 000 cal BP, une sécheresse est confirmée par de nombreuses études menées sur un transect nord-sud traversant l'ensemble des zones climatiques du Sahel à la forêt équatoriale. En effet, la charge sédimentaire dans le delta du Niger (McIntosh, 1998) et celle du Sénégal (Bouimetarhan *et al.*, 2009) sont particulièrement faibles ; les études polliniques sur l'ensemble du Sahel (Lézine, 1989) et sur le pourtour du lac Bosumtwi (8S) montrent un épisode aride (Shanahan *et al.*, 2006), de même que les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ qui traduisent une baisse de précipitation (Shanahan *et al.*, 2009) (Figure 3-E). Plus au sud, (Ngomanda *et al.*, 2009) constatent, à partir des données polliniques et des diatomées des lacs Barombi Mbo (18S), Ossa (22S) et de Nyabessan (24S), une ouverture du milieu forestier. L'argument climatique a été récemment discuté (Bayon *et al.*, 2012a ; b) en s'appuyant sur des études géochimiques provenant d'un forage marin à l'embouchure du fleuve Congo. Elles révèlent vers 3 000 - 2 500 cal BP une forte érosion des sols qui serait selon les auteurs, la conséquence des défrichements des premiers paysans Bantou dans la région et non celle d'une dégradation climatique. Maley *et al.* (2012) comme Neumann *et al.* (2012) estiment que les preuves archéologiques sont très insuffisantes pour défendre cette hypothèse et affirment que c'est l'ouverture du milieu forestier due aux variations climatiques qui a facilité le déplacement des populations et la diffusion de la métallurgie comme le stipulait Schwartz (1992).

De même, une controverse existe sur le rôle respectif de l'Homme et du climat sur la végétation dans les régions sahélo-soudaniennes. Le contraste écologique mis en évidence au début de l'Holocène récent serait lié aux pratiques agricoles et aux activités agro-pastorales qui auraient fait évoluer le paysage en îlot, distinguant les

zones d'habitat des territoires de brousse (Ballouche *et al.* 1995). Ceci serait en lien avec la migration des éleveurs du Sahara vers le sud sous le 19° N, entre 4 500 et 3 150 cal BP (4 000 et 3 000 ¹⁴C BP) (McIntosh & McIntosh, 1983). Selon Ballouche *et al.* (1995), l'Homme deviendrait, autour de 3 000 cal BP, un facteur dominant dans le développement de la végétation, alors que Kahlheber *et al.* (2001) perçoivent plutôt ce changement comme une dégradation climatique ; l'impact de l'homme interviendrait plus tardivement, vers 1 850 cal BP.

Cependant, les données polliniques acquises au nord du Burkina Faso ne sont pas si faciles à interpréter, en raison du rôle ambigu des activités anthropiques (Ballouche & Neumann, 1995) ; bien que des espèces soudaniennes aient été éliminées, l'impact de l'Homme sur le milieu n'a pas obligatoirement conduit à un appauvrissement du couvert végétal. L'Homme a pu également contribuer à l'augmentation de la diversité végétale et à la création de nouveaux environnements (Behre & Jacomet, 1991). En effet sur les dunes du nord du Burkina Faso, Höhn et Neumann (2011) montrent depuis la fin du dernier millénaire, la mise en place et l'intensification de cycles de cultures avec une alternance de champs et de jachères qui ont clairement modifié la composition du paysage steppique sahélien.

Dans le Sahel, les reliques soudaniennes peuvent alors être interprétées soit comme le retour d'un climat plus humide entre 2 100 et 1 500 cal BP (Waller *et al.* 2007 ; Höhn & Neumann, 2011), soit comme le témoin d'un environnement sahélo-soudanien dégradé par les activités humaines (Ballouche & Neumann, 1995 ; Höhn, 2004). Au nord du Burkina Faso, les études anthracologiques montrent que les espèces soudaniennes sont restées prépondérantes au moins jusqu'en 650 cal BP (14^e siècle), la présence dans la région de points d'eau artificiels ou réaménagés (Reichelt, 1977) a probablement contribué au maintien de ces espèces.

5.2 L'instabilité climatique du deuxième millénaire

Vers 1 000 cal BP, au nord du Nigéria, Holmes *et al.* (1999) enregistrent une chute de salinité dans le lac de Bal (10E) correspondant au retour d'une période humide, qu'ils observent également dans l'oasis de Kajermarum (11E). Cependant, plus au sud en zone équatoriale, le lac Bosumtwi (8S) atteint vers 1 000 cal BP un bas niveau (Talbot *et al.*, 1984 ; Maley, 2004) qui correspond pour les valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ à un maximum (Shanahan *et al.*, 2009) (Figure 3-E). Dans la région du lac Kamalété (26S), Ngomanda *et al.* (2005) révèlent entre 1 240 et 550 cal BP l'ouverture de la canopée, conséquence d'une période climatique instable durant laquelle de nouvelles espèces

végétales colonisent la forêt primaire. Ce déclin du couvert forestier est principalement d'origine climatique, il est contemporain d'un important hiatus archéologique, qui peut cependant être induit par un manque de données dans une région difficile d'accès (Ngomanda *et al.*, 2007). Dans la région du lac Sinnda (31s) vers 610 cal BP, Vincens *et al.* (1998) perçoivent une brève période sèche, la présence de pollens de végétations palustres laisse présager une baisse, d'origine climatique, du niveau du lac.

Dans la mare de Kissi (20), aucun pollen n'a été identifié avant 550 cal BP (1 400 AD) ; ultérieurement à cette date, Ballouche (2001) montre une dégradation de la végétation arborée au profit de l'herbe rase en raison du pastoralisme intensif aux abords des mares. Les éléments soudaniens y sont très discrets alors qu'ils sont nettement mis en évidence 50 km plus au sud à Saouga (10) (Neumann *et al.*, 1998), ce qui témoignerait d'une pression anthropique forte en bordure de la mare et non d'une dégradation climatique. Toutefois, dans le nord du Nigéria, Salzmann (1996) et Salzmann *et al.* (1998) interprètent la coexistence de ces deux taxons comme une savane sahénienne enrichie en éléments soudaniens en raison de zones humides plus abondantes. Ils suggèrent alors que le climat est toujours le facteur déterminant dans la dynamique de la végétation depuis 3 000 ans.

Ces données paléoenvironnementales montrent pour le dernier millénaire une histoire climatique complexe, marquée par de fortes anomalies d'ordre pluri-décennal et perceptibles sur l'ensemble du continent (Rognon, 1991 ; Verschuren, 2004). En effet, entre 1 050 et 680 cal BP, la zone intertropicale est considérée comme plus aride qu'actuellement ; de plus, elle connaît, selon la tradition orale, de grandes famines entraînant des migrations et des conflits ethniques aussi bien en Afrique de l'Est (Webster, 1979), qu'en Afrique de l'Ouest (Gado, 1980 ; Giri, 1994). Par la suite, entre environ 680 et 200 cal BP (1270 – 1750 AD), de fortes anomalies pluviométriques sont constatées de manière asynchrone dans les régions Centre, Est et Sud-est du continent africain (Verschuren, 2004). Toutefois, de la fin du 17^e au début du 18^e siècles, une sécheresse de grande ampleur affecte la région intertropicale avec un maximum d'aridité pendant la décennie 1790 qui est perçu également dans le monde entier par un épisode plus froid (Grove, 1998).

Ces variations climatiques qui ont fragilisé au cours du 2^e millénaire de notre ère le milieu sahéni et les Hommes qui l'exploitent, peuvent être corrélées à celles observées sur l'ensemble de la planète et qui sont liées à l'activité solaire mesurable par les valeurs du ¹⁴C résiduel (Verschuren, 2004 ; Usoskin *et al.*, 2008) (Figure 3-F). La première période aride (1 050 - 680 cal BP) est alors corrélable à l'Optimum Climatique Médiéval,

perceptible dans les régions tempérées du nord ; puis la seconde (680 - 200 cal BP) plus instable, pour laquelle trois cycles aride/humide sont connus, est contemporaine du Petit Âge Glaciaire.

Les variations climatiques de ces cinq derniers siècles ont également été corrélées aux anomalies des températures de surface des océans (SST) en lien avec l'oscillation Pacifique Nord Américaine (PNA) et l'Oscillation Nord Atlantique (NAO) (Hunt, 2000).

Dans la zone sahélo-soudanienne de l'Afrique de l'Ouest, les données les plus complètes sont celles du lac Tchad (19E). Maley (1989, 1993) met en évidence un niveau lacustre élevé entre 850 et 550 cal BP (1100 et 1400 AD) et entre 350 et 250 cal BP (17^e siècle) avec entre ces deux phases des niveaux qualifiés de bas ou d'intermédiaires. Quant au niveau lacustre des deux derniers siècles, il montre des variations importantes, avec une tendance vers la baisse, ce que constate également Holmes *et al.* (2009) à Kajermarum (11E) où entre le 17^e et le 20^e siècles, une hausse des rapports Sr/Ca et Mg/Ca et la présence d'ostracodes halins suggèrent une relative augmentation de la salinité liée à une baisse du niveau lacustre.

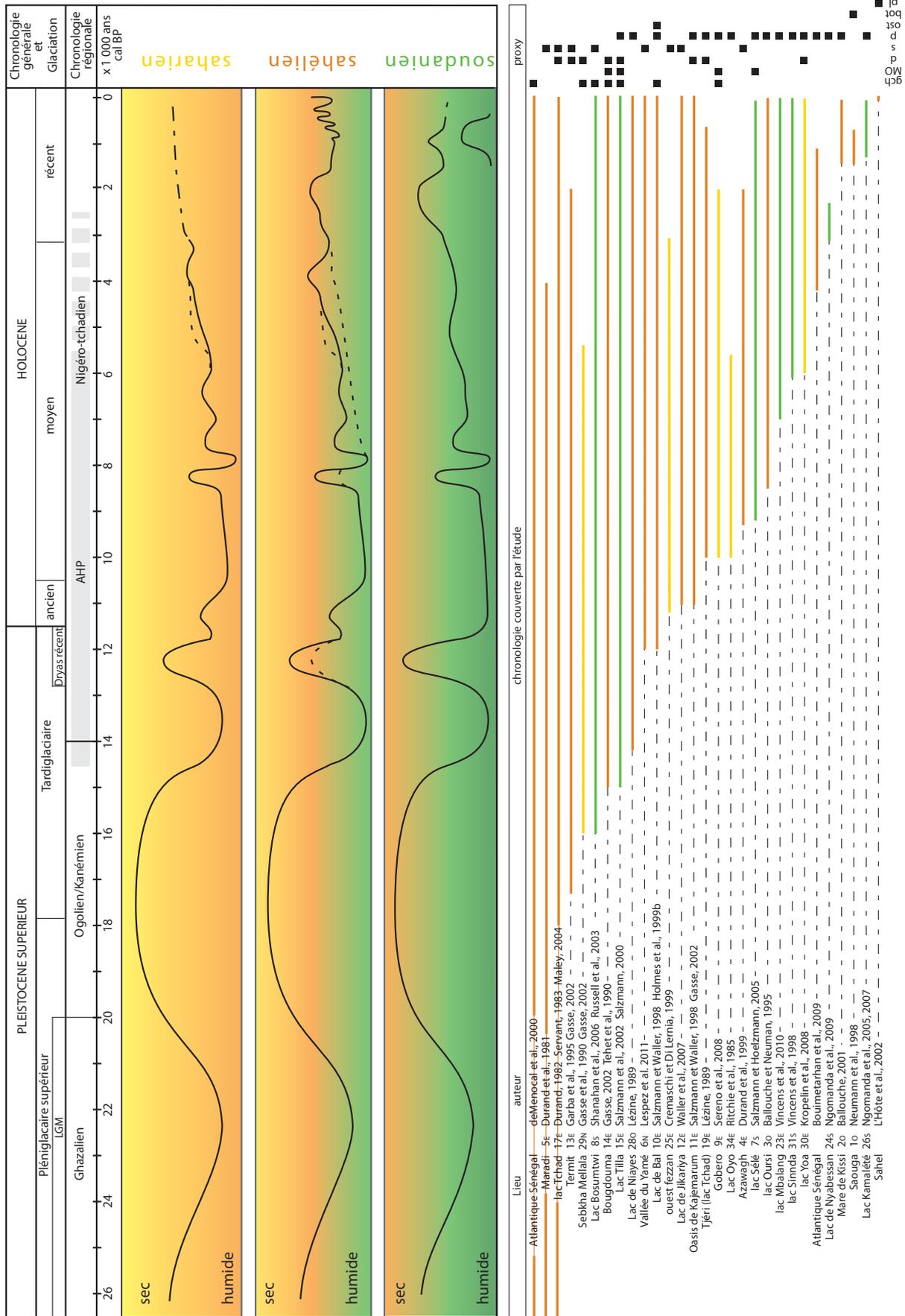
5.3 1800 AD – 2000 AD : des taux de précipitations hétérogènes et une pression anthropique croissante

Au cours du 19^e et du 20^e siècles, les données climatiques se précisent, tout d'abord par la description manuscrite d'événements historiques (sécheresses, inondations, récoltes,...) puis dès la fin du 19^e siècle par le relevé périodique de mesures météorologiques. Nous disposons ainsi de données climatiques qualitatives et quantitatives pour la majeure partie du continent africain. Pour le Sahel, le taux de précipitation annuel entre 1840 et 1963 est relativement stable et montre des conditions climatiques plutôt humides, avec des épisodes de sécheresse entre 1845 et 1855 puis dans les années 1910 et 1940 (Rognon, 1991 ; Nicholson, 2001 ; L'Hôte *et al.*, 2002). Par la suite dans les années 1960, une rupture nette est constatée entre 1967 et 1971 ; la pluviométrie a diminué d'environ 25% sur la zone sahélienne par rapport à la période 1950-1969 (Servat *et al.*, 1998) et ce déficit peut atteindre près de 40% sur des secteurs localisés du Sud-ouest du Niger (Le Barbé & Lebel, 1997). Cette sécheresse perdure également à l'échelle du Sahel pendant les décennies 1990 et 2000 (L'Hôte *et al.*, 2002 ; Lebel & Ali, 2009), durant lesquelles Balme *et al.* (2006) constatent une modification du cycle des saisons avec une baisse notable du nombre d'événements pluvieux.

En Afrique de l'Ouest, la végétation subit alors une forte modification, la couverture

Première partie

Approche géoarchéologique des sociétés sahéniennes dans leur contexte environnemental : état des lieux et méthodologie



végétale de la zone sahélienne se dégrade, elle passe de 80% à 15% entre 1950 et 2005 (Favreau *et al.*, 2009). Dans le bassin versant de Bangou Kirey à la périphérie de la ville de Niamey, le paysage dominé par une savane arbustive en 1950 laisse place 25 ans plus tard, à des versants sableux couverts à 72% par des terres cultivées et des plateaux fortement dénudés. En 2009, la surexploitation des sols et la formation de croûtes d'érosion entraînent même une baisse de la surface cultivée de 25% (Abdourhamane Touré, 2011).

Outre la dégradation climatique liée à la baisse de la pluviométrie, l'Homme exploite intensivement les terres pour satisfaire les besoins alimentaires d'une population ouest-africaine qui connaît une démographie exponentielle (Guengant, 2007).

Le milieu sahélien tel que nous le connaissons au début du 20^e siècle s'est mis en place il y a près de 3 000 ans. Il a cependant connu des épisodes climatiques très contrastés qui semblent avoir eu une forte incidence sur le contexte sociétal de la région.

6. Conclusions

Les études du climat actuel menées dans la région sahélienne ont montré une forte hétérogénéité spatiale du taux de précipitation, dont l'incidence sur les rendements agricoles et le couvert végétal naturel est directe. Cette forte variabilité apporte donc une vision relative des données paléoclimatiques, qui doivent être perçues comme des valeurs moyennées de fluctuations plus au moins importantes sur une large échelle de temps (Figure I.39). De plus, la validité des données anciennes dépend (i) de la sensibilité du milieu enregistreur, (ii) de l'extrapolation faite à partir des diverses données paléoenvironnementales et (iii) de l'effet d'échelle. Néanmoins, les résultats acquis depuis près d'un demi-siècle montre que la zone intertropicale du continent africain a connu depuis le dernier maximum glaciaire des conditions climatiques très variées. La plupart des grandes tendances climatiques connaissent toutefois des événements locaux et des milieux environnementaux contrastés qui sont liés le plus souvent aux contextes géomorphologiques, hydrologiques et édaphiques locaux. Cependant, l'interprétation des données environnementales liées à la végétation à

Figure I.40. (ci-contre) Evolution climatique des domaines sahélien, saharien et soudano-guinéen dans la région ouest-africaine (courbes construites à partir de l'ensemble des données paléoclimatiques de ce chapitre). Les tirets réguliers indiquent des variations climatiques locales et les tirets irréguliers une tendance incertaine. gch : géochimie ; s : sédimentologie ; d : diatomée ; MO : matière organique ; p : pollen ; ost : ostracode ; bot : paléobotanique ; pl : pluviométrie.

partir de 3 000 cal BP devient sujet à controverse selon que les auteurs attribuent un rôle plus ou moins prépondérant aux impacts anthropiques. Si l'Homme a eu un impact sur son environnement, cela se limite le plus souvent à l'échelle régionale voire locale, le facteur climatique restant prédominant à l'échelle globale. Néanmoins, l'anthropisation peut être un accélérateur dans la dégradation du milieu, entraînant l'érosion et l'appauvrissement des sols. L'Homme a assurément une part de responsabilité dans l'évolution du paysage ; le pastoralisme, conjugué aux changements climatiques, a, semble-t-il, abouti à partir du premier millénaire avant notre ère, à la relative uniformité des paysages sahéliens actuels (Ballouche & Neumann, 1995 ; Ballouche, 2001).

L'Homme s'adapte aux différents milieux et aux bouleversements climatiques qu'il subit. Les migrations de population dans des territoires plus appropriés et le développement de nouvelles techniques (méthodes de chasse et de pêche, céramique, procédés agricoles et métallurgiques) montrent l'aptitude de l'Homme à adopter un mode de vie approprié aux changements environnementaux.

Quatrième chapitre

Les relations sociétés - Sahel dans la région du Sud-ouest du Niger

1. La démarche adoptée

Dans l'objectif d'étudier les relations entre les sociétés et leur milieu, le choix du site d'étude a été déterminant pour permettre de maîtriser et de mesurer les principaux paramètres qui placent l'Homme dans son environnement. Il est en effet nécessaire d'étudier dans un cadre géomorphologique et culturel connu les impacts des activités humaines sur leur environnement local afin d'évaluer plus globalement la pression anthropique sur le milieu sahélien. Cependant, les données archéologiques proches de Niamey sont très disparates, une étude archéologique approfondie a donc été nécessaire pour évaluer l'occupation humaine de la zone étudiée.

Afin d'avoir une connaissance la plus exhaustive possible du contexte archéologique, une zone de prospection a été initialement délimitée par un transect d'une minute géographique de large (1,83 km) et de 100 km de long entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso axé sur la latitude de Niamey. Cette zone strictement bornée visait à mesurer précisément une densité d'occupation sur un secteur qui recoupe l'ensemble des surfaces géomorphologiques permettant ainsi d'avoir une fenêtre représentative d'une grande variété de milieux de la région étudiée.

Cependant, l'abondance des découvertes archéologiques témoignant principalement d'une activité métallurgique m'a contraint à réduire les zones de prospection ; je me suis alors concentré sur quatre points géomorphologiques clefs du transect, d'ouest en est : la vallée du fleuve Niger et les plateaux qui la bordent, les bassins versants de Saga Gorou actuellement endoréiques, inclus dans une vallée sèche d'un affluent secondaire du fleuve, une zone située entre le fleuve et le dallol près du village de Banizoumbou et la rive droite du dallol. Les bassins versants de Saga Gorou et les plateaux de Louguel ont fait l'objet d'une étude plus approfondie que les autres sites.

En effet, un cadre d'étude tel qu'un bassin versant permet d'étudier de manière théorique l'impact anthropique en tenant compte des bilans sédimentaires. L'évolution du géosystème peut ainsi être interprétée en intégrant le facteur humain et le facteur climatique. Toutes les situations du milieu peuvent ainsi être mesurées :

- en l'absence de l'homme, phase correspondant à « l'état initial » du milieu en équilibre dynamique avec le climat,
- en sa présence, permettant de mesurer l'impact de ses actions sur l'environnement dans un contexte climatique stable,
- après l'abandon de son territoire, ce qui permet potentiellement un retour vers l'état initial, ou plus souvent vers un nouvel état d'équilibre du milieu si le seuil de non-retour est atteint (milieu trop dégradé).

Les études environnementales présentent un intérêt essentiel pour la compréhension des sociétés ; elles permettent de mieux appréhender l'ensemble des phases d'occupation, dont certaines peuvent être imperceptibles par l'absence d'indices archéologiques. L'étude paléoenvironnementale d'un anthroposystème nécessite alors une approche pluridisciplinaire qui fait appel aux sciences de la terre et de l'environnement ainsi qu'aux sciences humaines, telle la géoarchéologie. Discipline apparue au milieu du 20^e siècle, elle fait référence aux sciences de l'archéologie et à l'archéométrie (palynologie, anthracologie, géologie, géophysique, approche statistique, métallographie, géochimie,...) et a pour objectif de replacer chronologiquement le site d'étude dans son contexte en utilisant les concepts de stratigraphie et de datations absolues, de comprendre les processus naturels de formation du site et de reconstituer le géosystème de celui-ci durant son occupation (Petit, 2006).

Au Sahel comme au Sahara, certaines zones lacustres, milieux favorables à un enregistrement sédimentaire, ont été particulièrement étudiées selon une perspective climatique, comme le lac Tchad (Servant, 1973; Durand, 1995) et paléoenvironnementale, comme le lac Yoa au Tchad (Kropelin *et al.*, 2008), le lac Tchad (Maley, 1981), les mares d'Oursi et de Kissi au Burkina Faso (Ballouche & Neumann, 1995 ; Ballouche, 2001), la vallée du Yamé au Mali (Le Drezen, 2008 ; Lespez *et al.*, 2011) ou encore le lac Tilla au Nigéria (Salzmann *et al.*, 2002). Cependant, rares sont les études comme celles menées à Gobero (Niger) (Serenio *et al.*, 2008) qui intègrent le facteur humain en tenant compte de son impact sur le bassin versant.

Par cette démarche basée sur une approche géoarchéologique, nous nous interrogeons sur l'éventualité d'un impact anthropique sur le milieu à l'échelle locale dans le passé. Alors que le fleuve Niger situé au cœur de notre zone d'étude, constitue un atout majeur pour l'implantation de l'Homme (ressource en eau, axe de communication, frontière naturelle,...), nous nous demanderons quelles ont été les activités humaines majeures pratiquées dans cette région (les environs de Niamey) au cours des quatre derniers

millénaires (Néolithique récent, l'Âge du fer¹², et la période coloniale et pro-coloniale) et dans quel contexte environnemental se sont développées ces sociétés. Pour cela, l'ensemble des paramètres géologiques, géomorphologiques et environnementaux seront pris en compte ; ils permettront de mettre en évidence les interactions entre les sociétés anciennes et leur milieu.

2. Méthodes générales

2.1 Les données archéologiques

Les indices archéologiques ont été mis en évidence, pour la plupart, par prospections pédestres, cette méthode appliquée avec rigueur fournit un aperçu global de l'occupation humaine du secteur investigué (ex : Langlois, 2005). Plusieurs périodes d'occupations ont ainsi été révélées, elles se répartissent en deux grandes phases chronologiques et culturelles.

La première période est celle du néolithique, les indices archéologiques y sont très dispersés, le mobilier et les structures sont peu abondants. Deux sites font exception : Kirkissoy, connu pour être l'un des sites néolithiques majeurs en Afrique de l'Ouest (Vernet, 1996) et Tondi Gamey, pour lequel un sondage archéologique de 2 m² a été réalisé, permettant d'observer la stratigraphie du site.

La seconde période d'occupation est datée de l'Âge du fer *sensu lato*. Les indices les plus visibles sont ceux liés à la métallurgie, dont les scories, résidus de réduction, qui ont laissé de nombreuses traces dans le paysage sahélien. Une trentaine de sondages a été réalisée sur des bas fourneaux, révélant les structures internes du fourneau. Les données archéologiques très lacunaires et l'absence de chronologie pour cette région a nécessité une étude approfondie de l'activité métallurgique en proposant une typologie et une étude spatiale associées à des datations radiocarbone. Quant aux activités agropastorales, elles ont été mises en évidence par la présence de parcelles aménagées sur les plateaux.

2.2 Cartographie et analyse spatiale

Au cours de prospections, les artefacts archéologiques témoins d'une activité métallurgique ont été géoréférencés afin de réaliser des cartes de répartition. Une analyse spatiale permet de confronter les données entre elles et avec leur environnement afin de mettre en évidence des relations ou des interactions qui justifient leur position.

12] L'Âge du fer désigne ici la période comprise entre l'apparition de la métallurgie vers 800 cal BC et la fin du 18^e siècle à la veille de la colonisation européenne.

Le relevé géographique de chaque structure archéologique en place a été réalisé soit à l'aide d'un GPS (Global Position System) soit à partir de photographies aériennes orthorectifiées et géoréférencées pour les structures visibles à la surface du sol à faible altitude. Quant aux caractéristiques géomorphologiques, qui sont un critère géographique déterminant, elles ont été en partie déduites de l'état de surface par le biais d'un traitement spectral d'images satellitaires.

L'ensemble des informations a été intégré dans une base de données qui est consultable à partir d'un Système d'Information Géographique (SIG). Les données ont été par la suite traitées suivant différentes méthodes d'analyses spatiales qui peuvent être classées selon des techniques qui identifient et résument des configurations spatiales et selon des techniques qui analysent ces configurations spatiales (Deweirdt, 2010).

2.3 Paléoenvironnement et géosciences

L'étude de l'impact anthropique nécessite de connaître le contexte paléoenvironnemental du milieu. Pour cela, l'analyse multiproxy d'un enregistrement sédimentaire palustro-lacustre au plus près des zones d'activités passées permet d'évaluer les conditions environnementales du milieu contemporaines de ces périodes d'activités.

Le prélèvement par carottage dans ces dépôts sédimentaires fournit un enregistrement stratigraphique continu qui est soumis à une série d'analyses sédimentaires et géochimiques. Elle permet d'étudier (i) les sources des matériaux qui témoignent de l'état de surface des sols dont les variations peuvent être induites par les activités anthropiques ou par le climat et (ii) les grands changements environnementaux perceptibles par l'évolution de la végétation et de la matière organique. Pour cela nous serons amenés à étudier la granulométrie et la lithologie des sédiments afin de définir la dynamique sédimentaire du remplissage. Nous proposerons également de mesurer la susceptibilité magnétique qui permet de mieux définir l'origine des matériaux, puis nous aborderons le volet environnemental en identifiant l'origine de la matière organique par l'étude du rapport C/N et nous jugerons de sa qualité en procédant à une pyrolyse Rock-Eval. L'étude de la végétation ne pourra être réalisée, aucun pollen n'a en effet pu être identifié.

L'absence de dépôt sédimentaire sur les plateaux nous a également conduits à réaliser des prélèvements dans des horizons pédologiques afin d'étudier les variations du $\delta^{13}\text{C}$ pour connaître l'utilisation des sols.

2.4 Datations

La chronologie des structures archéologiques et des niveaux stratigraphiques a été obtenue par la méthode du radiocarbone. Les matériaux datés sont des charbons de bois pour la grande majorité et du bois. 38 datations ont été réalisées dans le cadre du programme ARTEMIS¹³ et 23 au laboratoire de radiocarbone de Poznań (Pologne). La calibration des dates ¹⁴C a été réalisée à l'aide du logiciel Oxcal 4.1. (Bronk Ramsey, 2009).

Aucune datation n'a été rejetée, bien que certaines ne datent manifestement pas la structure archéologique étudiée, mais révélerait une occupation plus ancienne. Nous considérons que chaque élément daté indique potentiellement une période d'occupation, même si aucun contexte archéologique connu ne lui est associé ; ceci suggérera et impliquera une discussion au cas par cas.

Dans les prélèvements carottés, la datation des séquences est dépendante de la présence de matériaux datables. Des hiatus chronologiques importants sont constatés dans les grandes séquences sableuses, où aucun élément carboné n'a été identifié. Pour les périodes les plus récentes, des datations par la méthode du ¹³⁷Cs ont été engagés, mais les niveaux sableux, omniprésents dans la partie supérieure de la séquence, ne contiennent pas assez d'éléments radioactifs pour fournir une mesure fiable.

3. Orientation du plan

Le corpus archéologique découvert par prospection dans la région comprise entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso, nous a conduits à organiser la thèse selon les deux périodes majeures d'occupation pour lesquelles des données environnementales sont disponibles, soit le Néolithique et l'Âge du fer.

Faisant suite à cette partie introductive, la deuxième partie traite du Néolithique. Cette période est principalement représentée par le site de Kirkissoy qui fait référence dans toute l'Afrique de l'Ouest et auquel nous consacrerons le cinquième chapitre. Sa position en rive droite du fleuve Niger sur une ancienne île, laisse présager une forte interaction avec le fleuve. Après une description du contexte géomorphologique, nous nous attarderons sur la description et à l'analyse sédimentaire du remplissage

13] Accélérateur pour la Recherche en sciences de la Terre, Environnement, Muséologie, Implanté à Saclay, programme qui associe le laboratoire de mesure du carbone 14 de Saclay (France) et le centre de datation par le radiocarbone de Lyon (France)

d'un paléo-chenal. La découverte d'un tronc évidé de plus de 5 m de long dans ce paléo-chenal a nécessité une étude approfondie pour déterminer la nature de cet élément monoxyle. Les autres sites seront présentés dans le sixième chapitre, avant de confronter dans un chapitre de synthèse les relations entre la localisation des sites et leur milieu.

La troisième partie regroupant les études qui concernent la période dite de l'Âge du fer sera subdivisée en cinq chapitres.

Le huitième chapitre présentera les différents sites d'occupation recensés au cours des prospections archéologiques. Le mobilier céramique et métallique découvert y sera décrit brièvement.

Le corpus élevé de bas fourneaux de réduction du fer et la série de sondages qui a permis de comprendre leur fonctionnement constitueront le neuvième chapitre. L'étude morphologique et métallographique des scories et la typologie des bas fourneaux précéderont l'analyse spatiale de la répartition des bas fourneaux omniprésents dans la zone d'étude.

Le dixième chapitre présentera dans un premier temps le cadre géographique des structures empierrées anciennes situées sur les plateaux en rive droite du fleuve Niger. L'usage agropastoral de ces structures est confirmé par la description des monticules de pierres et l'analyse géochimique des sols aujourd'hui totalement dénudés. Le parcellaire étudié spatialement afin d'en comprendre l'organisation sera par la suite comparé à des structures similaires connues en Afrique de l'Ouest et en Europe. L'impact environnemental de ces aménagements sera appréhendé par l'observation des talus de plateaux.

L'étude environnementale déduite des archives sédimentaires de Tondi Gamey sera dévoilée dans le onzième chapitre, le modèle d'âge et les résultats de l'analyse des proxys sont présentés afin d'étayer la discussion.

Le douzième chapitre offrira une synthèse sur les liens entre les occupations archéologiques de la période de l'Âge du fer et les données sédimentaires dans la région de Niamey.

Pour finir, la conclusion générale sera constituée d'une synthèse illustrée par quatre cartes présentant l'évolution diachronique de la région du Sud-ouest du Niger et couvrant le Néolithique (2000 - 800 cal BC), l'Âge du fer (800 cal BC-1400 - cal AD),

les empires et l'époque coloniale (1400 - 1800 - 1924) et la période actuelle (1924-1975-2010).

Deuxième partie

Dynamique socio-environnementale du Néolithique dans la région de Niamey

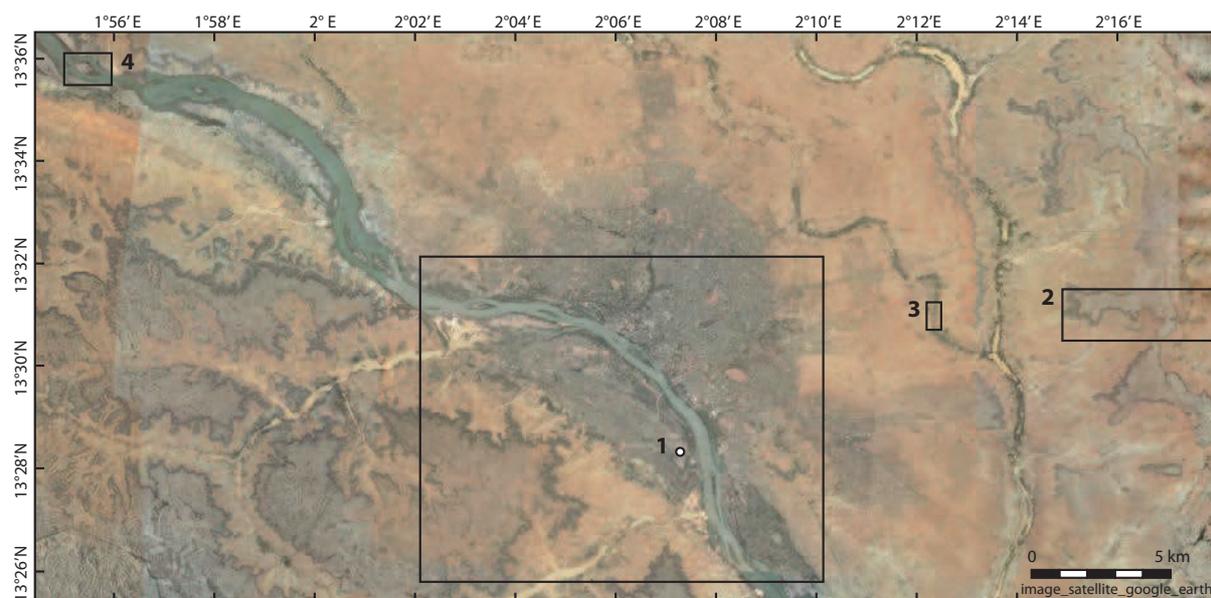


Figure II.1. Localisation des sites néolithiques dans les environs de Niamey. Les cadres renvoient à des cartes détaillées présentées par la suite.

1 : Localisation de Kirkissoy (Figure II.2.) ; 2 : Plateau nord du bassin versant de Bangou Kirey (Figure II.19.) ; 3 : Tondi Gamey (Figure II.12.) ; 4 : Île de Boubon (Figure II.21.)

Introduction

L'Homme néolithique semble atteindre le fleuve Niger et tout particulièrement le Sud-ouest du Niger, tardivement au Néolithique récent. Jusqu'alors l'Homme avait délaissé le fleuve et sa vallée que nous pouvons supposer trop hostiles par rapport aux avantages, tant climatiques (forte pluviométrie) qu'écologiques (végétation dense et faune sauvage abondante) que possédaient les régions plus septentrionales au temps du Sahara Vert. L'occupation néolithique est principalement connue au Sud-ouest du Niger par le site de Kirkissoy. Les sites de cette période le long du fleuve ou de ses affluents sont rares, car les crues ont pu les faire disparaître.

Site archéologique majeur et de référence pour la vallée du Niger, Kirkissoy se situe au cœur de notre zone d'étude, son étendue et sa position stratégique en bordure du fleuve lui assurent un rôle capital pour la région. En effet, les nombreuses similitudes stylistiques entre Kirkissoy et les sites néolithiques maliens contemporains montrent l'existence d'échanges pour lesquels seul le fleuve, axe structurant de la région, a pu jouer un rôle de communication. Toutefois, Kirkissoy reste peu étudié et les trois datations radiocarbone disponibles sont discutables.

Outre ce site d'envergure, où se concentrent de grandes quantités de céramiques, aucun indice d'occupation, même diffuse, ne semble être connu à cette latitude, contrairement à ce qui a été décrit et cartographié plus au nord par Vernet (1996). La diffusion du Néolithique est encore mal définie dans la région par manque de données chronologiques fiables, difficiles à acquérir dans le contexte géomorphologique sahélien.

La position du site de Kirkissoy au milieu du fleuve Niger laisse supposer une forte interaction entre l'Homme et son environnement. Celle-ci peut être étudiée via une approche géoarchéologique en confrontant les données géomorphologiques, archéologiques et chronologiques. Nous proposons ainsi d'apporter un nouvel éclairage sur l'occupation de Kirkissoy en réalisant de nouvelles datations et en présentant le relevé d'une coupe sédimentaire réalisée dans le lit asséché du fleuve. Nous présenterons à cette occasion l'étude dendrologique d'un long bois découvert à la base de la coupe, ainsi que les hypothèses concernant sa présence. Nous détaillerons par la suite le résultat des prospections menées le long du fleuve et sur les bassins versants de Saga Gorou (Figure II.1). Nous terminerons par une synthèse diachronique de l'occupation de la région au cours du Néolithique.

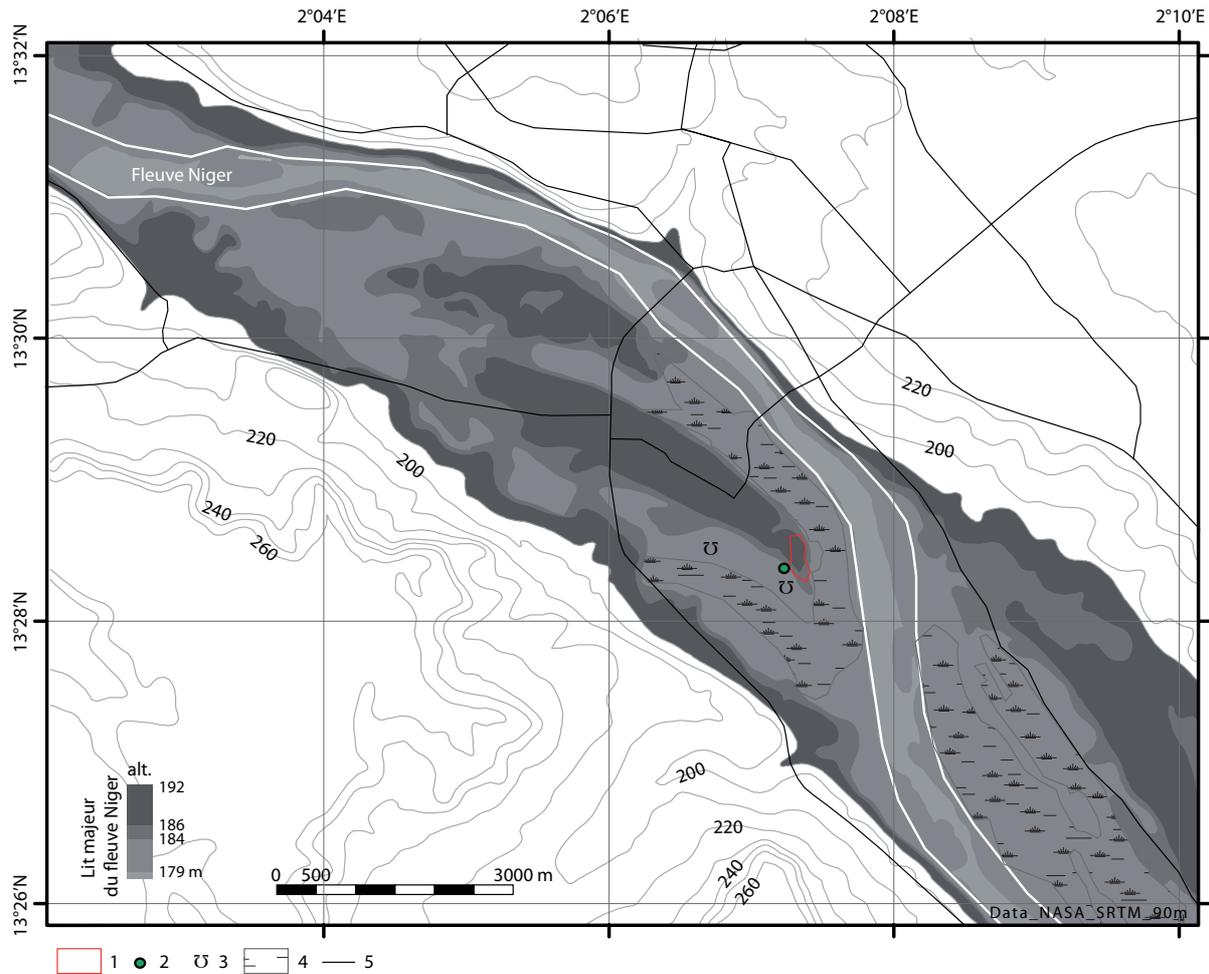


Figure II.2. Localisation du site néolithique de Kirkisoy

1 : Emprise connue du site de Kirkisoy ; 2 : Chenal (coupe) ; 3 : Carrières ; 4 : Rizières ; 5 : Réseau routier actuel



Figure II.3. Front de carrière dégagé révélant les niveaux d'occupation néolithique du site de Kirkisoy 13°28'19"N - 2°07'17"E. L'arrière plan montre l'étendue de l'excavation ayant détruit le site archéologique

Cinquième chapitre

Kirkissoy et son environnement

1. Contexte géographique

Le site néolithique est situé à une altitude de 186 m a.s.l. au sud-est de la capitale Niamey, dans la vallée moyenne du fleuve Niger. Il se trouve à la pointe aval d'une ancienne île sur laquelle est construit le quartier urbain de Kirkissoy (Figure II.2). Cette île est longue de près de 5 km et large de moins d'un kilomètre, elle appartient à un chapelet d'îles plus ou moins élevées, dans le lit majeur du fleuve qui atteint près de 3,5 km de largeur à cet endroit. Les deux plus grandes sont aujourd'hui reliées à la rive occidentale par des cônes de déjection issus de larges ravines qui érodent les versants sableux. Malgré tout, les bras fossiles entourant ces îles sont encore partiellement ennoyés lors des crues majeures du fleuve (Descroix *et al.*, 2012).

2. Contexte archéologique

2.1 Les premiers travaux

Les résultats antérieurs ont été détaillés dans le chapitre 2. § 2.2.3.1.

2.2 De nouvelles observations

Dans la carrière de sable qui a éventré le site néolithique, un ancien front d'exploitation de 3,75 m de haut a été dégagé et nettoyé (Figure II.3). Le niveau archéologique est visible par la présence de nombreux tessons de céramique à pâte fine qui se concentrent sur une épaisseur de 50 cm. Il est entouré de deux ensembles stériles. La couche néolithique est comprise entre -152 et -202 cm par rapport au haut de la coupe qui équivaut approximativement au niveau du sol avant l'exploitation de la carrière. La céramique¹ présente trois types de pâte qui évoluent d'un dégraissant majoritairement voire exclusivement minéral vers un dégraissant dominé par la chamotte sur les 15 derniers centimètres (Figures II.4 et II.5). Cette évolution de dégraissant a déjà été mise en évidence par Vernet (1996) dans le sondage du site Kk-II qui est daté selon lui vers 3000 cal BP à partir de plusieurs charbons collectés le long de la coupe (cf chapitre 2, Tableau I.4).

1] L'étude céramique a été réalisée par A. Gallin (UMR 6636, LMPEA) dans le cadre du programme 5 « Cultures et écologie des peuplements africains sur le temps long », dirigé par F. Paris, IRD-UMR 6636.

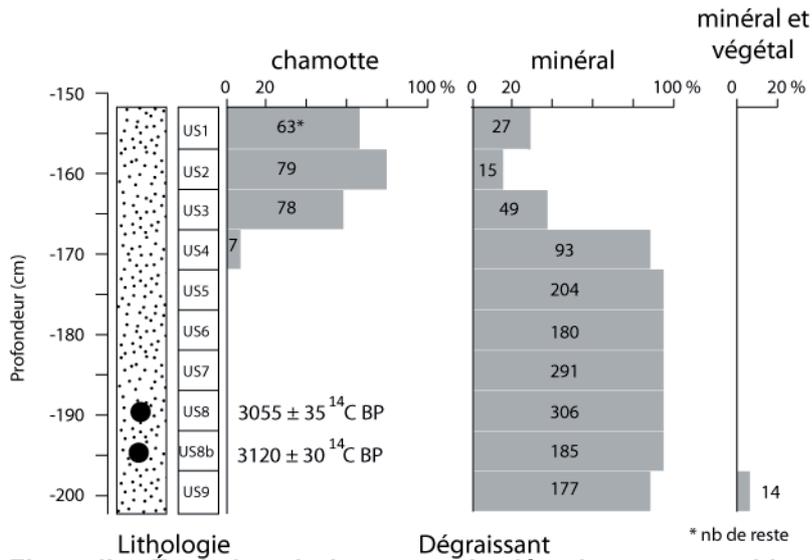


Figure II.4. Évolution de la nature du dégraissant et position des deux dates radiocarbone du front de carrière de Kirkisoy

La surface de fouille s'accroît avec la profondeur, le nombre de restes est donc exprimé en pourcentage

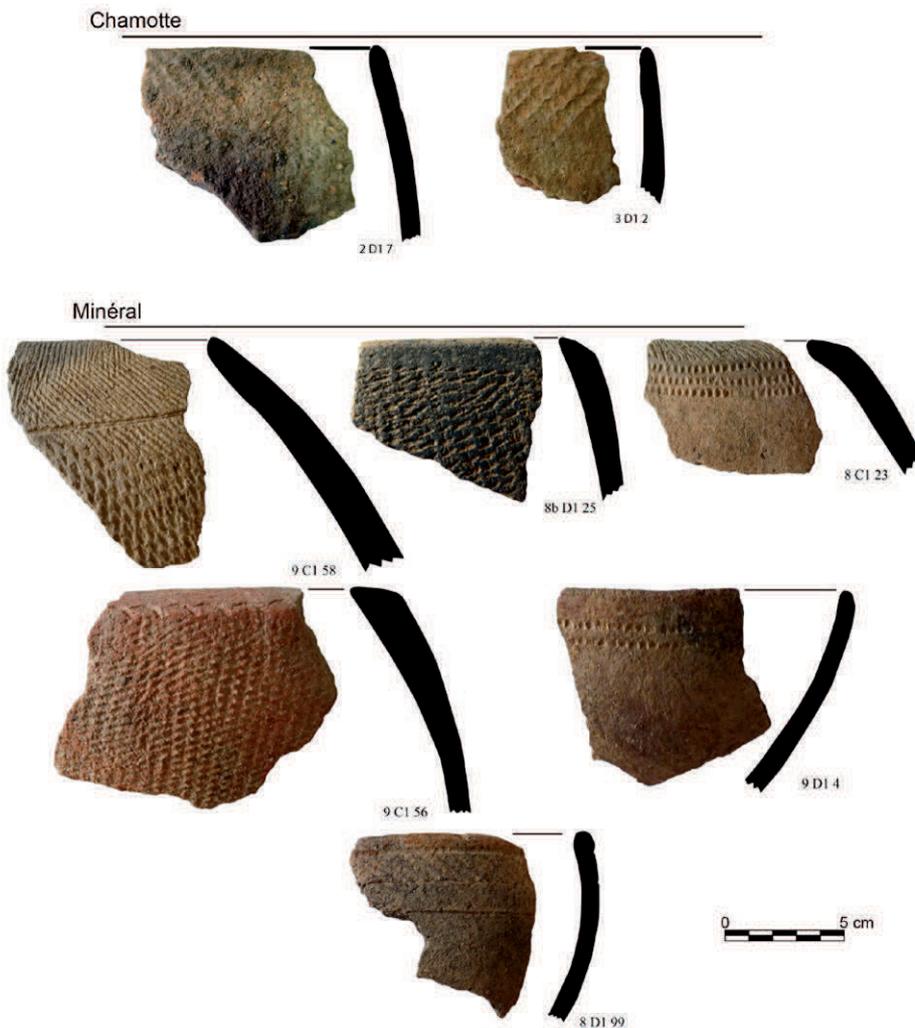


Figure II.5. Exemples de tessons (bords) à dégraissant à chamotte et minéral provenant du front de carrière de Kirkisoy

Deux charbons de bois ont été mis au jour à la base de la couche néolithique où la céramique est uniquement à dégraissant minéral. Deux nouvelles datations ont ainsi été réalisées ; elles fournissent une chronologie affinée et plus ancienne par rapport à celle établie par Vernet (1996), les dates sont 3 345 cal BP et 3 280 cal BP (Tableau II.1).

Tableau II.1. Datations radiocarbone des niveaux d'occupation de Kirkissoy

Nom	Cote (cm)	N° labo	Matériel	Date ¹⁴ C BP	Date cal BP (μ)	Date cal BC (2σ)
KK09-US8-D1	-187/-192	Poz-39932	Charbon de bois	3055 ± 35	3280	-1415/-1215
KK09-US8B-C1	-192/-197	Poz-39945	Charbon de bois	3120 ± 30	3345	-1453/-1312

Curve IntCal 09, Oxcal 4.1. Bronk Ramsey, 2009

3. Le site et le fleuve Niger

Les environs du site archéologique sont très perturbés par les activités anthropiques actuelles, de nombreuses carrières de sable et d'argile ont été exploitées et l'urbanisation est en forte expansion. À 200 m à l'ouest de la carrière qui a mis au jour le site de Kirkissoy, de nombreux fronts de taille sont exploités sur la rive gauche du bras asséché du fleuve pour la fabrication de briques d'argile crue. Les quelques buttes témoins encore en place, initialement ménagées sous des arbres sont maintenant en cours d'exploitation. L'une d'elles nous a livré une stratigraphie de près de 2 m d'épaisseur (Figure II.6).

3.1 La coupe de Kirkissoy-Soumana

La coupe, mise au propre, mesure près de 9 m de long et 2 m de hauteur (Figure II.7). 31 échantillons répartis sur l'ensemble de la séquence ont été prélevés, préparés et analysés pour déterminer la granulométrie (Figure II.8).

3.1.1 Description sédimentologique

La base de la coupe est constituée de graviers arrondis de quartz, dont le diamètre peut atteindre 1 cm, dans une matrice à sable grossier très indurée. Un second niveau grossier tend à disparaître au centre de la coupe, où un bois long de 5 m (voir §3.2) perturbe la sédimentation ; le remplissage dans lequel est localisé le bois est constitué de sables fins gris marbré. D'autres morceaux de bois de taille centimétrique sont également présents dans ce niveau. Le niveau sus-jacent, également perturbé par la présence de ce bois, est principalement composé de sables grossiers dont certains sont ferrugineux. Au-dessus, nous observons un niveau argileux de 40 à 50 cm de puissance qui se subdivise en trois séquences ; la première à la base est de faciès silto-sableux et ponctuée de traces d'oxydation. elle contient quelques charbons



Figure II.6. Vue générale de la butte témoin, exploitée en carrière d'argile par une briqueterie artisanale au sud du site de Kirkissoy. Coupe Soumana-Kirkissoy 13°28'22"N - 2°07'09"E. Au centre de la coupe, un bois de 5 m de long est partiellement dégagé à la base du niveau argileux (photo : J.L. Rajot)

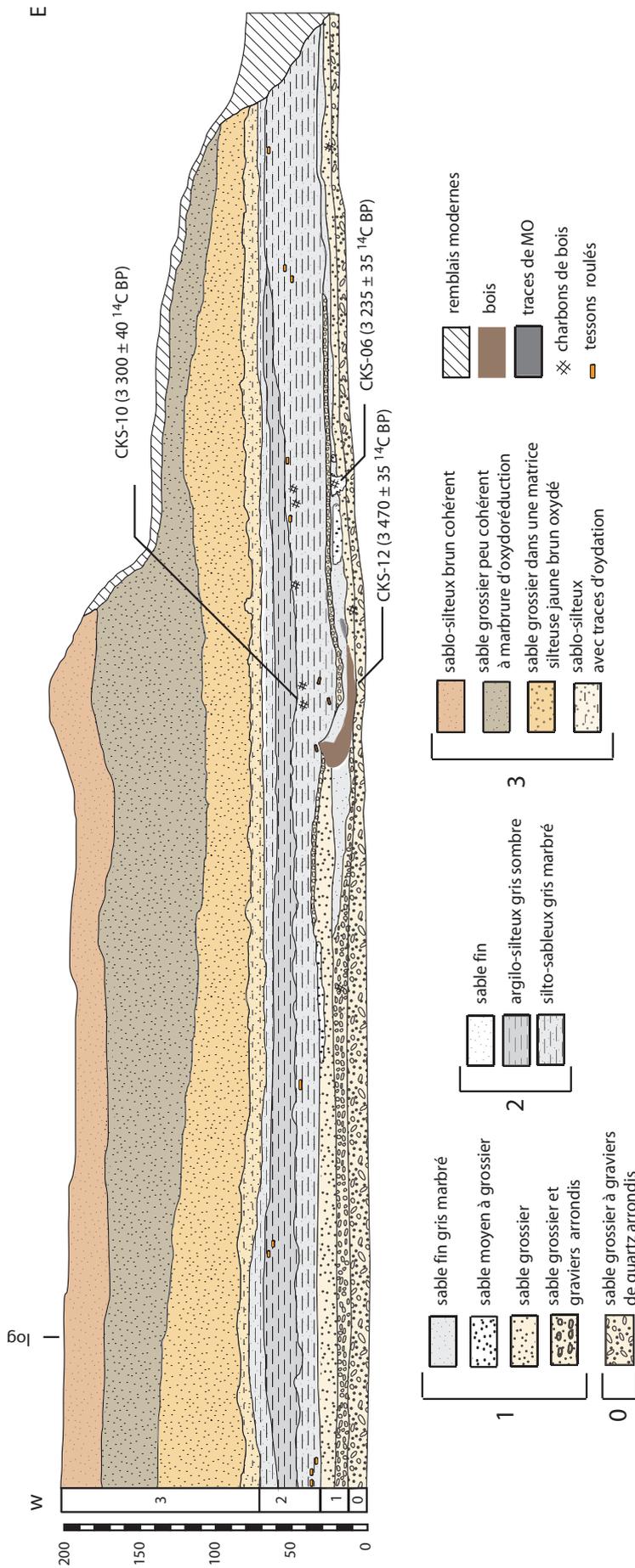
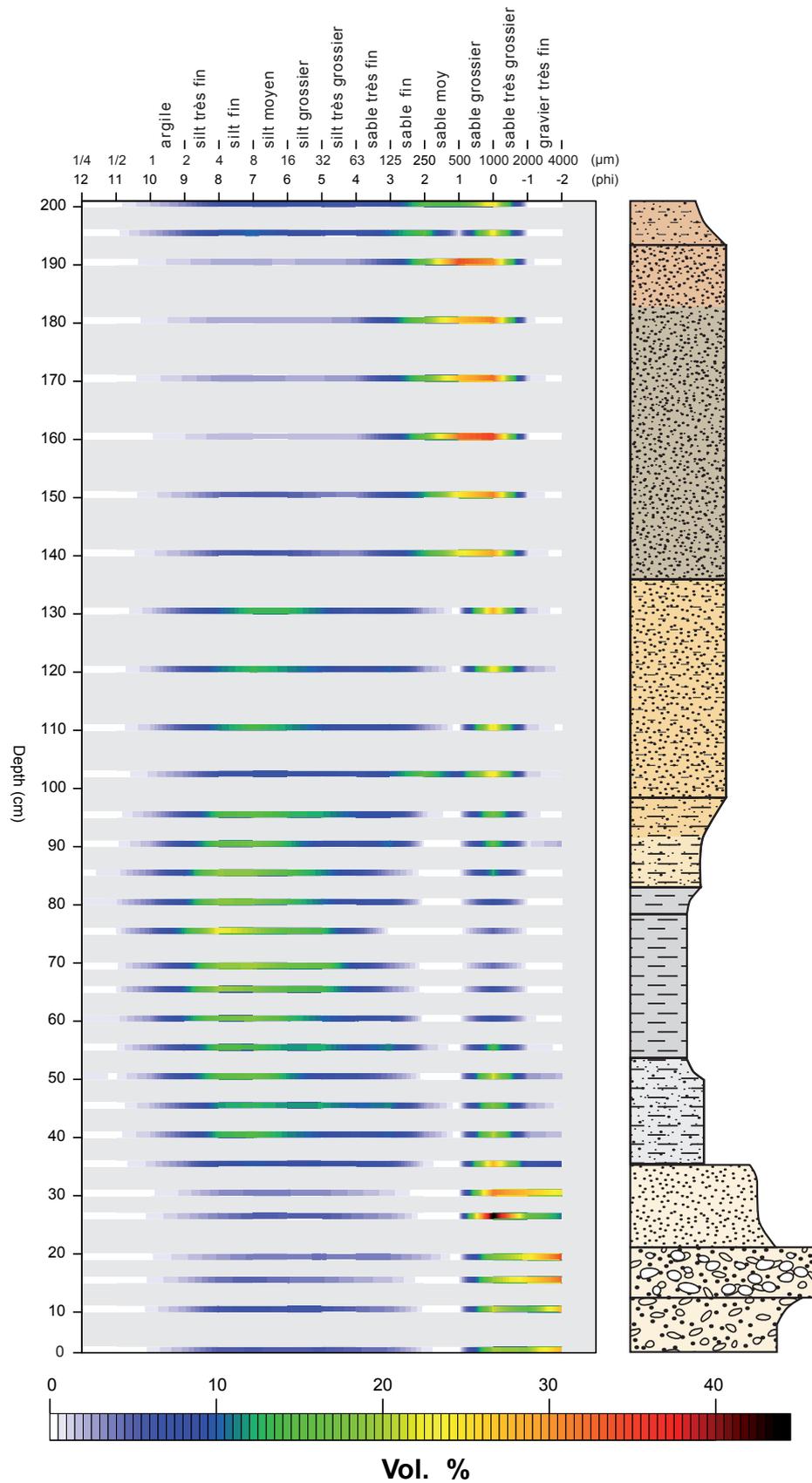


Figure II.7. Coupe stratigraphique de Kirkissoy-Soumana (d'après E. Crase, IRD)

Deuxième partie

Dynamique socio-environnementale du Néolithique dans la région de Niamey



de bois et des tessons de céramique très émoussés, généralement positionnés à plat. Le faciès intermédiaire est argilo-silteux de teinte gris sombre et présente de larges fentes de retrait. Le faciès supérieur, de moins de 10 cm d'épaisseur, est silto-sableux, gris sombre et devient de plus en plus sableux dans la partie sommitale. Il est recouvert ponctuellement d'une fine couche de sable blanc fin. Le niveau sus-jacent est majoritairement sableux, il se décompose en quatre strates. La première, épaisse d'une douzaine de centimètres, est constituée d'un sable grossier et d'une matrice silteuse, de teinte brun clair avec quelques traces d'oxydation. La deuxième, épaisse de 20 à 60 cm est de couleur jaunâtre, le faciès est silto-sableux, la taille granulométrique des sables est grossière. La troisième strate est de teinte gris-vert, son épaisseur varie entre 35 et 70 cm, le faciès est sableux, à la base, la matrice est légèrement plus silteuse. La dernière, à la surface, est composée d'un sable fin et grossier dans une matrice silteuse brune, elle est fortement perturbée par les systèmes racinaires et les organismes biologiques.

3.1.2 Interprétations et datations

La base de la coupe correspond probablement à la dernière terrasse du fleuve (0), au-dessus, le niveau constitué de sables grossiers, de graviers et de galets arrondis (1) correspond à un fond de chenal dont l'écoulement était de forte compétence (Figure II.7). Au centre de la coupe, les dépôts relativement grossiers sont manifestement perturbés par la présence d'un tronc d'arbre daté de 3 750 cal BP qui est antérieur au dépôt. Aucun tesson n'est présent dans cette couche. Seuls des charbons de bois dont l'un situé au sommet du remplissage grossier, est daté de 3 530 cal BP (Tableau II.2). Au-dessus, les différents niveaux argileux témoignent d'un milieu de dépôt calme de décantation (2). Ils contiennent, outre quelques tessons roulés, des charbons de bois, dont l'un a été daté de 3 455 cal BP.

Tableau II.2. Datations radiocarbone de la coupe de Kirkissoy-Soumana

Nom	Cote (cm)	N° labo	Matériel	Date ¹⁴ C BP	Date cal BP (μ)	Date cal BC (2σ)
CKS-06	-160	Poz-39930	Charbon de bois	3235 ± 35	3455	-1608/-1434
CKS-10	-180	Poz-39928	Charbon de bois	3300 ± 40	3530	-1687/-1496
CKS-12	-200	Poz-39931	Bois	3470 ± 35	3750	-1887/-1692

Curve IntCal 09, Oxcal 4.1. Bronk Ramsey, 2009

La présence de ces charbons et des tessons de céramique suggèrent qu'une occupation néolithique s'est établie sur les rives du fleuve autour de 3 500 cal BP, soit près de deux siècles avant celle identifiée sur l'île de Kirkissoy. La céramique est

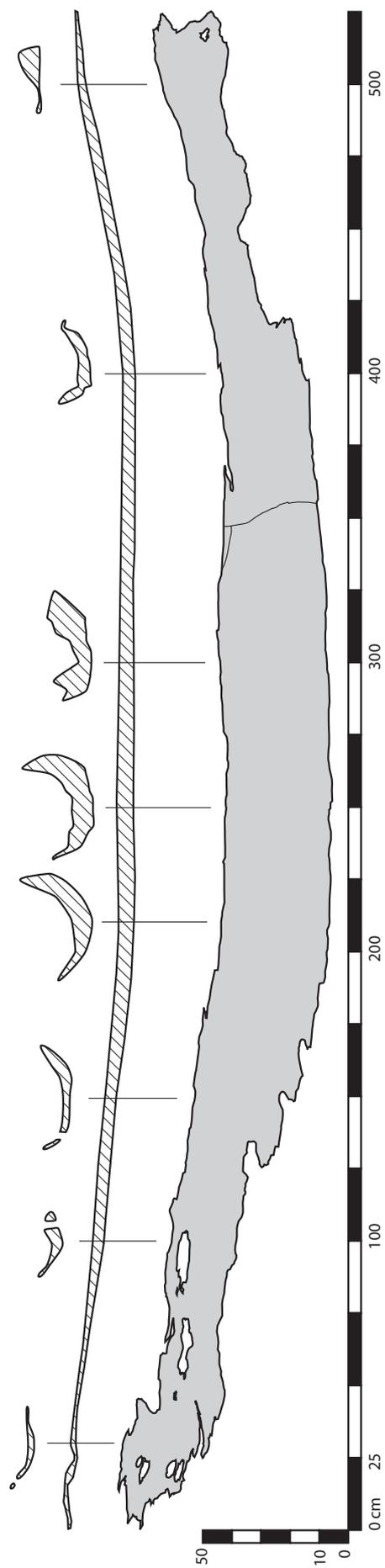


Figure II.9. Plan (face concave) et coupes (transversales et longitudinales) de l'élément monoxyyle

trop altérée pour établir une comparaison. Dans ces niveaux légèrement organiques, des tests polliniques ont été effectués², ils sont tous négatifs, seules des particules organiques sombres non identifiées ont été observées. Les niveaux sus-jacents sont majoritairement sableux, globalement homogènes et sans structure de sédimentation apparente (3). Ils sont caractéristiques d'une succession de dépôts de crue.

L'ensemble de ces niveaux constitués d'alluvions sableuses et argilo-silteuses peut être identifié comme la base de la terrasse T4 datée d'environ 4 000 BP (Dubois *et al.*, 1984).

3.1.3 Essai de reconstitution diachronique des occupations du fleuve Niger

La bordure sud-ouest de l'île de Kirkissoy est longée par un chenal actif au début du 2^e millénaire BC, qui est rapidement isolé du fleuve, mais toujours en eau vers le milieu du millénaire. Alors que l'Homme est probablement installé sur la rive nord-est, le chenal, coupé du fleuve, n'est plus soumis à la dynamique fluviale, comme en témoignent les niveaux argileux et la présence de particules organiques. S'ensuivent plusieurs crues, dont les dépôts sableux colmatent le chenal, mais pour lesquels aucune date n'est disponible. Il est fort probable que plusieurs chenaux coexistaient dans le bras méridional du fleuve et que ce bras était encore en eau récemment. Son comblement est la conséquence, ces dernières décennies, de l'érosion intense par les koris qui génèrent de large cônes de déjection dans le lit du fleuve (Mamadou, 2012). Tout porte à croire que l'île de Kirkissoy soit restée isolée et qu'elle ait été uniquement accessible par des passages à gué ou en pirogue.

3.2 Étude de l'élément monoxyle

3.2.1 Contexte de la découverte

Le bois situé au fond du chenal comblé a été mis au jour lors du rafraîchissement de la coupe décrite précédemment. Il a été dans un premier temps scié en deux avant d'être dégagé sur toute sa longueur. Plusieurs autres bois très émoussés de taille décimétrique ont également été découverts par les carriers, quelques uns ont été échantillonnés. Trois esquilles ont été prélevées directement sur le tronc pour les analyses radiocarbone et xylologique.

3.2.2 Description

Le bois mesure 5,25 m de long et au plus 38 cm de large. Sa forme générale correspond

2] E. Gauthier, laboratoire Chrono-environnement UMR 6249, Besançon

Deuxième partie

Dynamique socio-environnementale du Néolithique dans la région de Niamey

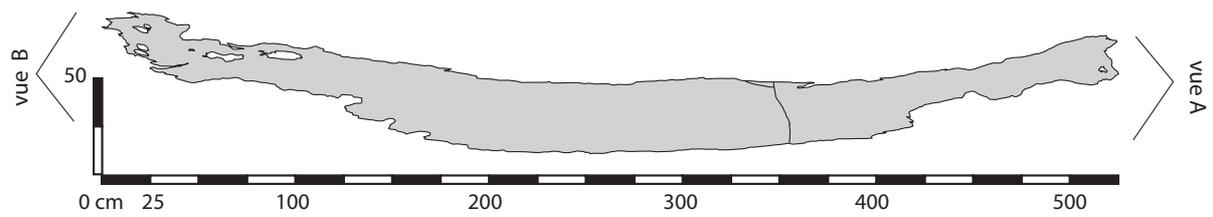


Figure II.10. Photographie de l'élément monoxyle

A. Vue oblique, face concave et face convexe

B. Vue frontale

à un demi-cylindre évidé aplani, la hauteur maximale est de 25 cm et l'épaisseur du bois est au plus de 10 cm. Vu de dessus, le bois est de forme arquée, il s'inscrit dans un rectangle dont la largeur est de 69 cm. En coupe longitudinale, les extrémités sont relevées de quelques centimètres (Figures II.9 et II.10). Les bords du demi-cylindre sont très irréguliers, la face concave montre de nombreux nœuds, aspérités et entailles, globalement émoussés. La face convexe est nettement plus lisse, à l'exception des extrémités qui sont très peu épaisses et trouées.

L'analyse radiocarbone a révélé une datation (CKS-12) comprise dans la première moitié du deuxième millénaire, soit entre -1887 et -1692 (Tableau II.2).

3.2.3 Identification xylogologique

3.2.3.1 Détermination

Cette structure et deux autres morceaux ont été identifiés³ comme des bois de la famille des Fabacées (*Fabaceae*) et du genre *Pericopsis* sp. (Annexe 1). Seul le genre a pu être déterminé, cependant, parmi les espèces appartenant à celui-ci seules trois ont une distribution en Afrique occidentale et centrale (Lumbile & Oagile, 2008).

3.2.3.2 *Pericopsis elata*

Le *P. elata* est connu sous le nom vernaculaire d'afrormosia ou d'assamela. C'est un arbre d'une hauteur moyenne de 45 m et de 130 cm de diamètre, il s'étend actuellement de la Côte d'Ivoire à la République d'Afrique Centrale et jusqu'en République Démocratique du Congo. Il nécessite un taux de précipitation compris entre 1 000 et 1 500 mm par an. Le bois est actuellement utilisé comme bois d'œuvre et pour la construction navale (Anglaaere, 2008).

3.2.3.3 *Pericopsis angolensis*

L'arbre est de taille moyenne, il atteint 20 m de haut, le fût est souvent arqué ou tordu et son diamètre est de 100 cm environ, les premières branches n'apparaissent qu'au-dessus de 7,5 m. Le *Pericopsis angolensis* est présent dans les forêts claires, principalement dans l'hémisphère sud entre l'équateur et le tropique du Capricorne. Le bois est extrêmement durable, il est utilisé pour la fabrication de houes et de pilons, mais également pour les traverses de chemins de fer et la construction navale (Lumbile & Oagile, 2008).

3] L. Dussol, UMR 8096 ArchAm, Nanterre

3.2.3.4 *Pericopsis laxiflora*

Le *Pericopsis laxiflora* est une sous-espèce du *P. angolensis*. Il a un fût de 9 à 13 m de haut et de 25 cm de diamètre, il est généralement tordu et tortueux. Il est présent du Sénégal au Soudan (Lumbile & Oagile, 2008) et occupe principalement les savanes arborées nécessitant des précipitations élevées. Il se développe le plus souvent sur les roches ferrugineuses ou les sols latéritiques (Lebrun & Stork, 2008).

Il est peu probable que le tronc mis au jour dans la coupe appartienne à cette espèce en raison de son diamètre (minimum 35 cm) largement supérieur à celui du *P. laxiflora*.

3.2.4 Bois flotté ou pirogue ?

L'espèce à laquelle appartiendrait le tronc daté de 3 740 cal BP se développe aujourd'hui dans les forêts des domaines climatiques soudaniennes et guinéo-congolaises situées plus au sud.

Si son origine est locale, sa présence à la latitude de Niamey indiquerait une remontée des isohyètes de plus de 500 km vers le nord ou la présence de forêts galeries avec des essences de milieu humide. Les données paléoclimatiques de la région du lac Tchad (Servant & Servant-Vildary, 1980 ; Maley, 1981) et celles du lac Jikariya au nord du Nigéria (Waller *et al.*, 2007) révèlent, en effet, vers 3 800 cal BP une phase climatique humide. Toutefois, rien ne permet de confirmer si les taux de précipitation étaient suffisamment élevés pour le développement de ces espèces.

Si ce bois a été charrié, il peut aussi témoigner de conditions environnementales très en amont du delta intérieur en domaine climatique guinéen. Or, cela paraît peu probable au vu des nombreux obstacles (delta intérieur, rapides,...) et de la longue distance à parcourir.

Néanmoins, une origine méridionale ne peut pas être exclue. En effet, sa provenance depuis l'aval du fleuve n'est possible que si nous considérons que ce bois a été utilisé par l'Homme comme pirogue monoxyle ou flotteur pour remonter le courant. De plus, la limite climatique permettant le développement des *Periscopsis sp.* est aujourd'hui située à près de 500 km en aval de Kirkissoy, or si nous considérons que le climat était plus favorable, la remontée des isohyètes vers le nord, réduirait la distance entre le site de construction de la pirogue et celui de son échouage. L'hypothèse qu'il s'agit d'une pirogue est confortée par les dimensions et le cœur évidé du bois qui constituent des caractéristiques principales d'une pirogue (Arnold, 1995a ; b). Quant à la morphologie arquée et les extrémités aplanies, peu propices à la navigation,

elles peuvent être la conséquence de l'enfouissement de l'embarcation durant plus de 3 000 ans. De même, les nombreuses irrégularités sur la surface concave qui pourraient être attribuées au travail de termites xylophages (Figure II.11), peuvent aussi s'expliquer par la présence de nœuds impliquant des irrégularités lors de la fabrication. Ces imperfections restent en effet peu contraignantes pour la construction de pirogues ; les troncs utilisés pour leur confection étant parfois de qualité médiocre (Boisseau, 1998). L'altération du bois a pu, par la suite, effacer toute trace témoignant d'un façonnage d'origine anthropique.



Figure II.11. Arbre creux rongé par les termites dont l'évidage est semblable à celui d'une pirogue monoxyle

Bien que les constructions monoxyles soient aujourd'hui assez rares, les pirogues sont encore extrêmement nombreuses sur le fleuve Niger, et les essences des bois utilisées sont variées. Parmi elles, nous pouvons mentionner *Haplormosia monophylla* dont les caractéristiques sont proches de celles de *Pericopsis elata* avec lequel il est souvent confondu (Lemmens, 2008). Quant aux pirogues préhistoriques, elles sont très rares en Afrique de l'Ouest. À notre connaissance une seule a été découverte à Dufuna (Nigéria) sur la Komadogou Gana, une rivière asséchée tributaire du lac Tchad (Breunig *et al.*, 1996). Elle est datée de 8 085 cal BP ($7\,264 \pm 55$ ^{14}C BP) et 8 485 cal BP ($7\,670 \pm 110$ ^{14}C BP), mais elle n'est associée à aucun contexte archéologique. Bien conservée, la pirogue mesure 8,40 m de longueur et 0,5 m de largeur et de hauteur, les extrémités sont fuselées ; le bois est un acajou africain (*Khaya sp.*).

Pour conclure, les arguments de forme et d'essence et l'origine méridionale confortent l'hypothèse que ce tronc a pu être utilisé comme pirogue. Néanmoins la date ancienne de ce bois près de 220 ans plus vieux que la première couche contenant des tessons roulés questionne. Cependant, le fragment daté ne correspond pas à l'aubier, ce qui supposerait que l'âge d'abattage du bois pour confectionner la pirogue pourrait être plus récent.

4. Conclusions

L'occupation de Kirkissoy est attestée dès le début du deuxième millénaire avant notre ère. L'île sur laquelle est situé le site néolithique est au centre du lit majeur du fleuve et constitue un point de passage entre les deux rives. L'étendue et la densité de matériel à la pointe aval de l'île laissent supposer une occupation majeure, mais la fonction du site reste difficile à établir sans une étude approfondie. Outre la présence éventuelle d'un grand site d'habitat permanent, la position au milieu du fleuve et l'abondance de la céramique confèreraient à ce site les caractéristiques d'un dépotoir issu d'une place marchande tel un marché d'envergure régionale, comme cela est organisé aujourd'hui sur les rives du fleuve d'Ayorou à Niamey (Bastin, 2009) et plus généralement près des grands centres urbains de la vallée du fleuve.

Sixième chapitre

De nouveaux sites néolithiques dans la vallée du fleuve Niger

1. Introduction

Les nombreuses prospections sur le terrain dans les environs de Niamey ont révélé la présence d'un grand nombre d'artefacts néolithiques. Diffus ou concentrés, ils témoignent d'une occupation globale de la région à cette période. Trois secteurs particulièrement riches sont présentés, le premier est situé sur les dunes surplombant les rives de Tondi Gamey, le deuxième au pied des plateaux de la limite nord du bassin versant de Bangou Kirey et le troisième sur l'île de Boubon en amont de Niamey (Figure II.1).

2. Le Néolithique dans les bassins versants de Saga Gorou

2.1 Tondi Gamey

2.1.1 Contexte géographique

Le site néolithique de Tondi Gamey surplombe la rive occidentale de la branche ouest du Kori de Ouallam (Figure II.12). Il est localisé en sommet d'une dune qui repose sur le bas glaciaire. Sur le versant sud de cette dune très érodée et encroûtée affleurent de nombreux tessons des périodes néolithique et de l'Âge du fer, ainsi que des éléments lithiques débités (Figure II.13) et quelques fragments de scorie. Cette dune constitue un point culminant qui offre aujourd'hui un large point de vue, au nord et au sud, vers le kori et à l'est sur le long versant de la rive gauche. À l'ouest après une légère dépression, la vue est arrêtée par le talus du large plateau qui domine le fleuve Niger. Au nord du site, en amont du lac aujourd'hui asséché et en partie mis en culture maraîchère, un large kori de près de cinq mètres de profondeur est actuellement exploité comme carrière de sable.

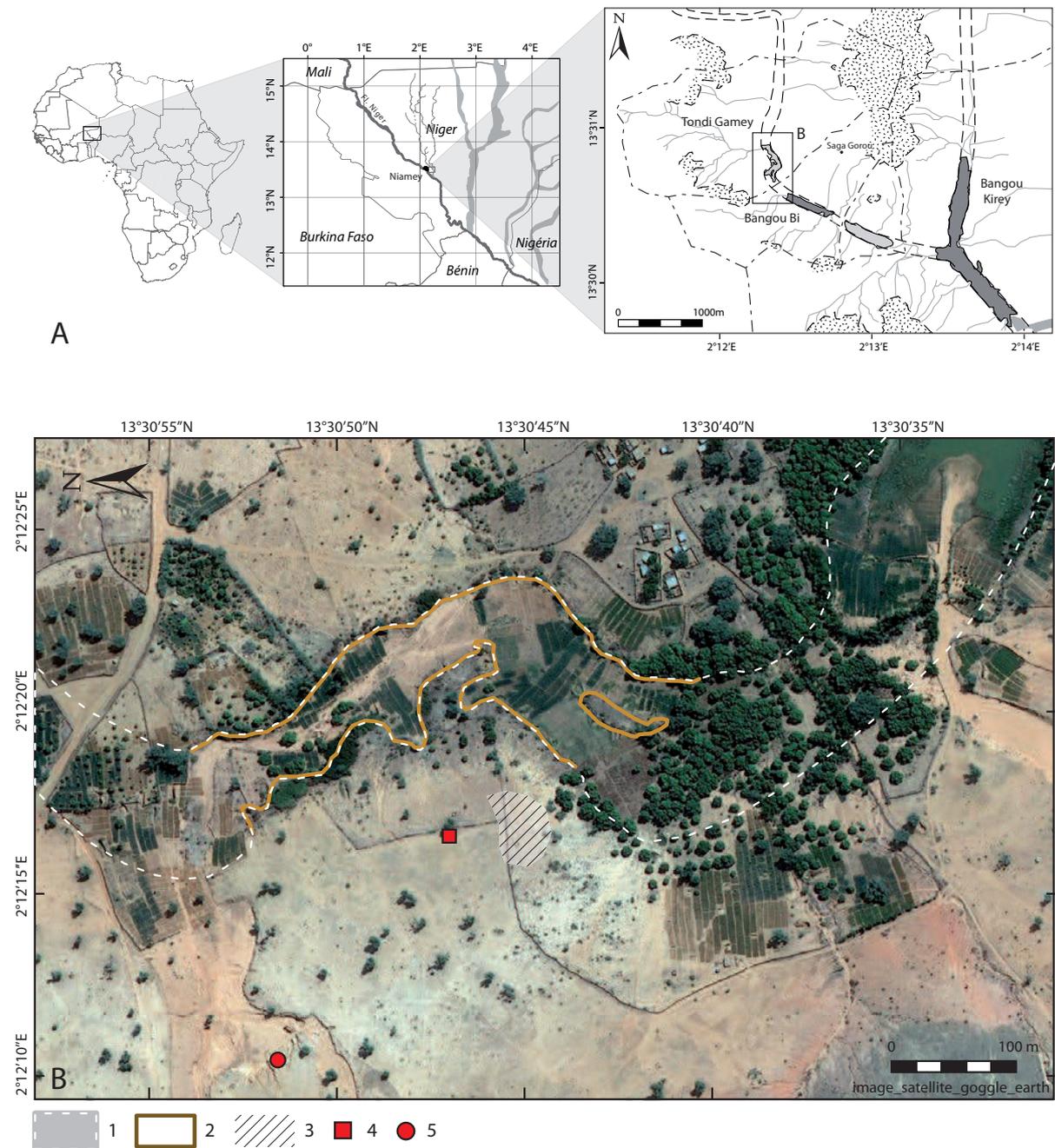
2.1.2 Un site stratifié

2.1.2.1 Données stratigraphiques

Le sommet de la dune est dépourvu de matériel en surface. Un sondage a été réalisé à cet endroit dans l'objectif d'atteindre les couches archéologiques en place. Une fouille de deux carrés d'un mètre de côté, positionnés en damier, a été ouverte à environ 100 m au nord-ouest de la mare de Tondi Gamey (N13°30'47,03" – E2°12'16,15")

Deuxième partie

Dynamique socio-environnementale du Néolithique dans la région de Niamey



(Figure II.12). Les sondages atteignent 187 cm de profondeur. Le remplissage est uniquement constitué d'une matrice sableuse avec une granulométrie d'apparence homogène. Les trente premiers centimètres sont fortement bioturbés par des galeries de termites. Les racines d'un gao (*Acacia albida*) situé 10 m plus à l'est apparaissent à -150 cm de profondeur dans un niveau sableux plus humide. Une sonde de 130 cm a pu être enfoncée au fond du sondage sans aucune résistance ; la dune sur laquelle est implanté le site est donc aujourd'hui constituée d'une matrice sableuse homogène de 315 cm de puissance minimum.

2.1.2.2 Une longue occupation

Les niveaux archéologiques sont compris entre -170 et -30 cm ; en-dehors de ces cotes, le sol est archéologiquement stérile. Le matériel est constitué de près de 600 tessons de céramique et d'une pointe de flèche en forme de triangle isocèle en schiste (Figure II.13). Tous ces objets positionnés à plat ne semblent pas avoir été remaniés. L'étude du mobilier montre que plusieurs phases de production peuvent être mises en évidence (Figures II.14 et II.15). La première comprise entre -170 et -133 cm est caractérisée par un dégraissant à dominance minérale qui évolue vers un dégraissant mixte, minéral et végétal. La céramique est fine et de bonne facture, le décor, varié, est majoritairement réalisé par impression. De -133 à -85 cm, la céramique à dégraissant minéral (71%) coexiste avec une céramique à chamotte (25%), avant que ce dégraissant devienne le seul à être utilisé. Cependant, une rupture est constatée entre -85 et -65 cm où le nombre de tessons chute considérablement ; au-delà et jusqu'à -30 cm les tessons, uniquement à chamotte, sont tout aussi nombreux que dans le niveau inférieur. Cette céramique à chamotte est plus grossière et les décors et motifs sont moins nombreux. Quant aux techniques, elles semblent plus diversifiées, l'impression, l'incision et le modelage sont utilisés.

Entre -163 et -147 cm, une grande quantité de charbons de bois a été mise au jour. Ceux-ci ont conservé la forme de morceaux de bois dont l'un est semblable à une planchette trapézoïdale de 35 cm de long (Figure II.16). Ce bois carbonisé est probablement lié à une combustion *in situ*, enfoui sous le sol sableux, comme semble le confirmer le niveau rubéfié sus-jacent. La présence d'une fosse d'origine anthropique dans laquelle ces artefacts auraient pu être ensevelis peut être écartée.

L'analyse radiocarbone de l'un de ces charbons fournit une datation de $3\ 220 \pm 50$ ^{14}C BP, soit entre 1 615 et 1 411 cal BC. Ce sondage révèle donc une occupation légèrement antérieure à celle de la principale phase d'occupation de Kirkissoy, mais



Figure II.13. Flèche denticulée en silex découverte en prospection sur le versant sud de la dune et flèche en forme de triangle isocèle en schiste vert provenant du sondage de Tondi gamey.

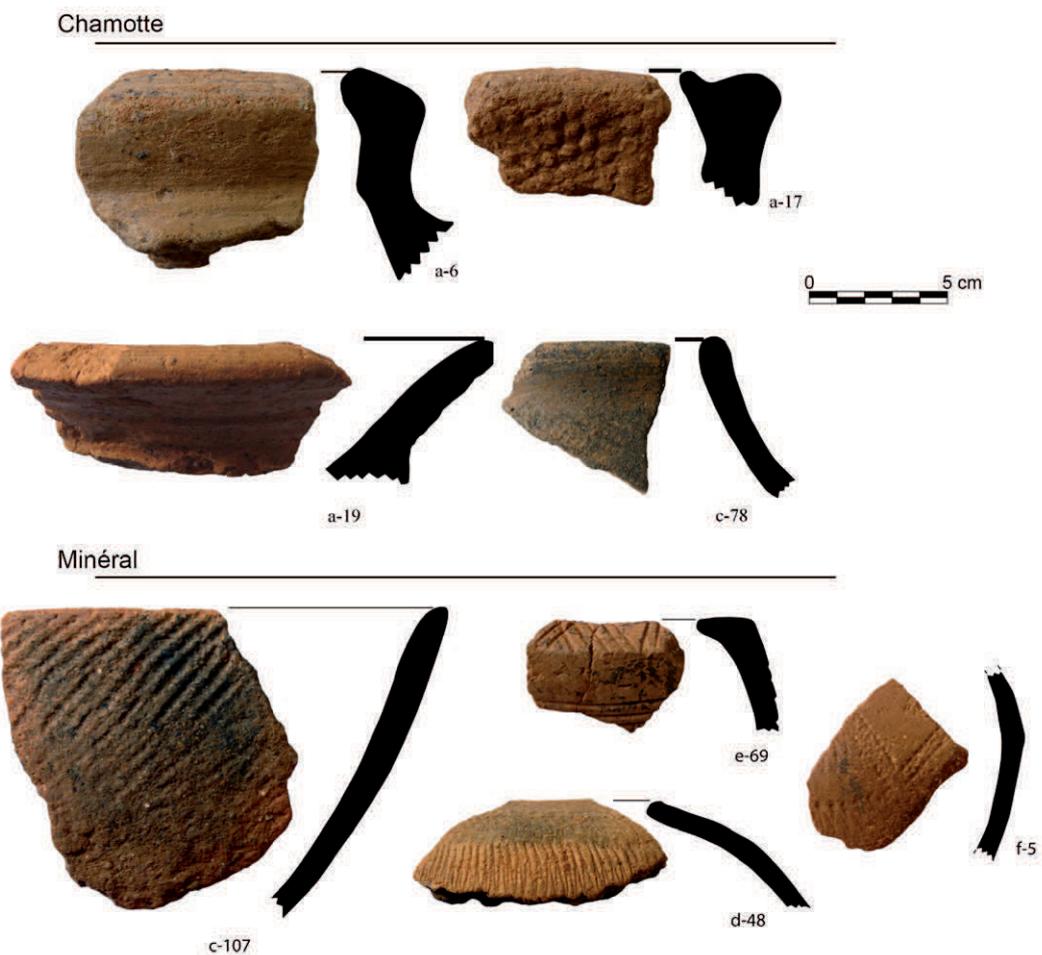


Figure II.14. Exemples de tessons (bords, à l'exception de f-5) à dégraissant à chamotte et minéral provenant du sondage de Tondi Gamey

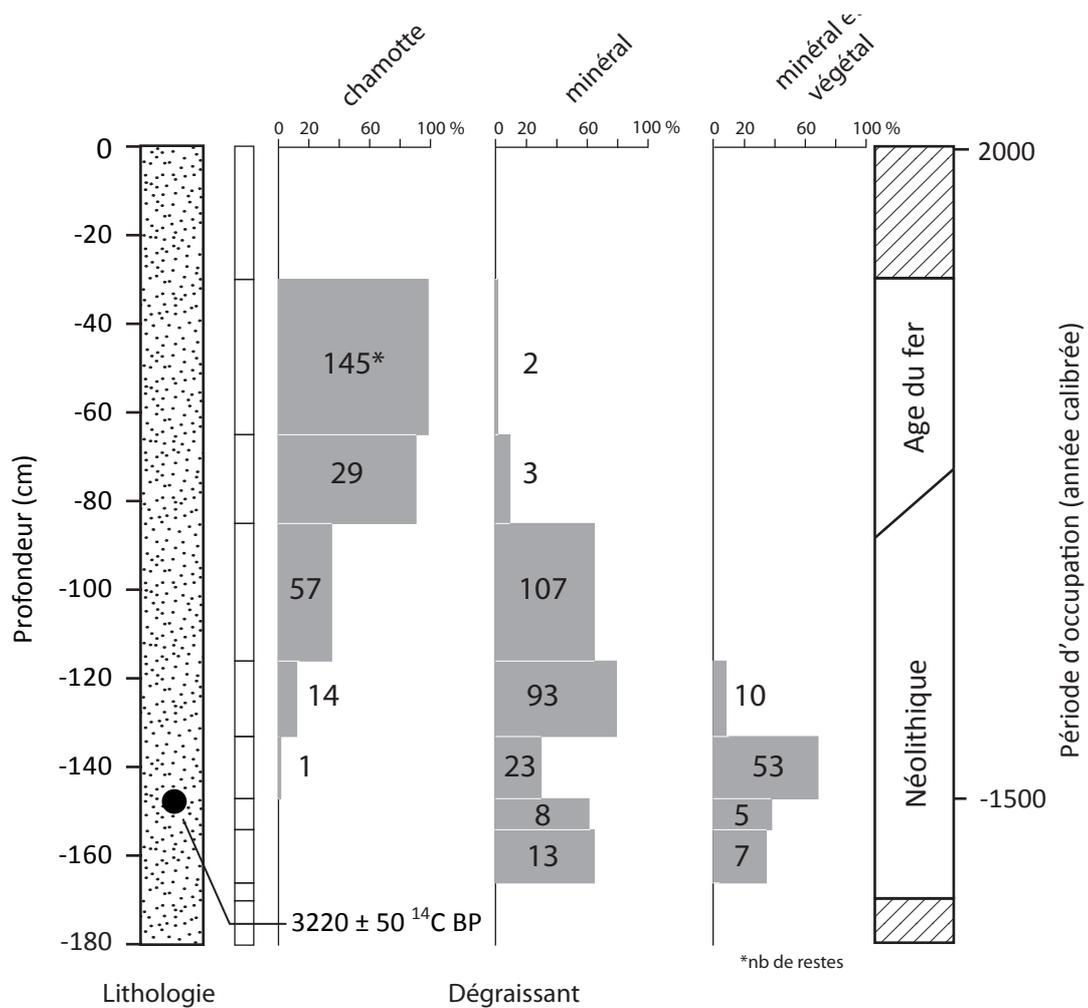


Figure II.15. Évolution du dégraissant de la céramique de Tondi Gamey et chronologie simplifiée de l'occupation du site.

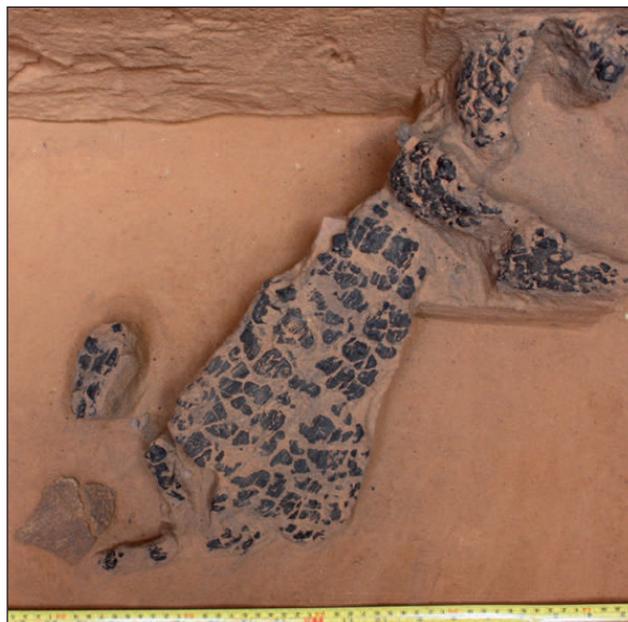
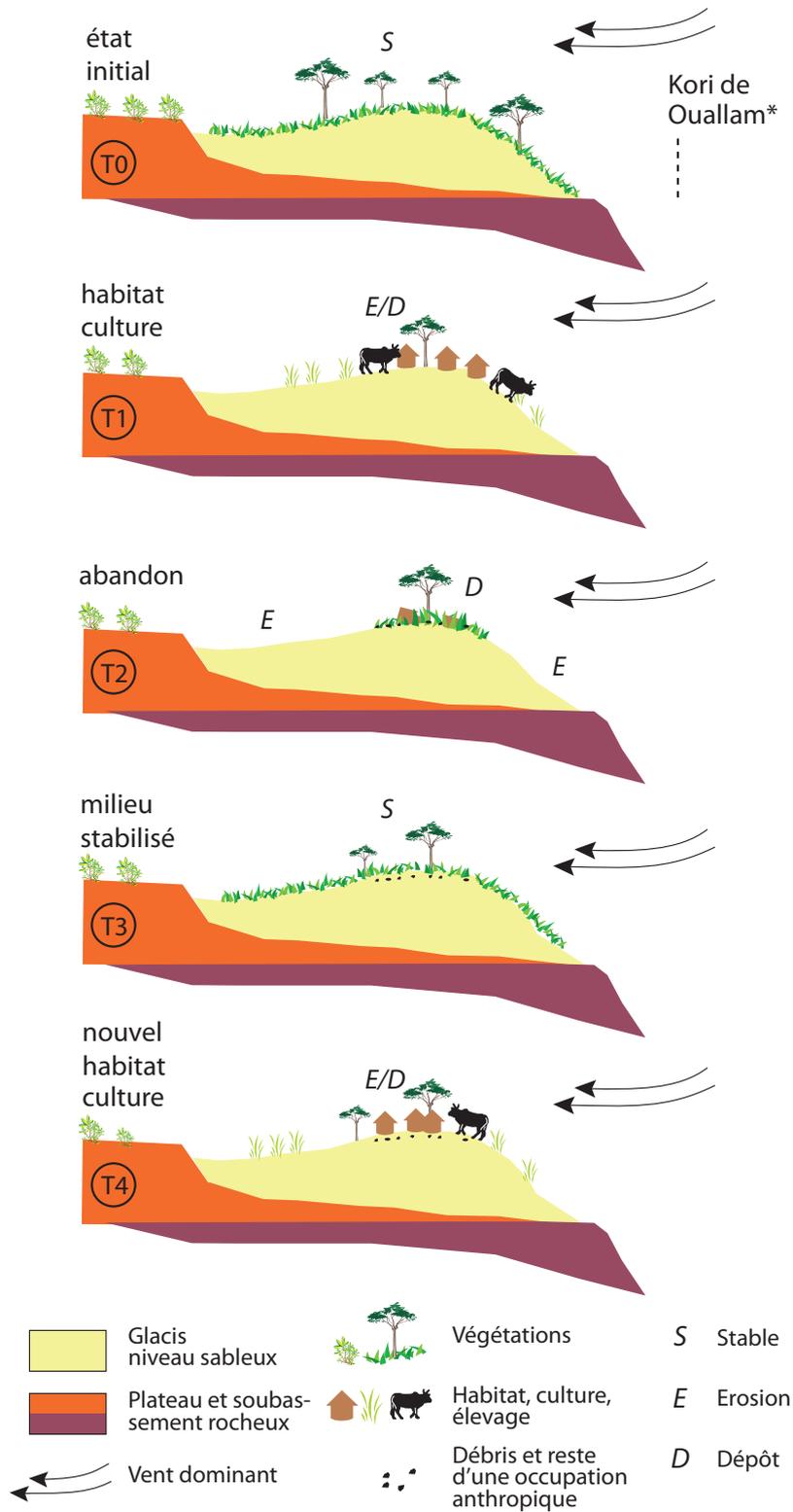


Figure II.16. Bois carbonisé au fond du sondage à une cote de -147 cm. En bas à gauche, un tessin de céramique positionné à plat

Deuxième partie

Dynamique socio-environnementale du Néolithique dans la région de Niamey



entre T1 et T4, la période est de quelques années

* Le remplissage sédimentaire du kori de Ouallam n'est pas représenté, il évolue peu à cette échelle de temps.

Figure II.17. Mécanisme de sédimentation occasionnant l'enfouissement du mobilier archéologique sur le site de Tondi Gamey.

Une occupation discontinue favorise le développement d'un voile éolien homogène lorsque l'emplacement d'un habitat est abandonné.

contemporaine de la couche à tessons roulés qui recouvre la pirogue.

Tableau II.3. Datation radiocarbone du charbon de bois du site d'habitat de Tondi Gamey

Nom	Cote (cm)	N° labo	Matériel	Date ¹⁴ C BP	Date cal BP (μ)	Date cal BC (2σ)
TG-S1-147	-147	Poz-39993	Charbon de bois	3220 ± 50	3450	-1615/-1411

Curve IntCal 09, Oxcal 4.1. Bronk Ramsey, 2009

En étudiant seulement le dégraissant des céramiques, nous constatons la présence de différents types de pâte dont les proportions évoluent dans le temps. Après l'utilisation d'un dégraissant associant minéral et végétal, le nombre de céramiques constituées de dégraissant minéral augmente fortement. Parallèlement la chamotte fait progressivement son apparition avant d'être moins fréquente puis de devenir, au-delà de -64 cm, le seul type de dégraissant utilisé.

Entre -167 et -137 cm plus de 40% des tessons sont à dégraissant minéral et végétal. Ce pourcentage est nettement plus élevé qu'à Kirkissoy où seulement 5% de ce type de pâte est observé à la base de la couche archéologique (Figure II.4). De -137 cm à -85 cm, nous notons en revanche une évolution du dégraissant très similaire à celle observée à Kirkissoy avec l'apparition de la chamotte au sommet de la couche. Ces observations suggèrent que la partie supérieure de la couche néolithique de Tondi Gamey est contemporaine de la principale phase d'occupation de Kirkissoy.

Au-dessus de -64 cm, la pâte dont le dégraissant est uniquement à chamotte est plus épaisse, ce qui est caractéristique de la céramique de la période dite historique dans la région du Sud-ouest du Niger (Vernet, 1996).

Ce changement de production céramique indiquerait deux occupations : l'une avec un dégraissant majoritairement minéral correspondant au Néolithique sahélien, comme le précise la datation, et l'autre à chamotte qui s'apparenterait à l'Âge du fer. Cependant, aucun indice ne permet de confirmer que le site est occupé en continu depuis le Néolithique, la diminution du nombre total de tessons dans le niveau intermédiaire tendrait en effet à confirmer une chute de densité d'occupation (Figure II.15).

2.1.2.3 Une stratigraphie témoin d'une occupation cyclique

La stratigraphie du site archéologique de Tondi Gamey s'étend sur 170 cm d'épaisseur au sommet d'un relief sableux. Or, l'accumulation de sable sur un point haut ne peut s'expliquer que par des apports d'origine éolienne. Pour qu'un tel voile éolien puisse se mettre en place de manière relativement homogène, deux conditions sont

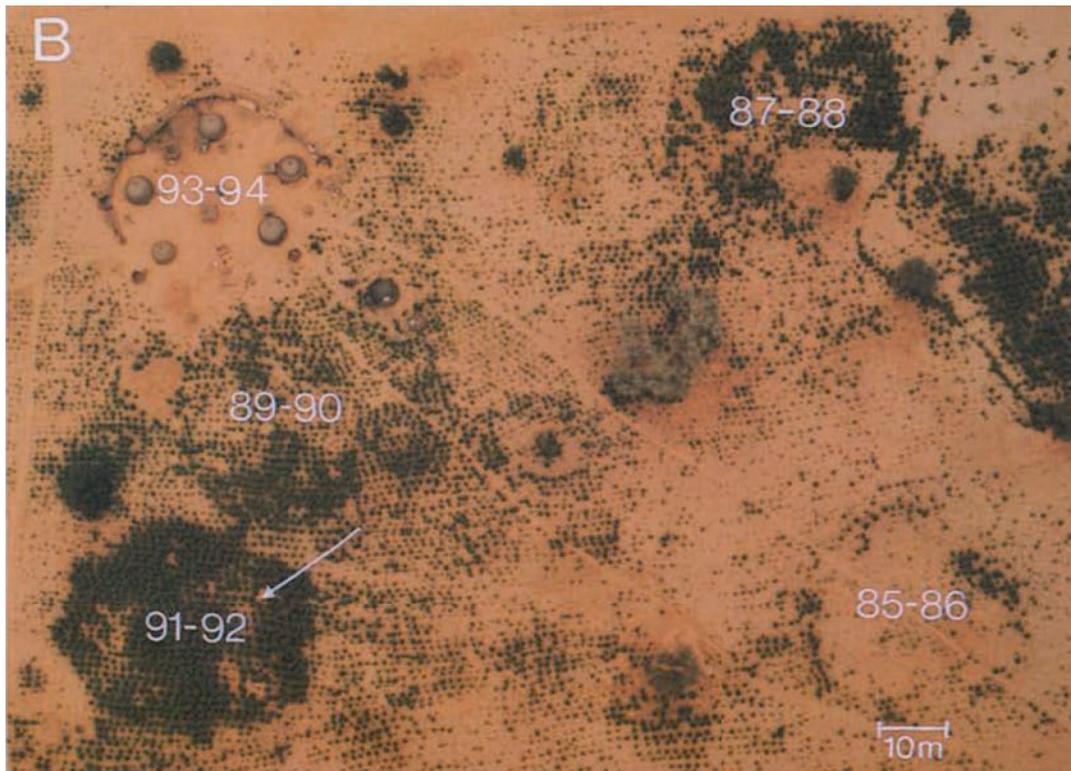


Figure II.18. Photographie aérienne illustrant l'effet sur la croissance du mil de l'apport de matière organique générée par un campement de peuls déplacé quatre fois en huit ans au sein même du champ qu'ils cultivent.

Les chiffres indiquent les années et la position des campements (photographie : Buerkert et al., 1996)

nécessaires : (1) la présence de zones sources érodables relativement proches qui permettent le transport de sable par saltation jusqu'au site et (2) la présence sur le site d'éléments de rugosité en surface suffisants pour diminuer la vitesse du vent et permettre le dépôt et la fixation des particules. Un tel mécanisme est par exemple observable dans les systèmes de culture champ/jachère dans la zone du Fakara à l'est de Niamey (Biolders *et al.*, 2002). L'accumulation de particules peut atteindre dans des conditions optimales plusieurs dizaines de centimètres par an (Léonard & Rajot, 2001). Les champs cultivés sont alors des zones source où la rugosité est diminuée par les pratiques culturales (Abdourhamane Touré, 2011).

Cependant, sur les sols d'un site d'habitat aucun voile éolien homogène ne peut se mettre en place. Les dépôts sont généralement irréguliers, car ils sont soumis à des zones d'érosion et des accumulations localisées qui sont, de plus, rapidement détruites et déplacées par les activités anthropiques (T_1) (Figure II.17). Pour que le mécanisme de sédimentation puisse se mettre en place et produire un dépôt régulier, l'abandon du site est nécessaire (T_2). Ainsi, les débris laissés sur place (tessons, structures d'habitation, fûts de paille et fumiers) couplés à la présence de la matière organique qui favorise la reprise de la végétation entraînent une augmentation de la rugosité du sol et permettent la sédimentation (ex. de Buerkert *et al.*, 1996) (Figure II.18). Après cette phase de sédimentation, potentiellement assez rapide, le milieu atteint une certaine stabilité (T_3) que l'Homme peut de nouveau perturber par son installation (T_4).

La constitution de cette stratigraphie sous-entend donc une occupation anthropique cyclique en alternance avec des périodes d'abandon qui permettent à un nouveau dépôt sableux de recouvrir les traces précédentes d'occupation. La période de rotation entre deux installations peut être évaluée à seulement quelques années comme cela est encore pratiqué par les Peuls dans les environs de Niamey (Buerkert *et al.*, 1996), mais une période plus longue peut être envisagée. Ce processus a ainsi pu se mettre en place aux cours des deux périodes, au Néolithique et à l'Âge du fer.

2.1.3 Une fosse isolée

En amont de Tondi Gamey, dans l'oued exploité en carrière de sable, une fosse a été observée dans le front de taille haut de près de 8 m. Son remplissage sombre et le léger relief créé sur la paroi nous a permis de la repérer. La fosse dont le haut est rogné mesure 1 m de large et près de 1,5 m de profondeur (Figure II.19). Le sol en haut de la carrière est, de manière localisée, parsemé de tessons de céramique liés à diverses périodes d'occupation. Le contenu de la fosse a été fouillé partiellement



Figure II.19. Photographie de la fosse en coupe en front de carrière

car la paroi s'est effondrée lors de son dégagement. Son remplissage nettement plus sombre a pu être récupéré et tamisé. Une dizaine de tessons caractéristiques de la période Néolithique a été récoltée, ainsi que des fragments de charbons de bois. L'un d'eux a été daté par radiocarbone, révélant une période d'occupation de 3 645 cal BP, soit entre 1 657 et 1 616 cal BC.

Tableau II.4. Datation radiocarbone du charbon de bois de la fosse de la carrière de Tondi Gamey

Nom	N° labo	matériel	Date ¹⁴ C BP	Date cal BP (μ)	Date cal BC (2σ)
Fos-car-SG1	Ly-6150	Charbon de bois	3395 ± 30	3645	-1757/-1616

Curve IntCal 09, Oxcal 4.1. Bronk Ramsey, 2009

La forme initiale de cette fosse et a fortiori sa fonction restent inconnues ; aucun ossement n'y a été retrouvé, l'acidité du sol n'en favorisant pas la conservation. Une telle fosse pourrait être assimilée à un silo, comme celui découvert à Zilum dans la région du lac Tchad au nord-est du Nigéria et daté de 500 cal BC (Breunig, 2007). La datation de cette fosse est donc plus ancienne que celle du sondage distant de 230 m. Elle serait en partie contemporaine de la pirogue de Kirkissoy.

2.1.4 Un enregistrement sédimentaire incomplet

Un prélèvement sédimentaire continu a été réalisé par carottage au pied du site stratifié dans le comblement de Tondi Gamey. Bloqué à 675 cm de profondeur, le fond du carottage n'est daté que du 5^e siècle BC. Aucune séquence contemporaine de la période d'occupation néolithique n'a, hélas, pu être prélevée (cf chapitre 11).

L'incision de l'oued est anté-holocène, elle est probablement contemporaine de celle du Dalloï Bosso qui est estimée au Pléistocène moyen entre 900 000 et 200 000 ans BP (Sombroek & Zonneveld, 1971). Le contexte environnemental du Kori de Ouallam reste au Néolithique hypothétique. La carotte sédimentaire indique seulement que le Kori de Ouallam formait un « canyon » d'au moins de 7 m de profondeur. Vers 3 500 cal BP, la région sahélienne connaît la fin d'une période relativement humide (cf chapitre 3), nous pouvons ainsi supposer que le kori était en eau de manière temporaire ou continue et sans doute en connexion avec le fleuve Niger.

2.2 Le pourtour du plateau nord du bassin versant

2.2.1 Prospections

Les bassins versants de Saga Gorou ont été intensivement prospectés avec l'objectif principal de recenser les bas fourneaux, mais des sites témoignant de la période

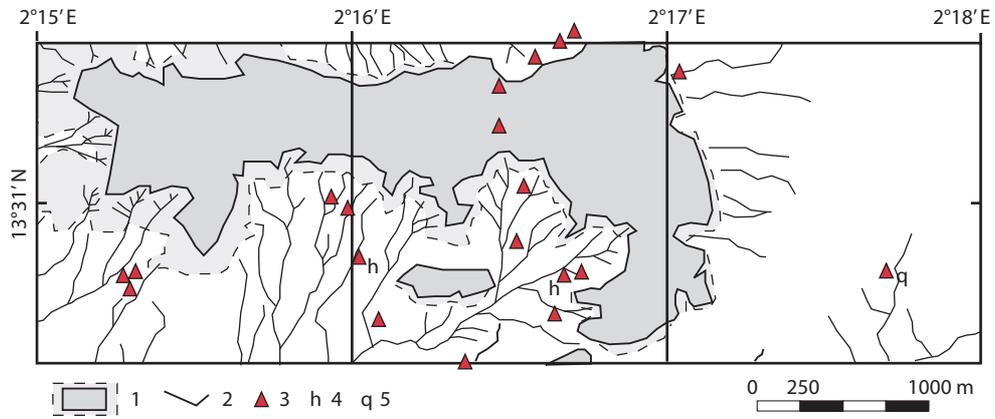


Figure II.20. Répartition des occupations néolithiques au nord du bassin versant de Bangou Kirey.

1 : Plateau ; 2 : Ravines ; 3 : Indices d'occupation néolithique ; 4 : Hache polie ; 5 : Pointe en quartz

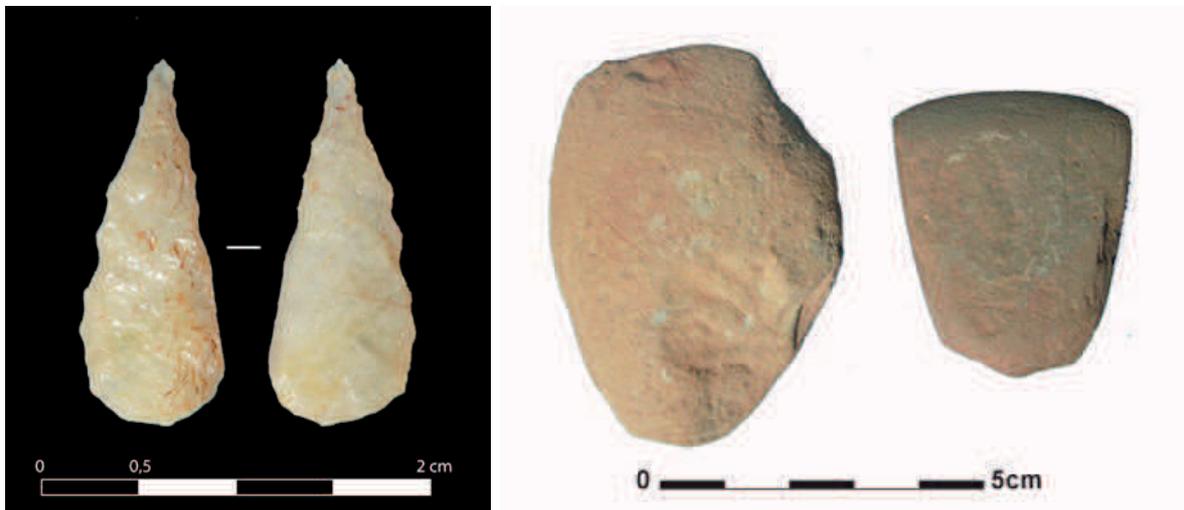


Figure II.21. Pointe de flèche en quartz et haches polies en dolérite verte

néolithique, très abondants dans le secteur, ont également été cartographiés. Les trois minutes carrées prospectées autour du plateau au nord du bassin versant de Bangou Kirey montrent une occupation néolithique diffuse et répartie principalement au pied des talus de plateaux (Figure II.20). Cette occupation est identifiée par la présence de tessons et d'éclats de quartz. La céramique, semblable à celle de Kirkissoy, est fine avec un dégraissant micacé et quartzeux. Le décor est le plus souvent réalisé par impression au peigne. Quant aux éclats de quartz, ils témoignent de débitage où les pièces finies sont rares, même si quelques pointes de flèche ont été découvertes (Figure II.21). Deux haches polies en dolérite ont également été collectées, ainsi que des meules en grès, le plus souvent fragmentaires et difficiles à dater.

Bien que le sol soit majoritairement sableux, ces artefacts sont aisément repérables car ils sont situés dans de faibles dépressions, dont le sol est encroûté (croûtes d'érosion) et donc dépourvu de sables mobiles. Le mobilier archéologique est principalement et étonnamment présent sur ces surfaces érodées, qui atteignent une dizaine de mètres carrés ; elles sont appelées « gangani » en djerma. Celles-ci facilitent l'observation des artefacts, mais cela n'exclue pas que d'autres sites soient recouverts par le sable. Cependant, certains auteurs, comme André Ozer (comm. pers.), pensent que la présence d'une occupation antérieure pourrait faciliter l'apparition de ces zones encroûtées. Dans ce cas, l'estimation du nombre de sites ne serait pas sous-évaluée.

2.2.2 Des datations isolées

Parmi les 46 datations radiocarbone réalisées sur les charbons de bois échantillonnés lors des sondages archéologiques sur les bas fourneaux de métallurgie du fer, six couvrent une période qui ne peut être attribuée à l'Âge du fer dans la région de Niamey (Tableau II.3). Correspondant à des périodes anciennes contemporaines du Néolithique, ces datations sont dépourvues de contexte archéologique connu. Elles n'attestent pas assurément de la présence de l'Homme, mais révèlent cependant la présence de feux dont l'origine peut être soit naturelle soit liée à des pratiques agropastorales. Quatre de ces dates sont plus anciennes que les occupations humaines attestées à Kirkissoy et les quatre autres sont plus récentes. Aucune ne correspond aux périodes d'occupations reconnues sur les sites conservés en stratigraphie. Cela questionne alors sur leur signification. Elles pourraient indiquer simplement des feux de brousse naturels.

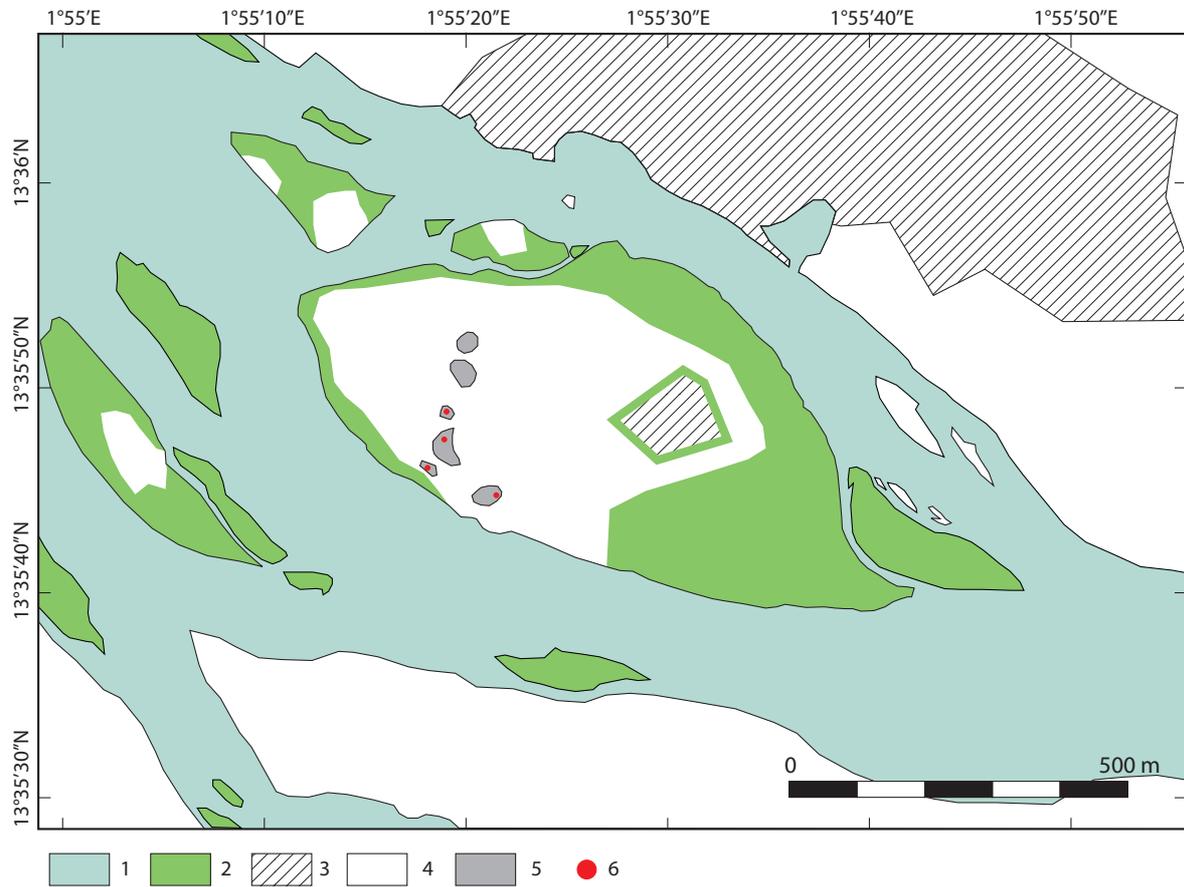


Figure II.22. Île de Boubon

1 : Fleuve Niger ; 2 : Zone marécageuse ou boisée ; 3 : Zone urbanisée ; 4 : Zone nue ou cultivée ; 5 : Affleurement rocheux (gabbro) ; 6 : Meules et polissoirs

Tableau II.5. Datations radiocarbone de charbon hors contexte archéologique

Nom	Cote (cm)	N° labo	Matériel	Date ¹⁴ C BP	Date cal BP (μ)	Date cal BC (2σ)
BFD08F4-B2-1	-46	Ly-6314	Charbon de bois	2095 ± 30	2070	-196/-45
SGF2-1	--	Ly-6146	Charbon de bois	2505 ± 30	2595	-786/-522
BFD08F3-9	-21	Ly-6313	Charbon de bois	2560 ± 30	2670	-805/-553
SGF2-2	--	Ly-6147	Charbon de bois	2835 ± 30	2940	-1112/-911
GB08F12-1	-24	Ly-6332	Charbon de bois	3560 ± 35	3850	-2021/-1773
KG08F2-1	-20	Ly-6337	Charbon de bois	3710 ± 40	4055	-2271/-1977
GB08F10-1	-50	Ly-6330	Charbon de bois	4200 ± 35	4735	-2897/-2671
KG08F1-3	--	Poz-39948	Charbon de bois	4750 ± 60	5475	-3645/-3373

Curve IntCal 09, Oxcal 4.1. Bronk Ramsey, 2009

3. L'île de Boubon

3.1 Contexte géographique

L'île de Boubon est située à 20 km en amont de Niamey, sa superficie est au minimum de 15 ha. L'ouest de l'île est en partie cultivé et récemment aménagé en cimetière. L'est est occupé par un campement touristique et est densément boisé sur sa pointe aval. L'ensemble de l'île se situe à 187 m d'altitude. Dans la partie amont, le socle affleure en différents lieux (Figure II.22), ce sont principalement des gabbros bleutés à plagioclases caractéristiques de la région de Boubon et des gabbros rougeâtres à plagioclases non altérés.

3.2 Des meules et des polissoirs

L'île compte un grand nombre de meules et de polissoirs fixes (Figure II.23). Ils sont directement réalisés sur les rochers en affleurement. Trois zones ont été repérées sur lesquelles plus de deux cents alvéoles polies ont été dénombrées. Elles sont le plus souvent longitudinales, en biseau ou plus arrondies, généralement peu profondes avec un fond aplani ou en forme de U. Quelques grandes vasques (dimensions : 60 x 45, prof. max. 18 cm) et des formes arrondies de plus petites dimensions de type cupules sont également observées. Certains polissoirs se distinguent très nettement des meules par leur forme généralement fuselée et leur position sur des parois obliques.

Aucun objet poli n'a été retrouvé lors de la prospection, seuls des éclats de quartz et des tessons de céramiques, dont la pâte et le décor sont caractéristiques de la période néolithique et proches du styles de Kirkisoy, ont été repérés au centre de l'île, dans



les haldes des tombes. Ceci suggérerait l'existence d'un site archéologique stratifié comme à Kirkissoy et à Tondi Gamey. La prospection n'a pas pu être approfondie ni étendue en raison de l'emprise du cimetière. Quelques tessons témoignent également d'une occupation historique, selon la population locale, le village aurait été initialement implanté sur l'île avant de se déplacer sur la rive gauche du fleuve Niger.

Malgré que le contexte archéologique de ces polissoirs et de ces meules fixes soit encore mal défini, nous pouvons toutefois émettre l'hypothèse que ces structures en grand nombre soit liées à une activité agricole sur les versants du fleuve Niger.

3.3 Bilan d'une première étude sédimentaire

Au cours d'une étude géoarchéologique menée en 2006, deux séquences sédimentaires ont été prélevées en bordure du fleuve Niger. Seule une analyse granulométrique a été réalisée, aucune donnée paléoenvironnementale n'a pu être recueillie. Le remplissage sédimentaire est composée d'une argile noire compacte homogène et sans litage (Guillon, 2008) qui correspond probablement au comblement d'un bras mort du Niger dont l'âge reste à déterminer. L'homogénéité du dépôt et la nature gonflante des argiles ne sont pas en faveur d'un bon enregistrement sédimentaire.

Deuxième partie

Dynamique socio-environnementale du Néolithique dans la région de Niamey

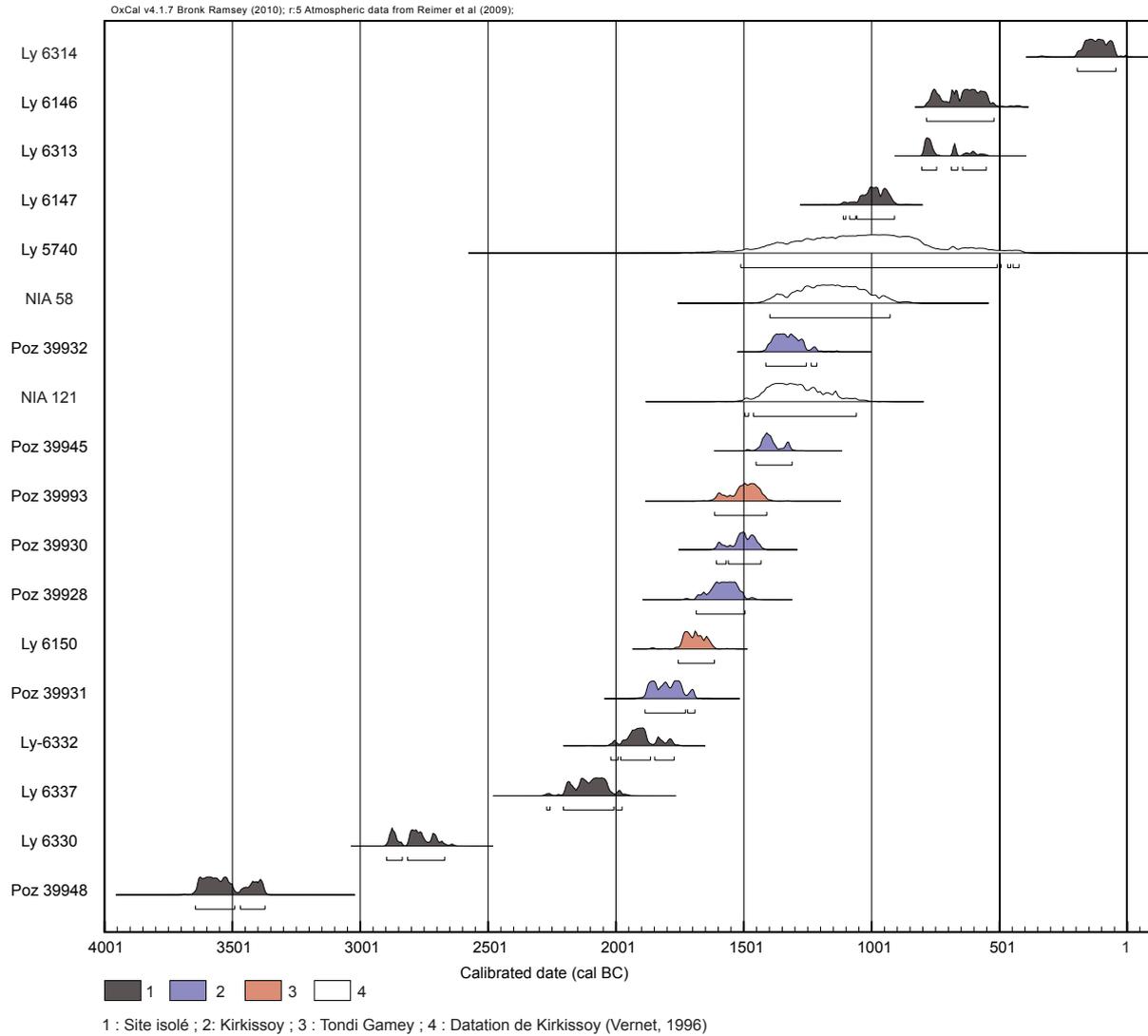


Figure II.24. Bilan des datations radiocarbones réparties sur les quatre derniers millénaires avant notre ère.

1 : Site isolé ; 2 : Kikissoy ; 3 : Tondi Gamey ; 4 : Datation de Kirkissoy d'après Vernet (1996)

Septième Chapitre

Bilan diachronique du Néolithique dans les environs de Niamey

1. Avant 1750 cal BC, une région très peu peuplée

L'occupation de la vallée moyenne du Niger semble à cette période peu dense. En effet, nous ne disposons, dans notre zone d'étude, d'aucun ensemble clos en stratigraphie associant des artefacts et une datation antérieure à 1750 cal BC. Seules quatre datations isolées couvrent cette période, elles sont comprises entre 3400 et 1700 cal BC (5350 - 3650 cal BP) (Tableau II.3 et Figure II.24). Cependant, le contexte archéologique est inconnu car elles ont été obtenues à partir de charbons de bois provenant de niveaux perturbés par des sites d'occupation historique. Antérieurs aux sites majeurs de Kirkissoy et de Tondi Gamey, ces charbons de bois isolés et l'absence d'indice d'occupation locale pourraient témoigner de feux de brousse naturels.

Par ailleurs, aucune donnée actuellement disponible sur l'ensemble de la littérature n'atteste de la présence humaine au Néolithique antérieurement à 1750 cal BP au Sud-ouest du Niger. Plus largement, il en serait de même pour la vallée moyenne du fleuve Niger entre le delta intérieur (à l'exception de Bandiagara) et le nord du Nigéria, où les dates les plus anciennes sont toutes postérieures au 3^e millénaire BC (3950 cal BP (cf chapitre 2). Durant cette période qui correspond à la fin de l'optimum climatique holocène (cf chapitre 3), les régions en-dehors de la vallée étaient suffisamment hospitalières pour que l'Homme ne soit pas contraint de s'installer sur les bords du fleuve, zone qui devait être particulièrement humide et où les risques de maladies devaient être élevés.

2. 1750 - 1000 cal BC, une occupation néolithique dense

2.1 Un matériel archéologique abondant

Les preuves d'une occupation néolithique de la région apparaissent à partir du milieu de la première moitié du 2^e millénaire. La vallée du Niger est alors densément occupée comme en témoignent les indices archéologiques à la surface du sol (Figure II.25). Un œil averti et quelques pas en-dehors des zones urbaines suffisent pour s'apercevoir de leur abondance. En effet, aisément reconnaissable par sa céramique fine à dégraissant minéral et aux décors soignés ou à ses éclats de quartz et haches en dolérite, le néolithique sahélien est visible de manière soit répétée sur une multitude de petites

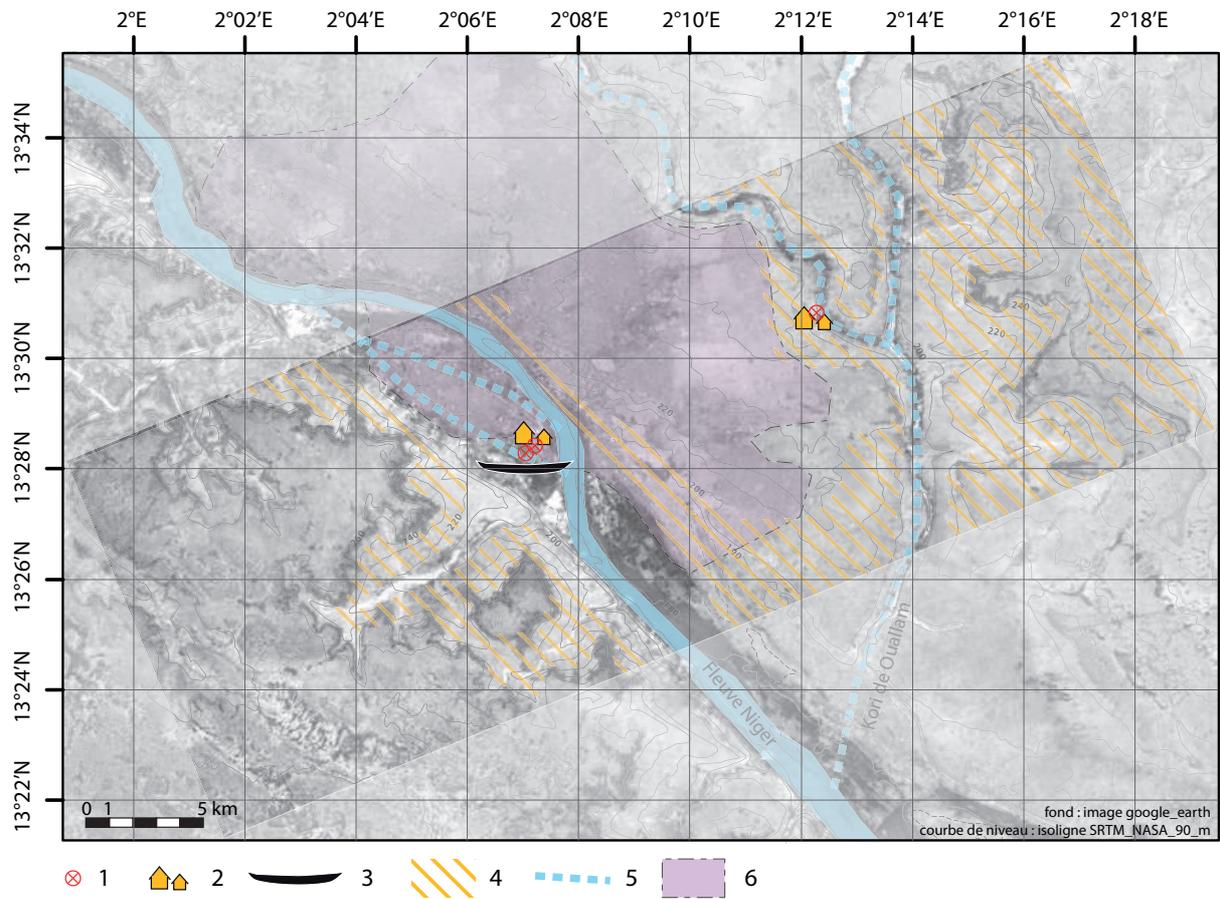


Figure II.25. Carte de synthèse des données archéologiques couvrant la période du Néolithique au sein de notre fenêtre d'étude entre les plateaux de Louguel et Saga Gorou.

1 : Position des sondages et relevé de coupe ; 2 : Site d'occupation de grande ampleur ; 3 : Bois identifié comme une pirogue ; 4 : Zone privilégiée pour une occupation diffuse ; 5 : Bras et affluent du fleuve Niger probablement en eau ; 6 : Zone urbanisée actuelle de Niamey

surfaces que Vernet (1996) qualifie de *minuscules*, soit localisée sur une surface plus grande avec une forte densité de matériel comme à Kirkissoy ou à Tondi Gamey.

2.2 Des campements temporaires

L'occupation diffuse cartographiée dans le bassin versant de Saga Gorou est représentative des observations faites par Vernet (1996) sur l'ensemble du Sud-ouest du Niger. Les quelques indices, tessons et éclats de quartz, suggèrent une occupation brève, tel un campement d'une nuit pour la chasse ou de plusieurs jours pour le pastoralisme. Ce mode d'installation laisse alors peu de traces ; aucune structure n'est repérée. Ces sites de surface sont le plus souvent très dégradés et mélangés à des occupations plus récentes. Le matériel abandonné est, de plus, rapidement réemployé ou réutilisé en matière première. Le pillage actuel contribue également à la disparition de ces sites d'occupation. Avec les seuls sites aujourd'hui visibles en surface, nous constatons ainsi une multitude d'occupations peu intenses réparties sur un très large territoire. Elles témoigneraient d'une population relativement mobile qui utiliserait voire exploiterait l'ensemble de son environnement. La datation de ces occupations superficielles est délicate, car le contexte taphonomique n'est pas favorable à la conservation de matière carbonée, aucune date n'a ainsi pu être réalisée.

Si les sites isolés semblent largement répartis en brousse, la proximité du fleuve ou de tout autre point d'eau permanent semble propice à une occupation plus pérenne.

2.3 Des installations durables

Les sites principaux que sont Kirkissoy, Tondi Gamey et Boubon sont implantés en bordure de cours d'eau. Ils forment de grands ensembles pour lesquels l'abondance de matériels céramique et lithique suggère une longue occupation.

Ces sites restent rares dans la région sahélienne. En effet, les installations localisées dans le lit majeur du fleuve sont soit détruites rapidement par l'érosion, soit recouvertes sous plusieurs mètres de sédiments par les dépôts de crues. Quant à celles qui pourraient être situées sur les rivages lacustres, elles seraient soit dissimulées sous des dunes mobiles soit fortement piétinées par les hommes et le bétail, ce qui contribuerait là encore à la destruction des occupations antérieures. Des conditions particulières ont toutefois permis la préservation et la découverte des niveaux archéologiques des sites de Kirkissoy et de Tondi Gamey.

En effet, au Sahel nigérien et pour la période du Néolithique récent, seuls ces deux sites dont la superficie peut être évaluée à plus d'un hectare semblent bénéficier d'un

enregistrement archéologique continu. À Kirkissoy, les niveaux d'occupation sont particulièrement denses et étendus ; ils couvrent toute la largeur de la pointe aval de l'île. Les tessons de céramique sont globalement bien conservés et sont répartis de manière continue au sein d'un niveau épais d'une cinquantaine de centimètres. Ce niveau stratifié dans lequel une évolution typologique de la céramique est observable pourrait être défini comme un dépotoir. Accessible durant toute la période d'occupation du site, il est scellé par un grand volume de sédiments provenant de dépôts de crue du fleuve probablement à la fin du dernier millénaire avant notre ère. Seule l'exploitation de la carrière de sable en ces lieux a rendu possible la découverte de ce site.

Une occupation néolithique est également perceptible dans le comblement des chenaux du fleuve. Cependant, plusieurs siècles séparent la datation de la pirogue mise au jour et celle de l'occupation principale. La pirogue et les quelques tessons retrouvés au fond du chenal suggèrent une première occupation de l'île dès le deuxième quart du deuxième millénaire avant notre ère. Les phases d'occupation restent encore difficiles à déterminer par manque de corrélation stratigraphique et d'éléments de datation, cependant les indices d'occupation de l'île semblent nous montrer une installation durant près de 500 ans.

À Tondi Gamey, les premiers indices d'occupation sont compris entre le milieu du 18^e et la fin du 17^e siècles avant notre ère, soit à la période correspondant à l'âge du bois dans lequel la pirogue a été confectionnée. Quant à la partie supérieure du niveau d'occupation néolithique, elle est manifestement contemporaine de la principale phase de Kirkissoy. Ces données indiquent donc aussi une présence humaine de près de 500 ans sur les rives du Kori de Ouallam. La préservation des artefacts aurait été favorisée par la succession de dépôts éoliens durant près de 3000 ans. Ce processus de sédimentation au sommet d'une dune serait lié à la surface du site alternativement occupée et abandonnée. La mise en place du voile éolien qui recouvre ces artefacts a nécessité une source de sédiment. Deux hypothèses non exclusives peuvent être avancées : (1) les sources sont très proches et elles seraient simplement liées aux activités humaines (défrichage, pâturage intensif à proximité de l'habitat), (2) les sources sont généralisées et elles indiqueraient plutôt un événement climatique de type sécheresse. La première hypothèse est à privilégier. En effet, la période néolithique est plutôt marquée par une période humide, même si celle-ci tend, à partir de 3 000 cal BP, vers l'aridité (cf chap3). La zone d'érosion serait donc locale et l'abandon ou une baisse significative d'activité sur le site peut suffire à la mise en place d'un voile éolien. Quant à la seconde hypothèse, elle peut être envisagée pour l'Âge du fer. Le

climat y est plus aride et plusieurs grandes sécheresses sont connues. L'abandon du site devient probablement plus fréquent, l'érosion est généralisée car la rugosité des sols a fortement chuté (perte du couvert végétal), seuls les artefacts au sommet de la dune de Tondi Gamey aurait permis à un voile éolien de se déposer.

Les dates radiocarbone et les similitudes entre les productions céramiques de Kirkissoy et de Tondi Gamey confirment la contemporanéité de ces deux sites pour la période néolithique. L'utilisation d'un dégraissant majoritairement minéral apparaît simultanément entre les deux rives au cours du 14^e siècle avant notre ère. La chamotte sera utilisée progressivement avant de supplanter le dégraissant minéral plus tardivement ; aucune donnée chronologique précise ne peut être avancée pour ces changements de pratique. Par la suite, l'occupation des sites décline fortement ; alors que le site de Kirkissoy est totalement abandonné, Tondi Gamey sera de nouveau occupé par une population utilisant une nouvelle céramique.

Pour la compréhension de ces changements culturels marquée par l'évolution du dégraissant au cours du néolithique, une étude typologique de la céramique et des datations plus affinées seraient nécessaires afin de construire une chrono-typologie fiable pour la région de Niamey. Ces installations de grande envergure témoignent certainement d'une population dense dont l'impact environnemental a pu être localement fort.

À Boubon, l'occupation néolithique est attestée par une céramique abondante et par la présence d'un grand nombre de meules et de polissoirs. Ces structures suggèreraient le développement d'activités agricoles durant cette période pour laquelle nous ne disposons, à ce jour, d'aucun autre indice de mise en culture dans la région du Sud-ouest du Niger.

2.4 L'attrait du fleuve Niger

La vallée moyenne du fleuve Niger devient au deuxième millénaire avant notre ère une région massivement occupée. La richesse vivrière du fleuve et la présence d'une ressource en eau permanente attirent les populations du nord qui auraient suivi le glissement des isohyètes vers le sud. Les vallées humides constituent également un refuge pour ces populations, comme Tondi Gamey dans le Kori de Ouallam ou le site de Karkarichinkat (Mali) dans la vallée du Tilemsi. Le fleuve offrirait également un axe de communication majeur permettant de se déplacer sur de longues distances comme pourrait en témoigner la pirogue découverte et l'essence équatoriale dans laquelle elle est confectionnée. Les échanges vers le nord ont également été attestés par la mise

en évidence de similitudes entre les céramiques de Kirkissoy et celles du pays dogon (Ozainne, 2006) et de Kobadi (Mali) dans le delta intérieur du Niger (Gallin, 2011).

Dans un contexte climatique plus aride, les Hommes du Néolithique sahélien ont privilégié les zones humides pour s'assurer des ressources en eau et des voies de communication, ce qui a favorisé des installations plus pérennes.

3. Le 1^{er} millénaire avant notre ère : une période de transition floue

Le premier millénaire avant notre ère est, pour la région du Sud-ouest du Niger, peu documenté. Les datations obtenues (Tableau II.3 et Figure II.23) pour cette période proviennent toutes de charbons de bois trouvés lors des sondages effectués sur des bas fourneaux de métallurgie du fer. Or, aucun de ces charbons n'est strictement piégé avec les scories ou les structures de réduction et ne peut donc pas asseoir l'existence de cette pratique au cours du premier millénaire avant notre ère dans cette région (Vernet, 1996) (cf chapitre 9 §4.4.1).

Au cours de ce millénaire, Kirkissoy et Tondi Gamey semblent progressivement et totalement abandonnés, même si le Kori de Ouallam sera par la suite de nouveau occupé par une nouvelle population, comme en témoigne la céramique grossière et à dégraissant à chamotte qui est contemporaine de la période historique au début de notre ère.

Si la région du Sud-ouest du Niger semble peu occupée ou du moins en déclin, les régions plus au sud connaissent un essor avec la maîtrise de la réduction du fer. Parmi elles, le plateau de Jos et le bassin tchadien au sud-est (Nigéria), sont occupés par des populations nouvelles qui témoignent de changements économiques et socioculturels radicaux (Breunig & Neumann, 2002 ; Breunig, 2009). Associés à de profondes modifications environnementales (Ballouche & Neumann, 1995 ; Waller *et al.*, 2007) (cf chapitre 3 §5), certains territoires sont délaissés alors que d'autres prospèrent. Le dernier millénaire avant notre ère est contemporain d'une phase de transition majeure durant laquelle le Néolithique récent laisse place peu à peu à l'Âge du fer. Cette transition est marquée dans plusieurs régions subsahariennes par une forte discontinuité socioculturelle sans qu'aucune rupture démographique ne soit perçue (Breunig & Neumann, 2002).

À l'inverse, cette transition entre la fin du Néolithique et le début de l'Âge du fer semble nettement plus marquée dans la vallée moyenne du fleuve Niger. En effet, nous pouvons envisager que les dernières populations néolithiques occupent la région au plus tard

jusqu'au milieu du dernier millénaire avant notre ère et que les premiers occupants pratiquant une activité métallurgique n'apparaissent qu'au début du 1^{er} premier millénaire de notre ère. Durant au moins 500 ans, la région semble ainsi délaissée. Les causes de ce bouleversement peuvent être multiples, cependant la conjonction d'un climat qui tend vers l'aridité et de la forte pression anthropique engendrée par le développement rapide d'une société néolithique dont l'économie est basée sur l'agropastoralisme aurait pu contribuer à la déstabilisation du milieu sahélien dont la fragilité est toujours observable aujourd'hui (Hiernaux & Ayantunde, 2004).

La dégradation des sols et de la couverture végétale aurait pu générer, comme le décrit Diamond (2006) pour certaines civilisations, une crise démographique de grande ampleur, occasionnant l'effondrement de la culture néolithique de la région.

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

Introduction

Après une crise démographique majeure durant laquelle la population semble avoir délaissé la région à partir de la première moitié du dernier millénaire BC, l'Homme et ses activités sont de nouveau archéologiquement perceptibles dans les environs de Niamey au cours des premiers siècles du premier millénaire de notre ère. Cela se caractérise par la présence d'objets en fer et par l'abondance de restes de bas fourneaux. Alors que les procédés de production du fer sont déjà connus dans de nombreuses régions voisines depuis plusieurs siècles, la maîtrise et le développement de la réduction du fer sont au Sud-ouest du Niger plus tardifs. Rapidement, la production du fer s'intensifie pour devenir une activité capitale à l'essor des populations africaines, elle permet la fabrication d'armes pour la chasse et la guerre et d'outils agricoles. La production massive et l'usage de ce nouveau matériau contribuera à la métamorphose des sociétés et à l'émergence des grands empires.

Les conséquences directes de la production du métal (besoin en bois pour le combustible) et celles plus indirectes (défrichement et mise en culture des sols à l'aide d'outils agricoles en fer plus efficaces) affectent le couvert végétal, dont la dégradation peut entraîner une modification de l'état de surface des sols sahéliens comme cela peut être constaté aujourd'hui.

La production du fer perdurera jusqu'au milieu du 20^e siècle, après quoi les premiers véhicules motorisés hors d'usage seront directement recyclés par les métallurgistes¹. Durant près de 2000 ans la métallurgie du fer a engendré de grands bouleversements sociétaux, mais l'impact environnemental de ces activités est encore largement sous-évalué au Sahel, alors que l'équilibre écologique de la région est fragile et précaire.

Nous présenterons successivement en quatre chapitres, les prospections menées sur les sites d'habitats en décrivant le mobilier céramique et métallique collectés, les résultats des études typologiques et spatiales des bas fourneaux associées à une série de datations radiocarbone puis nous dévoilerons les résultats de l'étude sédimentaire du remplissage de Tondi Gamey avant de conclure par une synthèse de ces nouvelles données géoarchéologiques.

1] Nous désignerons par le terme « métallurgiste » l'acteur de la réduction du fer uniquement, alors que celui de forgeron fait référence usuellement aux personnes pratiquant l'ensemble du processus de fabrication de l'objet en fer (réduction + forge)..

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

Huitième chapitre

Des sites d'habitat contemporains de l'activité de métallurgie du fer

1. Des artefacts archéologiques abondants découverts en prospection

L'habitat rural est très peu documenté à l'Âge du fer dans la région sahélienne ; l'archéologie ouest-africaine s'est plutôt concentrée sur la fouille de sites funéraires et cultuels plus faciles à identifier et à étudier, généralement mieux préservés et qui fournissent un bon aperçu des richesses des sociétés. La vallée moyenne du Niger a ainsi livré quelques sites remarquables tels que Boura et Karey Gorou au Niger (Gado, 1980, 1993, 2004), Kissi (Magnavita, 2009) et Oursi (Pelzer *et al.*, 2009) au Burkina Faso, ou Dangandouloun au Mali (Mayor, 2011).

Les prospections de surface menées au cours de nos recherches dans les environs de Niamey ont permis de localiser quatre sites inédits que nous pouvons définir comme des zones d'habitats : Saga Gorou, Garbel Zeeno² et Tondi Gamey en rive droite du fleuve Niger et Louguel Zeeno en rive gauche (Figure III.1). Ils sont repérés sur des zones aujourd'hui érodées sur lesquelles un très grand nombre de tessons de tailles et de formes variées couvrent une large superficie. La stratigraphie est généralement détruite par l'érosion, tous les artefacts se retrouvent mélangés en surface. Aucune fouille de grande ampleur n'a été engagée, seul le site de Tondi Gamey qui possède des niveaux archéologiques préservés fut l'objet d'un sondage sur 2 m² (cf partie II).

Le mobilier céramique a été collecté sur ces quatre sites en sélectionnant des tessons représentatifs (bords, fonds, décors, anses) d'ensembles céramiques significatifs. Le mobilier métallique a quant à lui été ramassé de manière systématique, une cinquantaine d'objets ont ainsi été dessinés, décrits et identifiés.

2. Localisation et contexte archéologique

2.1 Saga Gorou

Le site de Saga Gorou est localisé près du village du même nom dans le bassin versant du Kori de Ouallam à 1200 m au nord-est du lac temporaire de Tondi Gamey. Les indices d'occupation sont répartis sur une large surface qui est traversée par une

2] Zeeno signifie « ancien » en djerma

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

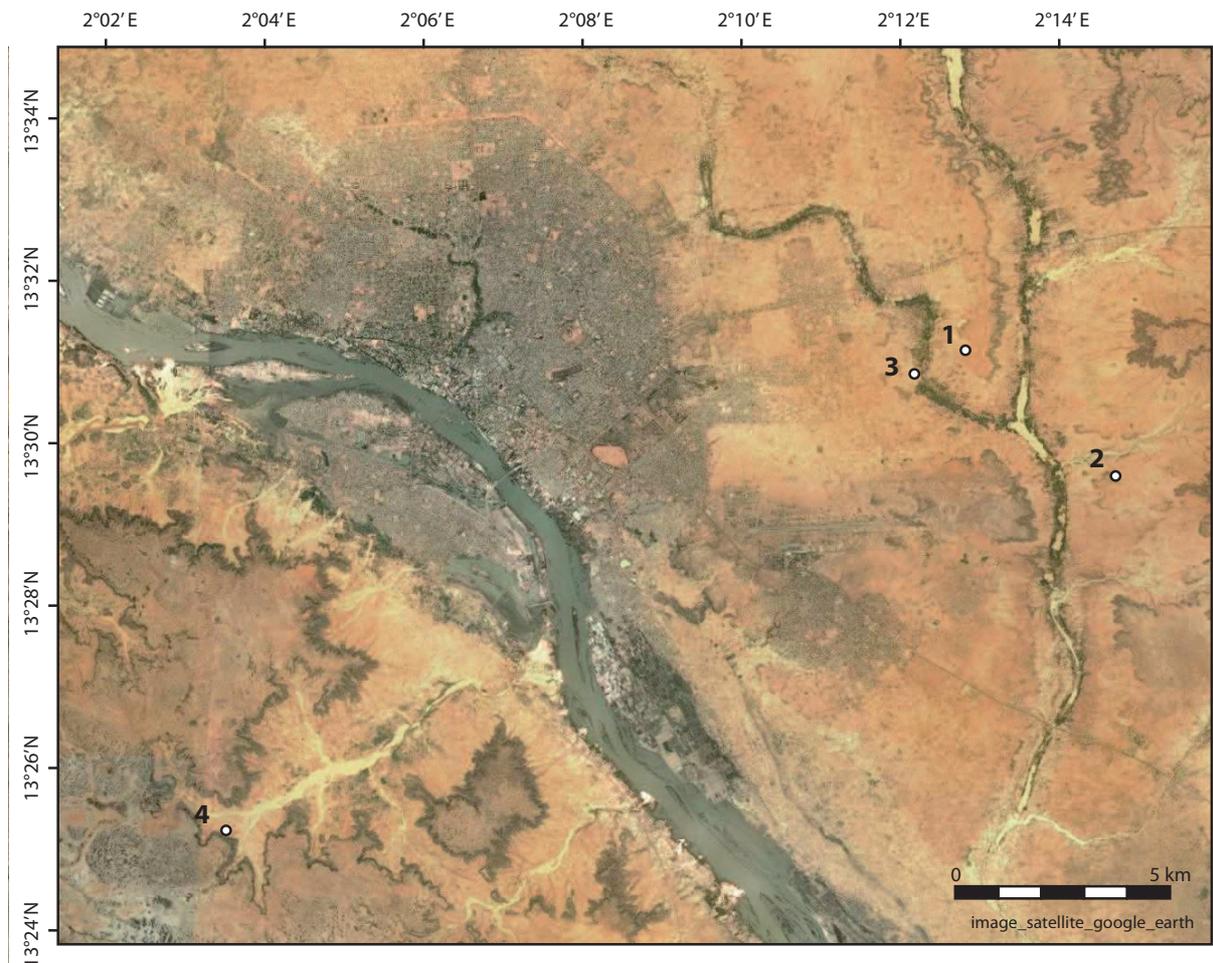


Figure III.1. Localisation des sites contemporains de l'Âge du fer dans les environs de Niamey (zone urbaine au centre de l'image satellite)

1 : Saga Gorou (SG) ; 2 : Garbel Zeeno (GB) ; 3 :Tondi Gamey (TG) ; 4 : Louguel Zeeno (LG)

ravine très ramifiée. Celle-ci draine principalement le bas-glacis supérieur qui borde un talus très caillouteux de forte pente sur lequel aucun indice archéologique n'est retrouvé. Les artefacts sont très dispersés et généralement présents sur les surfaces encroûtées. À proximité, plusieurs bas fourneaux sont identifiés par la présence de blocs de scorie, résidu de la réduction du fer. La céramique est abondante, du mobilier métallique est également présent. Des fragments de statuettes anthropomorphes ont également été ramassés. Aucune structure en creux ou base de construction n'a été découverte.

2.2 Garbel Zeeno

Le site d'habitat de Garbel Zeeno a été découvert au sud-est de la commune de Garbel, à l'est du Kori de Ouallam à 1500 m du lac de Bangou Kirey. Il s'étend sur une large surface de l'ordre de plusieurs hectares, mais sa superficie totale n'a pas pu être complètement évaluée. Il est actuellement installé sur le bas glacis supérieur, aujourd'hui encroûté et traversé en partie par une ravine et sur le moyen glacis qui forme un talus caillouteux où de petites surfaces aplanies se succèdent avant d'atteindre le plateau qui est dépourvu d'indice d'occupation. Le mobilier céramique et métallique est abondant et varié ; des objets en terre cuite d'exception ont également été collectés. Ces artefacts se répartissent sur une large surface ; sur le bas glacis, le mobilier est dispersé au milieu de nombreux blocs de scorie et constitue l'un des sites majeurs de métallurgie de la région où près de 500 bas fourneaux ont été recensés, ce qui constitue l'une des plus fortes concentrations dans la région. Sur les surfaces planes du talus, des structures de pierres circulaires et quadrangulaires sont repérées, leur fonction et leur âge restent indéterminés.

2.3 Tondi gamey

Le site d'occupation a été mis au jour sur la rive droite du Kori de Ouallam à moins de 150 m du lac temporaire de Tondi Gamey. Ce site stratifié dont la première occupation est datée du Néolithique se trouve sur un épais niveau sableux. Cette dune abrupte coté bas-fond forme à l'ouest un replat avec un léger pendage sur lequel s'étendent aujourd'hui des cultures. Les niveaux archéologiques sont visibles à la surface du sol uniquement sur le versant sud, soumis à l'érosion. L'étendue du site daté de l'Âge du fer reste inconnue. L'échantillonnage des tessons a été effectué au cours du sondage couvrant 2 m².

2.4 Louguel Zeeno

Le site de Louguel situé en rive droite du fleuve est localisé dans une vallée bordée

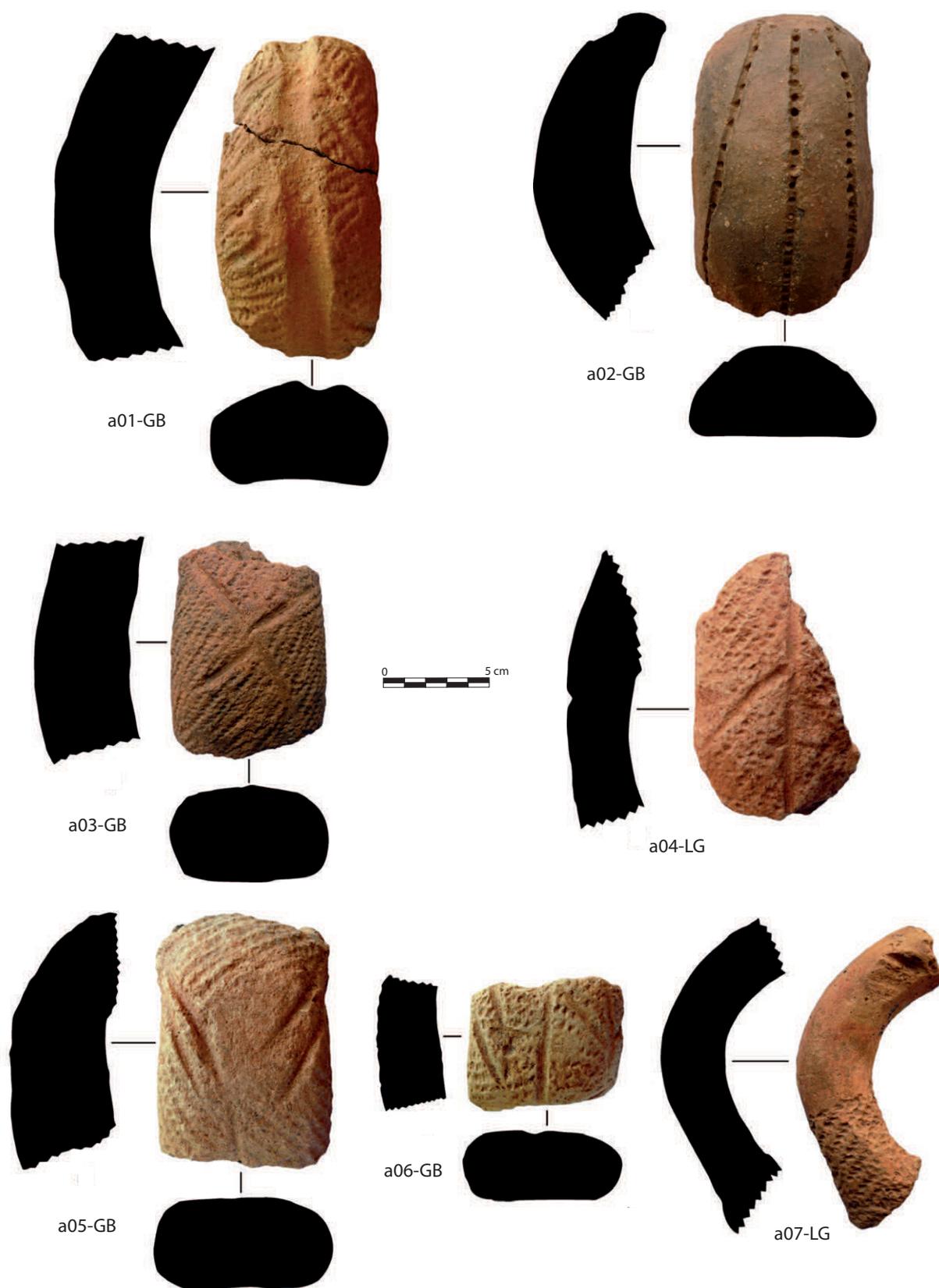


Figure III.2. Mobilier céramique : anses de préhension (a)

par des plateaux et incisée par une grande ravine directement connectée au Niger, distant de 8 km. Le site est assez étendu, plusieurs zones d'occupation peuvent être identifiées. Elles sont repérées sur des zones sableuses très érodées au pied du talus du plateau. Les objets en fer et les tessons sont abondants en surface, des objets en terre cuite remarquables ont également été collectés. Des structures circulaires composées soit d'une ligne de pierres continue soit de seulement quelques blocs répartis à intervalles réguliers sont repérables à la surface du sol. Elles peuvent être respectivement interprétées comme des bases de cases d'habitation et de greniers, cependant aucune datation ne permet de confirmer leur contemporanéité avec le mobilier présent au sol ; la construction de ces soubassements en pierre est encore très pratiquée aujourd'hui lors de l'installation de campements dans la région.

3. Le mobilier céramique

3.1 Une grande variété d'objets

L'ensemble du mobilier céramique est constitué d'une argile cuite de teinte orangée avec un dégraissant à chamotte. Le mobilier collecté se répartit en deux catégories : (i) des formes (bords, fonds, anses et boutons de préhension) et des décors identifiables appartenant généralement à de la vaisselle commune et (ii) des objets remarquables tels que des outils pour l'artisanat ou des objets votifs qui sont généralement de très belle facture (Figure III.3).

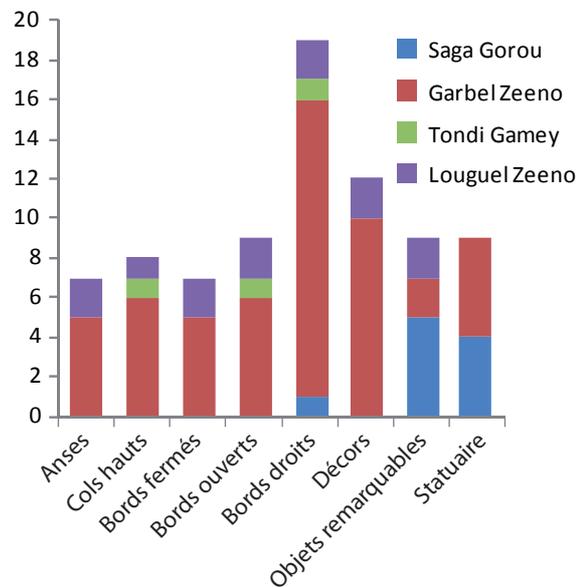


Figure III.3. Échantillons d'objets céramiques récoltés et présentés par site (l'échantillonnage n'est pas représentatif des sites)

L'objectif n'est pas de réaliser une étude typologique de la céramique ; elle nécessiterait la constitution d'un corpus exhaustif et d'un cadre chronologique précis des différents sites d'occupation ce dont nous ne disposons pas. Nous nous limiterons ici à présenter un aperçu de la très grande variété du mobilier céramique³ afin de constituer un premier catalogue de celui-ci dans la région de Niamey.

3] Les photographies, les profils et la description de chaque tesson ont été repris du rapport de A. Gallin (UMR 6636 LAMPEA) réalisé au cours d'une mission à Niamey en juin 2010 dans le cadre du programme Corus2 6116



Figure III.4. Mobilier céramique : cols (c) et bords fermés (bf)

3.2 La vaisselle céramique

3.2.1 Les anses

Les fragments d'anses de préhension sont abondants (Figure III.2), généralement de forme oblongue et massive, leur décor est principalement constitué d'une trame oblique en impression de cordelettes tressées complétée par des traits en incision (a03-GB, a04-LG, a05-GB, a06-GB). D'autres sont décorées d'une cannelure dans le sens de la longueur (a01-GB). l'une à section en demi-lune, est décorée de sillons incisés imprimés de points réguliers (a02-GB). Une anse de section arrondie est également collectée, un décor de trame oblique à la cordelette est appliqué à l'une de ses extrémités (a07-LG).

3.2.2 Les cols hauts

Différents modèles de cols hauts généralement bien conservés ont été récoltés (Figure III.4). Leur diamètre est très variable, allant de 5 à 30 cm. Les cols sont ouverts de forme convexe (c02-LG, c04-LG) ou à profil rectiligne avec des lèvres éversées (c01-GB, c03-GB). Ils sont le plus souvent sans décors, même si deux d'entre eux ont des cannelures externes (c05-GB, c08-TG). Les plus petits forment un goulot étroit (c06-GB, c07-GB).

3.2.3 Les bords fermés

Les bords fermés sont assez fréquents (Figures III.4 et III.5). Certains ne sont que légèrement fermés, avec une lèvre composée d'un bourrelet externe ; les panses sont à décor à trame oblique en impression de cordelettes torsadées. Ce décor est parfois appliqué sur le haut de la face interne (bf02-GB) ou sur la lèvre, associée à des traits incisés (bf01-GB). Quant aux bords au profil oblique, ils sont à lèvres épaissies et sans décor (bf03-GB, bf05-GB, bf06-GB), certains ont les lèvres éversées (bf04-LG et bf07-LG).

3.2.4 Les bords ouverts

Les bords ouverts sont majoritairement constitués d'une céramique fine (Figure III.5), certains sont à lèvres éversées sans décor (bo01-GB, bo02-GB), d'autres ont une lèvre en T. L'un est décoré de semis de points par impression et de traits par incision sur la face interne, la lèvre est couverte de traits par impression au peigne (bo03-GB), l'autre est à engobe brun sur la face externe et la lèvre est décorée de torsades en impression de peigne (bo05-GB). La lèvre peut également être simplement arrondie, comme pour une céramique de teinte grise et de forme hémisphérique qui est sans décor (bo04-TG).

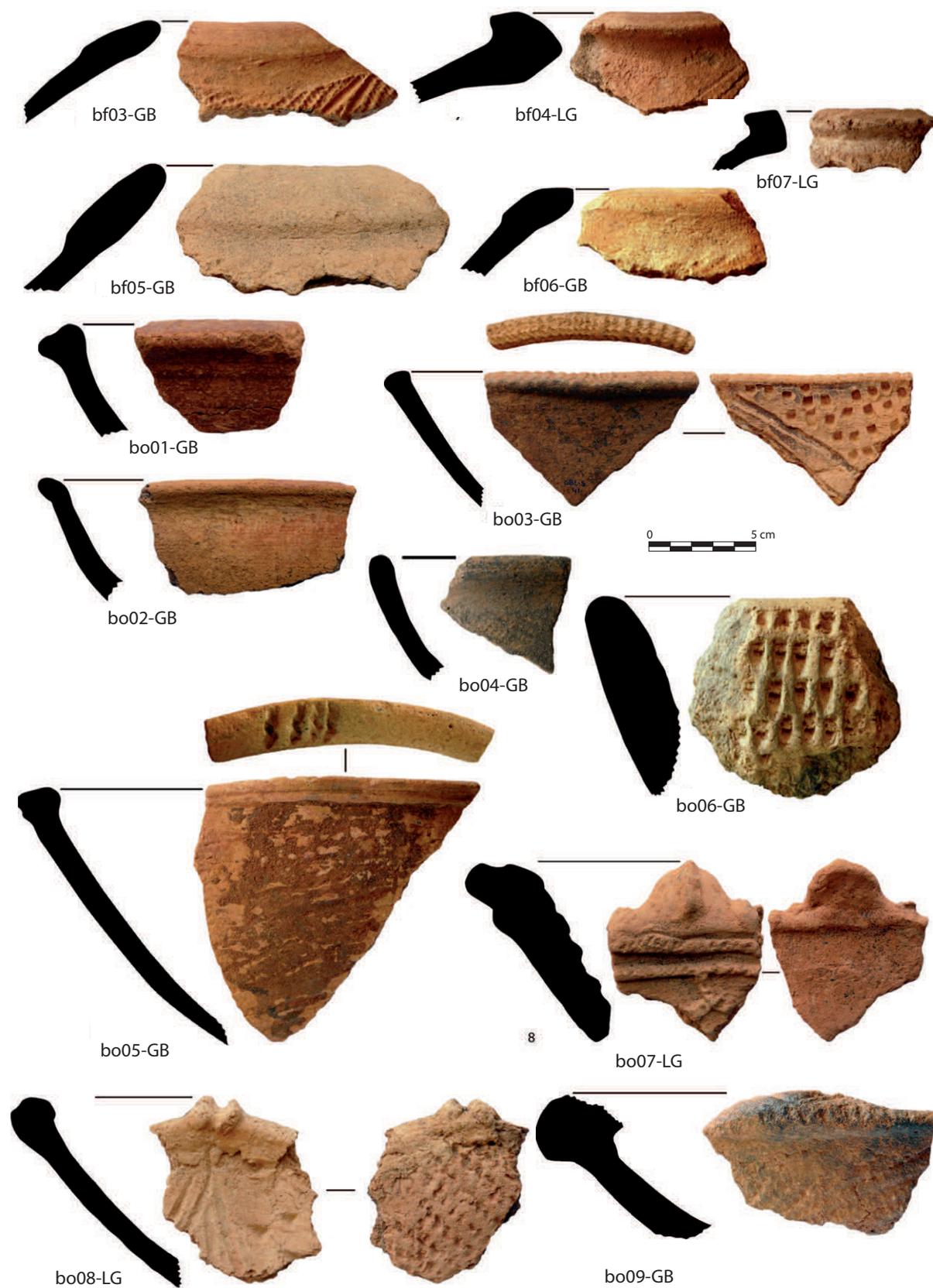


Figure III.5. Mobilier céramique : bords fermés (bf) et bords ouverts (bo)



Figure III.6. Mobilier céramique : bords droits (bd)

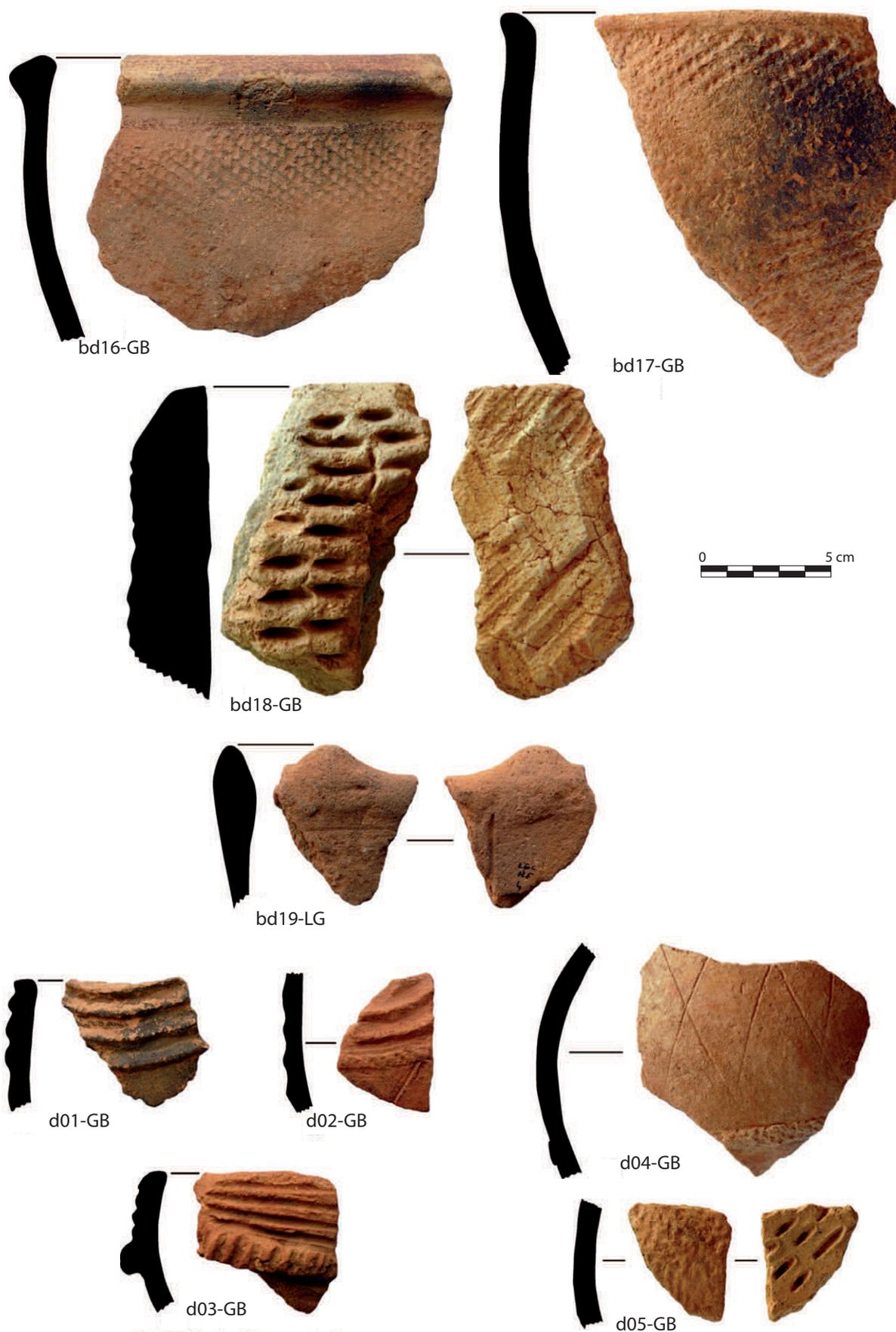


Figure III.7. Mobilier céramique : bords droits (bd) et décors (d)

Des bords ouverts plus épais sont toutefois repérés, certains ont une lèvre arrondie avec un décor d'impression de traits horizontaux (bo06-GB). Parmi ces bords ouverts, deux sont constitués d'un riche décor, l'un de cordons en relief sur la face interne et sur la lèvre et d'une oreille de préhension de petites dimensions sur laquelle peuvent être distingués un bec ou un nez et deux orifices oculaires (bo07-LG). Le second a une face interne composée de ponctuations triangulaires en impression simple et de chevrons en incision, alors que la face externe est décorée d'une trame oblique par impression de cordelette torsadée, un double cordon transversal est appliqué sur la lèvre (bo08-LG). Le dernier possède une lèvre épaissie décorée sur la tranche avec des traits parallèles incisés (bo09-GB).

3.2.5 Les bords droits

Les bords droits sont les tessons les plus représentés (Figures III.6 et III.7). Les lèvres sont de formes variées ; elles sont en forme de T (bd01-GB, bd03-GB et bd13-GB), externes (bd02-GB, bd05-GB, bd07-GB, bd11-LG, bd12-GB et bd17-GB), ogivale (bd09-GB), ou épaissie (bd04-GB). Elles sont le plus souvent décorées d'une trame oblique en impression de cordelette torsadée qui est associée ou non à un décor sur la face externe et/ou sur le haut de la face interne. Le décor des panses peut être des trames obliques en impression de cordelette roulée torsadée sur la face externe (bd01-GB et bd11-GB) ou des lignes de points carrés imprimés (bd03-GB), des points imprimés associés à des traits incisés (bd05-GB) ou bien encore des cordons imprimés sur la face interne (bd08-GB). D'autres décors ont été collectés, l'un est constitué de cannelures sur les deux faces (bd06-SG), un autre est composé d'une trame oblique de points réguliers en relief par impression, la lèvre est formée d'une surface irrégulière (bd10-TG). Quelques bords droits sont constitués de parois fines, les récipients sont galbés et évasés, la lèvre est éversée (bd14-GB et bd15-GB) ; cette morphologie est également observée pour des parois plus épaisses (bd16-GB). Encore plus épais, un bord est en biseau externe, avec un décor d'impression de traits horizontaux sur la face externe et une impression de vannerie sur la face interne (bd18-GB). Un tesson sans décor identifiable possède une lèvre rehaussée qui pourrait constituer un décor denticulé (bd19-LG).

3.2.6 Les décors

Les décors sont variés et complexes comme le montrent les descriptions précédentes. Pour compléter ce catalogue, quelques décors de tessons de panse sont présentés (Figures III.7 III.8). Parmi eux, trois décors de cannelures ont été identifiés (d01-GB, d02-GB et d03-GB), les deux derniers sont complétés par un cordon imprimé. Un autre

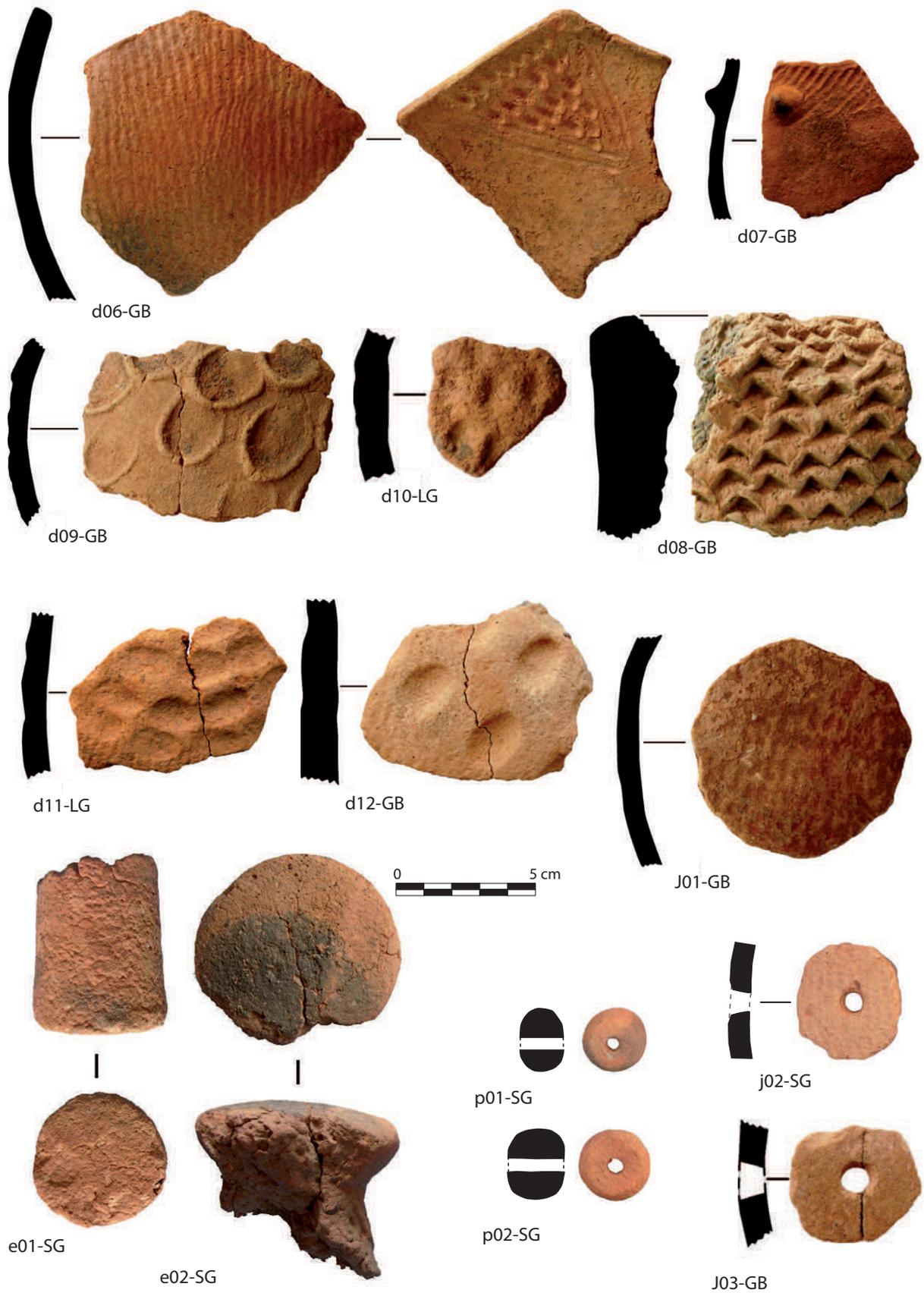


Figure III.8. Mobilier céramique : décors (d), jetons (j), perles (p) et éléments de peson et de tampon (e)

présente un décor à incision croisée complété par un cordon en relief (d04-GB). L'un des tessons est composé d'un décor de points étirés en impression sur la face interne, mais le décor sur la face externe est illisible (d05-GB). Un fragment de grande taille est décoré sur les deux faces (d06-GB), il s'agit d'une trame de traits irréguliers produits par une impression roulée de roulette composite pour la face externe et d'un triangle dessiné par deux traits incisés parallèles rempli de points imprimés sur la face interne. Le bord de cette céramique est constitué d'un angle de 60°. Un seul décor de mamelon a été récolté, il est positionné sur une panse de fine épaisseur et décorée d'un motif de trame oblique par impression de peigne (d07-GB). Un décor à impression de tige est également référencé, il est imprimé sur un tesson épais caréné (d08-GB). Des décors digités ont été collectés, ils sont réalisés par impression (d09-GB et d10-LG), deux d'entre eux sont appliqués sur une trame oblique à impression roulée de cordelette torsadée ou sur un décor d'impression de vannerie (d11-LG et d12-GB).

Les tessons ont des formes et des décors multiples qui sont répartis sur l'ensemble des sites, ce qui semble former une typologie cohérente qui aurait perduré tout le long de la période d'occupation.

3.3 Les objets céramiques artisanaux et rituels

Plusieurs objets en terre cuite particuliers ont été collectés (Figure III.8), dont des jetons. Ils ont été confectionnés dans des tessons de panses et sont globalement circulaires, l'un est plutôt de grande taille (j01-SG) et deux sont de plus petites dimensions et perforés en leur centre (j02-SG et j03-GB). Également perforées, deux perles de forme sphérique ont été découvertes (p01-SG et p02-SG) et peuvent être interprétées comme des fusaïoles. Deux objets dont seule l'extrémité est conservée sont repérés, il peut s'agir pour l'un d'une base de peson (e01-SG) potentiellement en lien avec les fusaïoles et pour l'autre le tenon d'un tampon (e02-SG) qui est utilisé avec une batte (ou battoir) pour la confection de poteries par une technique de martelage comme le décrit Gosselain (2010) au sud Niger.

Lors des prospections, deux objets exceptionnels ont été découverts au pied du talus de Louguet. Ce sont deux récipients de type « gourdes », de styles très différents (Figure III.9). L'une est incomplète et de style anthropomorphe, elle est constituée d'un réservoir sphérique surmonté de deux anses semblables à deux bras levés dont l'extrémité est manquante. La partie haute du réservoir est perforée d'un petit orifice qui est placé en avant d'un col fracturé. Ce col forme comme la base d'un visage (g01-

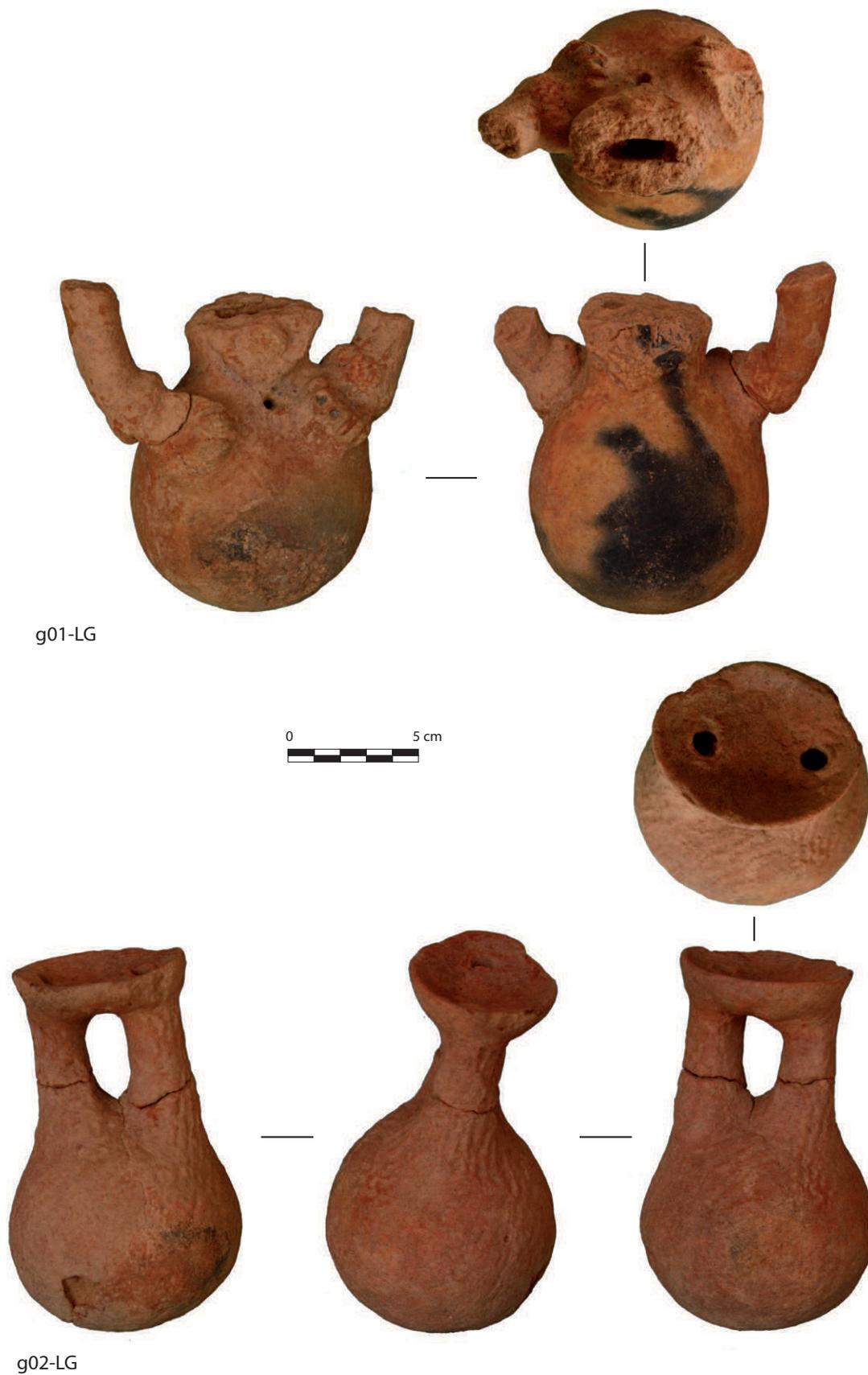


Figure III.9. Mobilier céramique : gourdes (g)

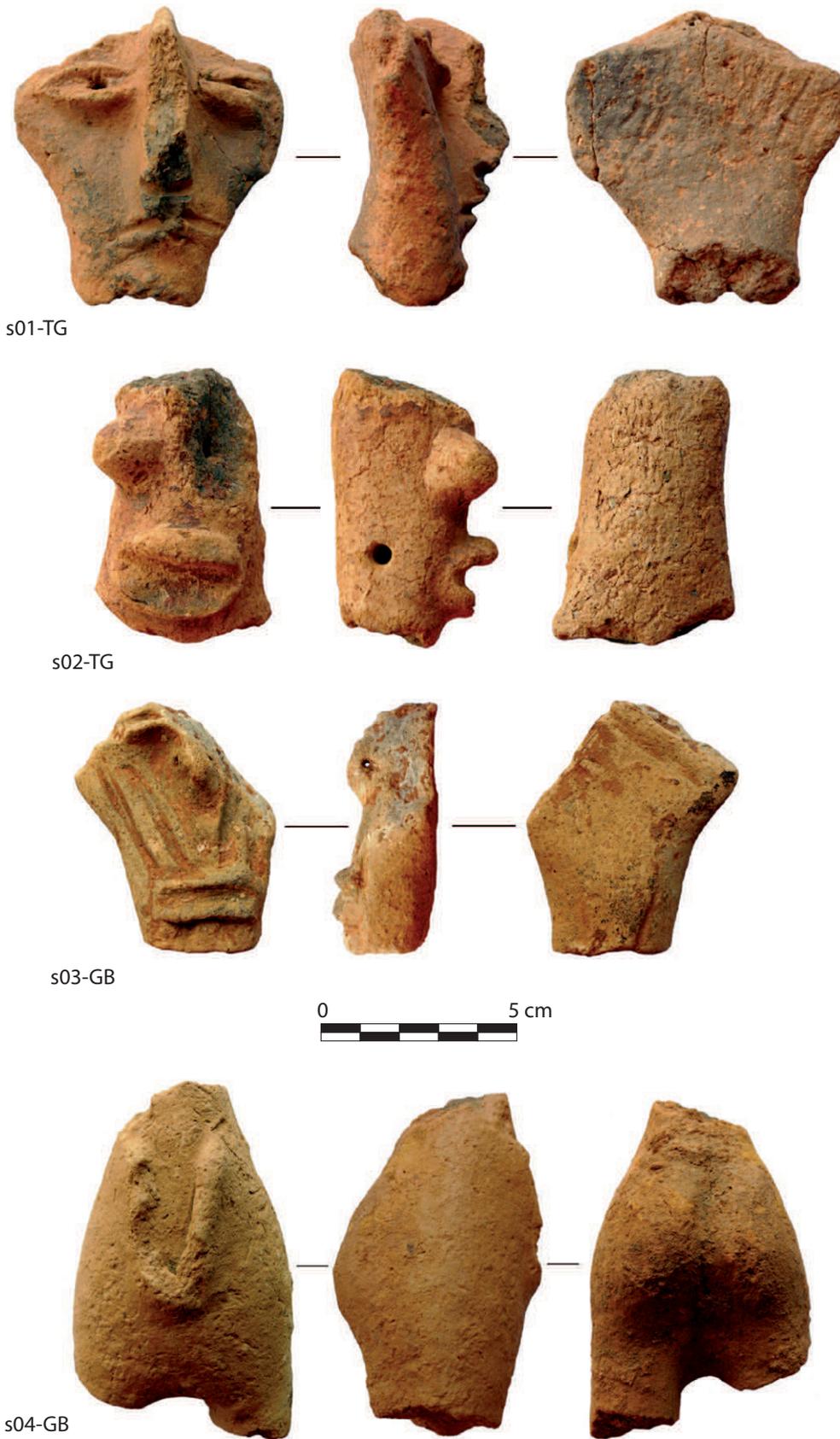


Figure III.10. Mobilier céramique : statuettes (s)

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

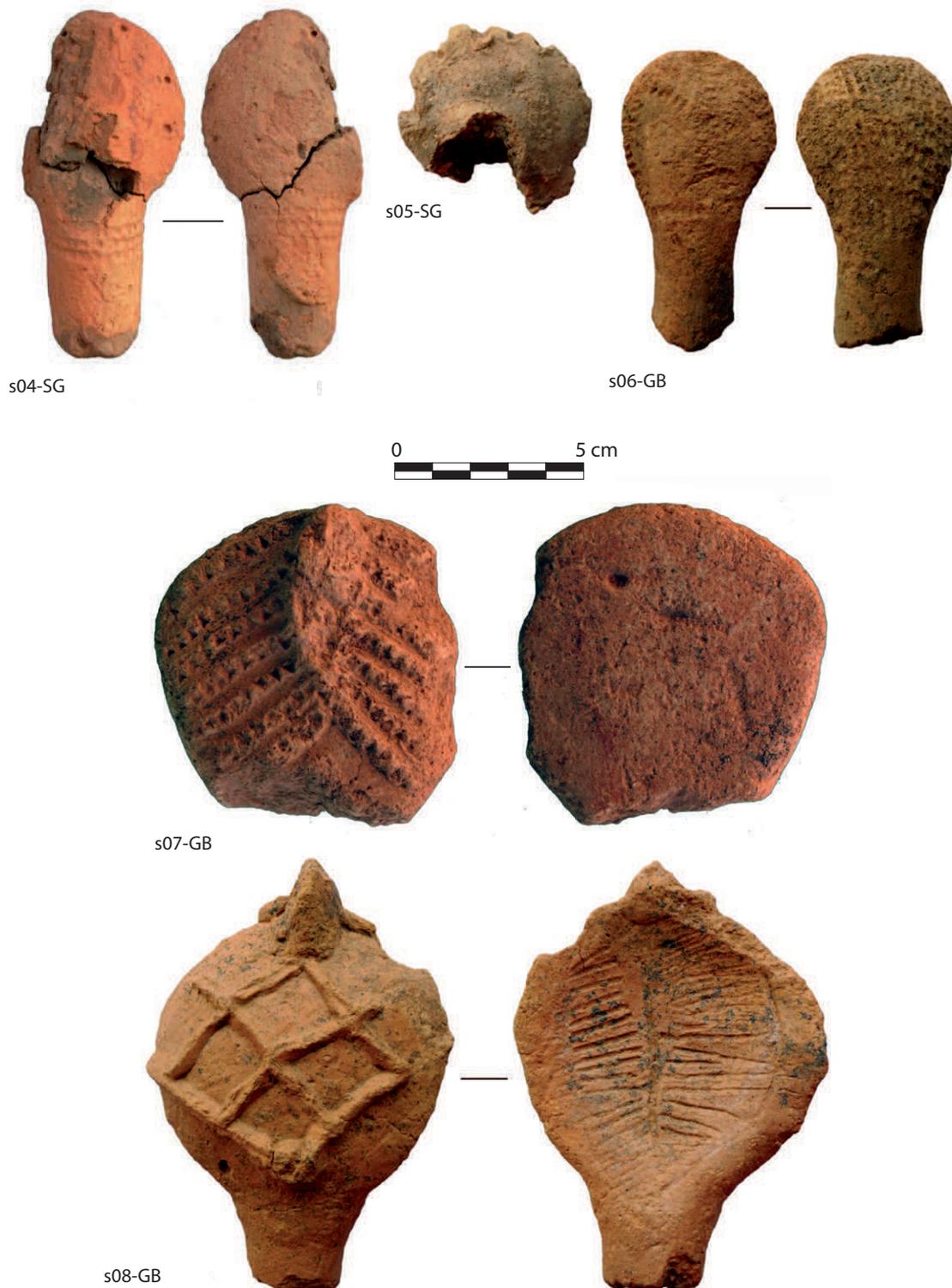


Figure III.11. Mobilier céramique : statuettes (s)

LG). L'autre est entière ; le réservoir est surmonté de deux colonnes parallèles qui sont reliées à une coupelle où sont perforés deux orifices qui traversent les colonnes pour rejoindre le réservoir (g02-LG). Aucun objet similaire n'est connu dans la littérature, l'usage de ces « gourdes » peut aussi bien être utilitaire que rituel.

3.3.1 La statuaire anthropomorphe et zoomorphe

Les prospections menées sur les différents sites occupés durant la période de l'Âge du fer ont livré plusieurs statuettes plus ou moins stylisées (Figures III.10 et III.11). Trois têtes ont été clairement identifiées. Deux d'entre elles sont assez similaires (s01-SG et s03-GB), le visage est angulaire et de forme pentagonale, les yeux, les sourcils, la bouche et le nez sont bien marqués, ce dernier est, bien que cassé, très proéminent et perforé transversalement. L'une d'entre elles est incisée de deux traits verticaux sur les joues, évoquant des scarifications. Ces deux statuettes peuvent être comparées à celle découverte à Kareygrou par Gado (1980), qu'il a nommée « l'homme au nez en bec d'oiseau ». La troisième a des formes tout en rondeur qui paraissent assez stylisées (s02-SG). Le visage est de forme cylindrique, le haut de la tête et l'œil gauche sont absents. L'œil droit est exorbité et globuleux, les lèvres, dont la supérieure est perforée, sont gonflées et surdimensionnées et dessinent une bouche ouverte. Le visage ne comporte ni nez ni oreille mais deux orifices de part et d'autre, positionnés à la hauteur de la bouche. Une quatrième statuette (s04-GB) n'est figurée que par un bassin au contour féminin qui laisse deviner le fessier et un V sur le bas ventre qui peut être interprétée soit comme le nombril soit comme la vulve ; la figurine est brisée au niveau des cuisses et de la taille. La fonction de ces statuettes est probablement liée à des pratiques votives.

Les trois figurines suivantes sont de simples silhouettes très stylisées ; seule la tête et le cou sont représentés. L'une est constituée d'un décor de trois lignes de points par impression sur le haut du corps et au moins quatre orifices sont répartis sur le pourtour de la tête (s04-SG). La deuxième est fracturée, elle est uniquement composée de la tête dont le pourtour est dentelé (s05-SG). La troisième est la plus simplifiée (s06-GB), d'un côté plusieurs traits issus d'une impression à cordelette semblent représenter le visage. Au dos, la surface est couverte de stries tracées par impression au peigne semblables à une chevelure.

Deux statuettes sont zoomorphes, elles représentent la tête d'un cobra qui est un symbole très fréquent dans la mythologie ouest-africaine (Konan, 2011). L'une est décorée par impression de cordon sur une seule face, représentant la tête d'un cobra

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

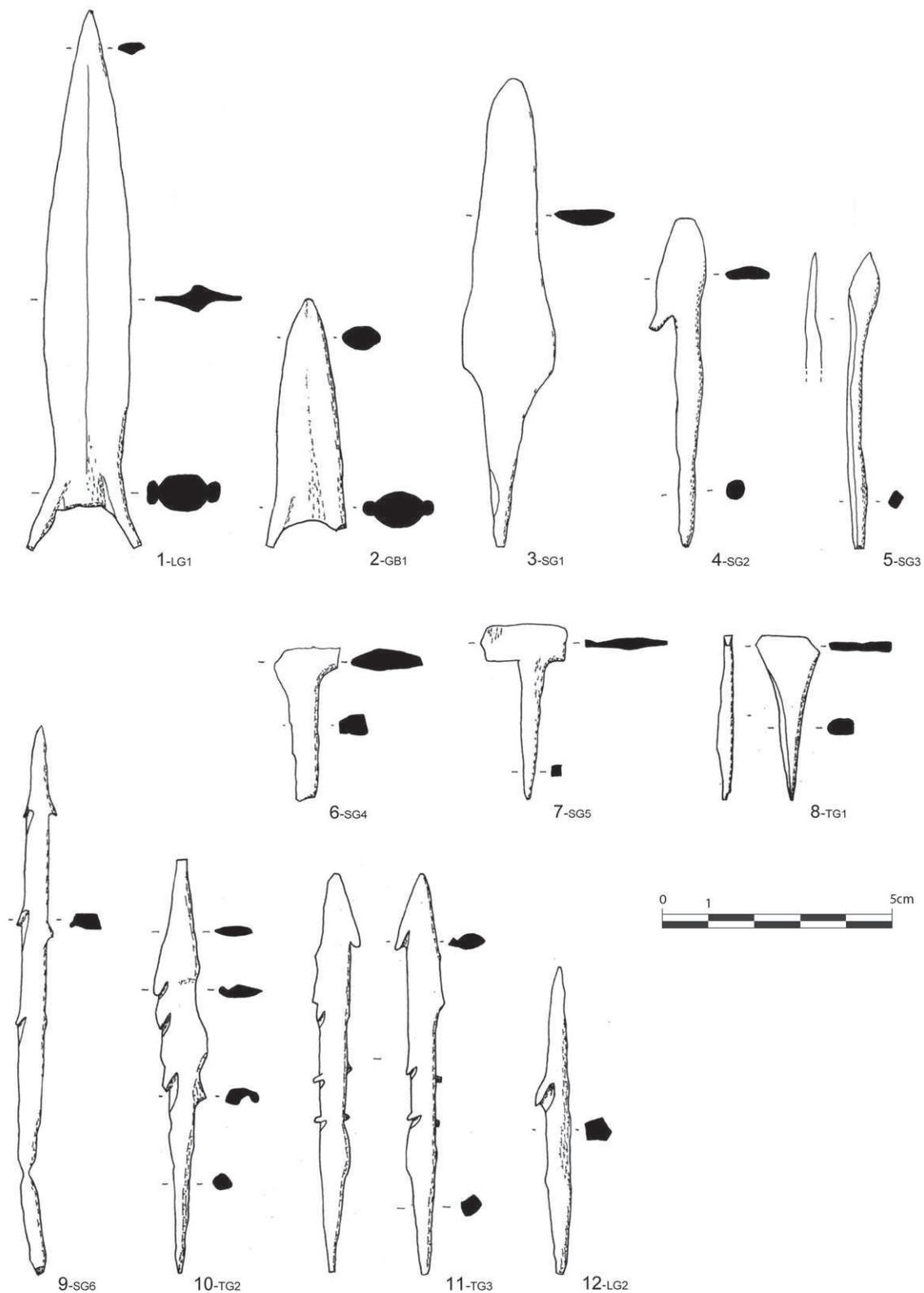


Figure III.12. Mobilier métallique : lances, flèches et harpons (dessin R. Guillon)

et sa coiffe⁴ ouverte (s07-GB). L'autre est également identifiable par la représentation de la coiffe en forme de coupelle, la face interne est décorée de stries incisées et la face externe est ornée de cordons disposés en damier et d'une crête sur la partie supérieure pour figurer la tête (s08-GB). Ces deux représentations sont tronquées à la base de la tête.

4. Le mobilier métallique

4.1 Un corpus réduit, mais représentatif des activités économiques de la région

Bien que la métallurgie du fer soit attestée en Afrique de l'Ouest depuis le premier millénaire avant notre ère, peu de mobilier en fer nous est parvenu. L'oxydation, mais surtout le recyclage du métal par le forgeron contribuent à la disparition des objets. En effet, la production du fer nécessite un investissement humain fort, alors que la forge de métaux récupérés est plus économe.

Pour le Sud-ouest du Niger l'archéologue dispose d'un corpus d'objets métalliques peu nombreux, seuls quelques gisements ont été décrits, comme celui de la région de la Mékrou (Idé, 2009).

Dans les environs de Niamey, les objets métalliques se concentrent sur les zones d'habitats où la céramique est déjà abondante et non sur les sites sidérurgiques dans lesquels seule la scorie est généralement retrouvée. Ces objets, majoritairement en fer, sont globalement en bon état, mais corrodés. Il s'agit d'outils pour l'artisanat ou l'agriculture, d'armes de chasse ou de guerre et de parures ou de bijoux (Figure III.13). Seuls deux objets en bronze ont été collectés.

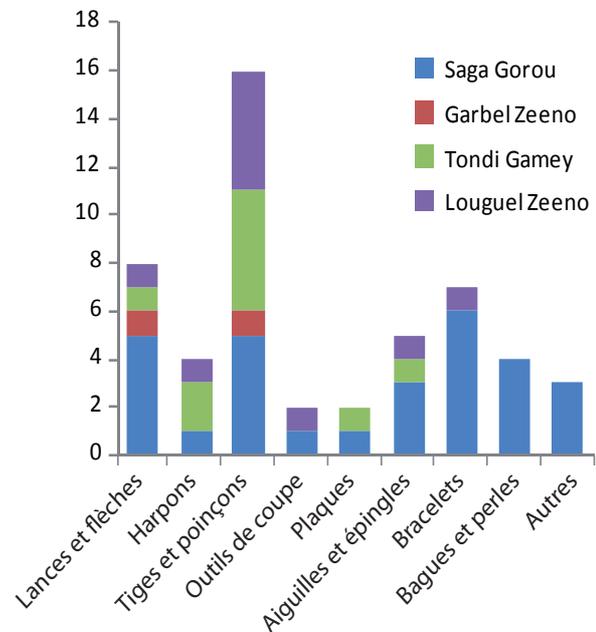


Figure III.13. Échantillons d'objets métalliques récoltés et présentés par site (l'échantillonnage n'est pas représentatif des sites)

4.2 Lances et flèches

La distinction entre les lances et les flèches est assez délicate car seul le moyen de propulsion permet de les différencier, or celui-ci est inconnu. Nous pouvons toutefois

4] Coiffe ou capuchon : extension latérale des côtes cervicales des cobras, elles sont généralement ouvertes pour intimider l'adversaire. <http://www.larousse.fr/encyclopedie/vie-sauvage/cobra/184027>

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

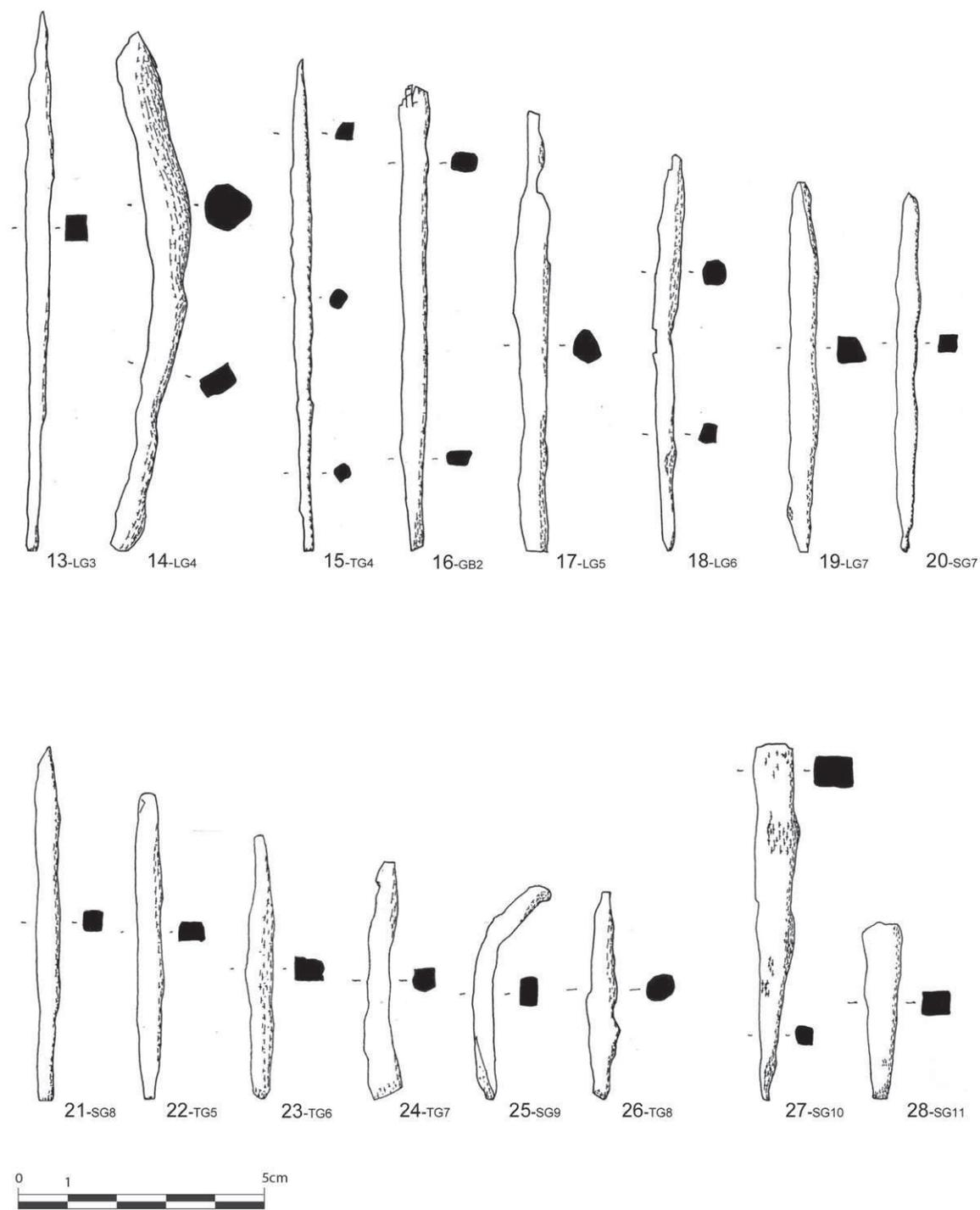


Figure III.14. Mobilier métallique : tiges et poinçons (dessin R. Guillon)

établir une différence selon leur dimension (Figure III.12). Les plus petits objets (inférieurs à 5 cm de long) sont des flèches qui sont probablement lancées à l'aide d'une arme de jet, les plus grands sont considérés comme étant des lances qui sont utilisées avec la force des bras. Les objets n°1 et 2 sont des fers de lance avec de courts ailerons, dont le dispositif d'emmanchement n'a pas été conservé. Le premier mesure 118 mm de long et comporte une nervure centrale bifaciale très soignée, de section asymétrique ; le tranchant est écroui (J.P. Thevenot, comm. pers.). La seconde est de section ovalaire et longue de 53,7 mm. L'objet n°3 est un fer de lance sans aileron, à l'extrémité émoussée. L'une des faces est plane, contrairement à l'autre qui est bombée. Il comporte dans son allongement une soie pour l'emmanchement, la longueur totale est de 102,4 mm. Deux flèches à proprement parler ont été découvertes (4 et 5). La première est très corrodée, la pointe de flèche paraît de forme foliacée et possède un contour de flèche très émoussé, un seul aileron semble avoir été réalisé, la longueur entre la pointe et l'aileron est de 25 mm. La tige qui supporte la pointe de flèche est de section carrée (4,5 mm de côté) pour devenir subcirculaire à l'extrémité qui est appointée, la longueur totale est de 7,3 mm. La flèche n°23 comporte une petite pointe foliacée de 17 mm dans le prolongement d'un manche long de 46 mm et de section carrée (3 mm de côté).

Les objets n° 6, 7 et 8 mesurent respectivement 33,4, 38,3 et 36 mm de long, ils ont tous une extrémité appointée de section carrée et une autre élargie avec un épaulement plus ou moins marqué. L'épaisseur de cette partie est faible, elle est pour chaque objet respectivement de 4,1, 3 et 1,9 mm. Ces objets s'apparentent à des fragments de flèches où seules la soie et la partie inférieure de la lame ont été retrouvées.

4.3 Harpons

Quatre harpons (9 à 12) ont été ramassés, ces armes peuvent aussi bien être utilisées pour la chasse que pour la pêche (Figure III.12). Le premier mesure 120 mm de long, la tige est de section rectangulaire (3,7 x 5 mm) et comporte trois paires de barbelures qui ont été façonnées en réalisant une écaille sur la plus petite surface. Le haut de la tige est appointé, l'autre extrémité se termine en section carrée et est déformée par la corrosion. Le deuxième est très corrodé, il mesure 92 mm, des barbelures sont identifiables, trois sur un côté et une de l'autre. La section est très aplanie, la pointe supérieure est tronquée, la soie est quant à elle entière et de section subcirculaire. Le harpon n°11 est de section rectangulaire (4,8 x 6,1 mm sur la section la mieux conservée) et mesure 88 mm de long, la pointe supérieure est dissymétrique avec un aileron. Seules deux paires de barbelures sont conservées, elles sont réalisées en

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

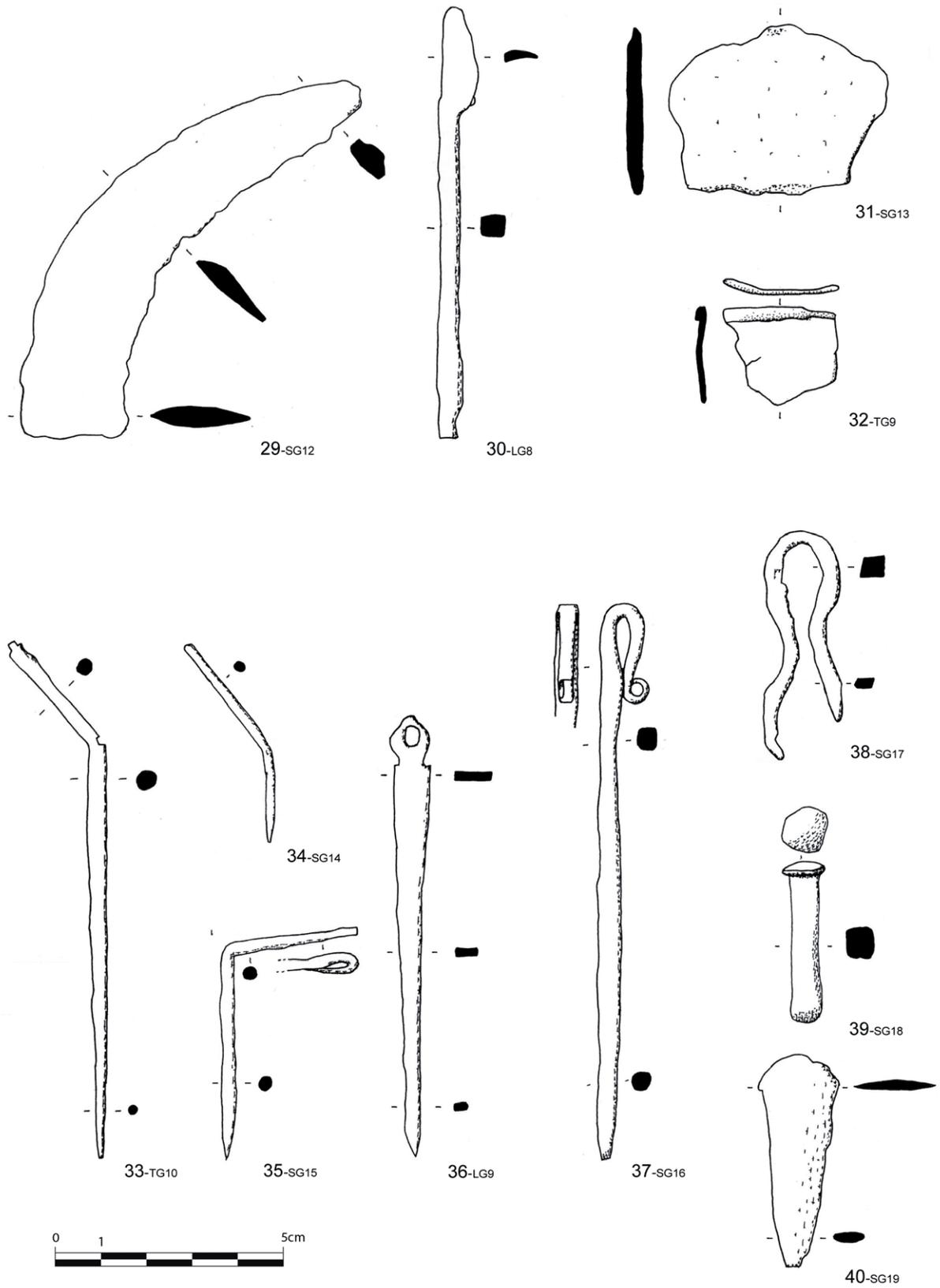


Figure III.15. Mobilier métallique : outils de coupe, plaques, aiguilles et épingles et autres (dessin R. Guillon)

façonnant une légère encoche dans le coin de la tige. La soie est courte et de section circulaire. La pièce n°12 mesure 67 mm de long et ne possède qu'une seule barbelure. La section de la tige est rectangulaire (5 x 6 mm) et comporte certaines zones de corrosion.

4.4 Tiges et poinçons

Les tiges métalliques (13 à 26) sont les objets les plus répandus sur les sites d'occupation parmi les objets en fer (Figure III.14). Elles sont globalement très oxydées, certaines sont appointées à une extrémité (13 et 15), d'autres sont tronquées et/ou très corrodées. La section est pour la plupart de forme carrée, les formes rondes sont dues à l'oxydation du métal (14, 15, 17, 18 et 26). Le diamètre ou la largeur maximale varie de 2 à 15 mm, la longueur des tiges est comprise entre 43 et 111,5 mm, deux seulement sont pliées (14 et 25). Aucune ne comporte de décor, ni de torsade. Leur fonction reste difficile à définir ; certaines d'entre elles peuvent être vues comme des alènes, outils utilisés pour le travail du cuir, d'autres pourraient appartenir à des hampes de pointes de flèches ou à d'autres objets encore.

Les pièces 27 et 28 sont quant à elles appointées à une extrémité et sont de section rectangulaire, elles mesurent respectivement 7,4 x 9 mm et 6 x 7,1 mm pour la section la plus grande et 2 x 2 mm et 3,5 x 4 mm pour la plus petite. Ces objets peuvent être considérés comme des poinçons.

4.5 Outils de coupe

Les seuls objets de coupe sont une faucille (29) et une lame fine (30) avec un long manche (Figure III.15). La faucille a une longueur de lame de 92 mm, son épaisseur varie de 3 à 4,5 mm. La pointe de l'outil est arrondie, l'autre extrémité large de 21,4 mm paraît tronquée de manière franche au niveau de l'emmanchement. La lame du second objet est courte (21,5 mm) et courbée dans le sens de sa largeur avec un bord de lame très fin. Le manche long de 73 mm est de section carré (4 mm de côté) et est très régulier sur toute sa longueur.

4.6 Plaques

Deux plaques métalliques, l'une en fer (31) l'autre en bronze (32) ont été découvertes (Figure III.15). Ces objets sont fragmentaires, le premier ne possède aucun décor, les bords sont très irréguliers et l'épaisseur maximale est de 2,5 mm. Pour le second en bronze, un pli est façonné du côté convexe de l'objet pour former une lèvre de 1,6 mm d'épaisseur et 2,3 mm de hauteur. La forme cintrée de l'objet fait penser à un fragment

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

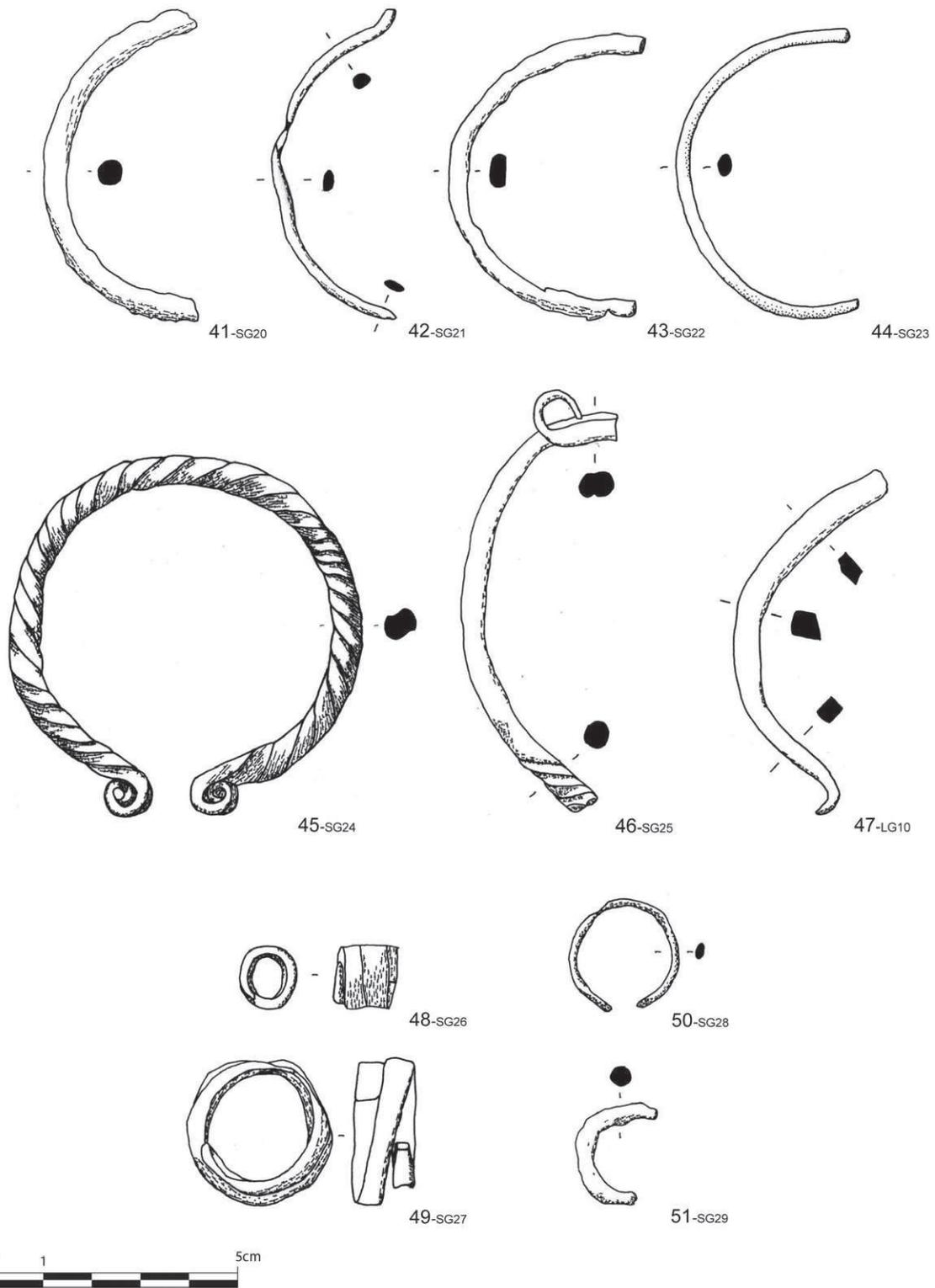


Figure III.16. Mobilier métallique : anneaux : bracelets, bagues, perles et autres (dessin R. Guillon)

de récipient de grand rayon d'ouverture.

4.7 Aiguilles et épingle

Les objets numérotés de 46 à 48 sont des aiguilles, les trois premières sont pliées et de section circulaire (Figure III.15). Le diamètre de l'aiguille 33 varie entre 1 et 3,6 mm, celui de la 34 entre 1 et 2,1 mm et celui de la 35 entre 2 et 3 mm. Leur longueur est respectivement de 125,5, 39,5 et 73 mm. La troisième comporte un chas qui a été façonné en repliant la tige sur elle-même.

L'aiguille 36 est de forme plus particulière, longue de 97 mm, sa section est plane avec une épaisseur constante de 2 mm. La partie la plus large mesure 8,2 mm, le chas de l'aiguille y est percé après un épaulement. La tête est découpée en forme losangique. Cette aiguille peut être utilisée pour le travail du cuir. L'objet n°37 est une longue tige de 123 mm de long et de section subcirculaire (4 mm de diamètre) qui évoque un objet de parure, l'une des extrémités est repliée pour former une épingle dont l'embout se termine par une boucle de belle facture.

4.8 Anneaux

4.8.1 Bracelets

Sept anneaux ont été ramassés (41 à 47) (Figure III.16), cinq d'entre eux sont inévitablement des bracelets (41 à 45). Les trois premiers en fer sont très corrodés, seule la moitié de l'anneau est conservée. Le premier est de section ronde de 6 mm de diamètre sans décor apparent. Le deuxième présente des déformations liées à la corrosion du fer et à la faible épaisseur de l'anneau, 2,8 mm au maximum. La section est de forme ovale. Le troisième est de section plane à l'intérieur de l'anneau et légèrement bombé à l'extérieur, le diamètre intérieur est de 5,1 cm. Un décor constitué de stries régulières perpendiculaires à l'anneau y est décelable, mais la corrosion est telle que le décor n'a pu être dessiné. L'une des extrémités de l'anneau semble être repliée sur elle-même, ce qui suggérerait que l'anneau était ouvert, de plus une incision paraît marquer cet embout. Le n°44 est le second objet en bronze, ce demi-anneau a un diamètre intérieur de 5,5 cm, la section du bracelet est ovale avec une surface interne aplanie. Le bracelet n°45, le seul retrouvé entier, est constitué d'une tige de 5,5 mm de diamètre finement torsadée de manière plus ou moins régulière. L'anneau de diamètre interne de 6,5 cm est ouvert, les deux extrémités sont symétriques et espacées de 8,6 mm. Elles sont de section rectangulaire et forment un enroulement ; au cœur de la spirale l'épaisseur de la tige s'affine progressivement.

La pièce n°46 est classée parmi les anneaux bien qu'il soit possible qu'il s'agisse d'une tige qui ait été tordue. Cet objet de section circulaire forme un arc de courbure irrégulier sur lequel nous distinguons deux types de décors. L'un est une fine torsade de la tige dont l'extrémité montre une cassure nette, l'autre est l'ajout par soudure, parallèle à la tige, d'une barre également de section circulaire dont une extrémité se détache pour former une boucle de 1 cm (diamètre extérieur). Le dernier anneau de grande taille (47) est incomplet, un peu moins de la moitié nous est parvenu. Il est de section rectangulaire (6 x 3,9 mm) bien qu'il présente certaines irrégularités. Quant à la courbure de l'anneau, elle suit la largeur du rectangle. L'anneau n'est brisé qu'à l'extrémité la plus large, l'autre est appointée et pliée pour former un petit crochet. Cet objet pourrait être une anse ou une poignée quelconque.

4.8.2 Bagues, perles et autres

La pièce n°48 est une tige à section rectangulaire de 2 mm d'épaisseur enroulée en spirale de façon jointive pour former un anneau de 14 mm de diamètre extérieur et de 13 mm de largeur (Figure III.16). Chaque extrémité de la tige se termine en biseau en suivant la forme spiralée formant ainsi un petit cylindre de la taille d'une perle. L'anneau n°49 est fortement corrodé, il est également forgé à partir d'une tige spiralée, mais à section carrée et non jointive et dont les dimensions varient en raison de la corrosion entre 2,5 et 5 mm de côté. Le diamètre intérieur de l'anneau est de 20 mm et sa largeur est de 13 mm, cet objet peut être une bague de protection d'un manche ou d'un bâton. L'anneau n°50 est subcirculaire et ouvert, la section est de forme ovale (1,6 x 2,4 mm), le diamètre intérieur est de 19 mm. Le n°51 est un demi-anneau de section subcirculaire, le métal est très altéré, les deux extrémités semblent tronquées, le diamètre intérieur est évalué à 16 mm.

4.9 Divers

L'objet n°38 est une pince de 51,4 mm de long, elle est constituée d'une tige de section rectangulaire (2,5 x 3,5 mm) pliée sur la largeur, la forme en U est cintrée, créant une boucle dans la partie supérieure et deux branches arquées dans la partie inférieure constituent la pince proprement dite. Un maillon de chaîne peut également être évoqué (Figure III.15).

La pièce n°39 mesure 35 mm de long, elle est de section carrée de 7 mm de côté aux angles émoussés. L'une des extrémités comporte une tête plate de surface carrée de 10 mm de côté, l'autre est plate et très émoussée. Cet objet peut être identifié comme un matoir pour travailler le cuir (J.-P. Thevenot, comm. pers.).

La pièce n°40 s'apparente à un rasoir, elle est constituée d'une plaque de fine épaisseur comprise entre 1 et 3 mm et de 47,5 mm de longueur (Figure III.15). La forme est celle d'un triangle isocèle inversé avec une base arrondie marquée par un épaulement qui mesure 18 mm de largeur et qui se situe à 1/6^e de la longueur. Cette partie supérieure constitue une fine lame semi-circulaire. L'autre extrémité semble tronquée, un appendice paraît marquer le début d'une soie d'emmanchement.

5. Conclusion

Le mobilier céramique et métallique est abondant et d'une grande diversité, ce qui témoigne de sites densément occupés où les activités pratiquées sont multiples. Ces zones d'habitat révèlent la présence d'activités artisanales comme la poterie, le tissage, la maroquinerie, la forge, ainsi que la chasse et des pratiques rituelles. Aucun outil agricole n'a été collecté, leur absence peut s'expliquer par leur réparation systématique et leur recyclage comme cela est encore pratiqué aujourd'hui. Ces prospections fournissent un aperçu du mode de vie de la population de la vallée moyenne du Niger, bien que peu d'informations chronologiques ne soient disponibles. En l'absence de stratigraphie, il est difficile de mettre en évidence une chrono-typologie qui permettrait de rendre compte des changements culturels au cours des deux derniers millénaires. Cependant, les habitats comme ceux de Garbel Zeeno et de Lougel Zeeno sont voisins de sites sidérurgiques que nous pouvons considérer comme contemporains. Ces derniers ont fourni des datations⁵, le premier aurait été occupé vers le 5^e siècle et le second vers le 8^e siècle de notre ère. Ces occupations sont contemporaines des grands sites funéraires connus comme Bura et Kareygorou pour les plus proches de notre zone d'étude, la statuaire découverte suggère que ces sites font sans doute partie d'un même ensemble culturel.

L'évaluation de la densité de ces occupations au cours du temps reste difficile, toutefois l'abondance du mobilier témoigne d'une population importante, dont l'impact environnemental reste à évaluer.

5] Le résultat des datations radiocarbone est détaillé dans le chapitre suivant.

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

Neuvième chapitre

Les sites sidérurgiques

1. Introduction

Les indices archéologiques les plus visibles attestant d'une occupation ancienne sont ceux liés à la métallurgie du fer. En effet, dans le paysage sahélien où la couverture végétale est clairsemée, les scories correspondant aux déchets de réduction du fer sont aisément perceptibles de par leur abondance et leur teinte sombre. Cependant, dans la région de Niamey, elles ne forment jamais d'amas de grand volume.

La métallurgie du fer aurait été pratiquée au nord de notre zone d'étude vers 500 cal BC (Vernet, 1996), mais très peu de données sont disponibles dans la région de Niamey et aucune chronologie n'est établie. Après une prospection sur les bassins versants de Saga Gorou, nous avons pu mettre en évidence la présence d'un très grand nombre de blocs de scories et de cuves de bas fourneaux. Ces concentrations sont le plus souvent localisées en dehors de tout contexte d'occupation, mais sont parfois associées à des zones d'habitat, comme à Garbel et à Louguel. La céramique et les outils en fer sont généralement rares sur ces zones de réduction du fer.

Après les résultats des prospections, nous présenterons le corpus archéologique où la morphologie des scories et des structures en terre cuite seront décrites. À partir de ces données, les bas fourneaux mis au jour par une vingtaine de sondages archéologiques seront décrits et une typologie sera définie. Le résultat des datations radiocarbone sera présenté ainsi que le mode de fonctionnement de ces bas fourneaux. Les concentrations de bas fourneaux seront étudiées par des analyses spatiales afin d'en comprendre la disposition et l'organisation.

2. Recensement des bas fourneaux

2.1 Méthode : prospections pédestres à l'échelle régionale

L'objectif initial était d'effectuer une prospection s'étendant du fleuve Niger au Dallol Bosso sur une bande d'une minute géographique de large. Cependant, afin de s'adapter à la géomorphologie du terrain et au temps nécessaire pour établir une telle cartographie, nous avons privilégié quatre secteurs (Figure I.26) :

- le bassin versant des lacs de Saga Gorou,

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

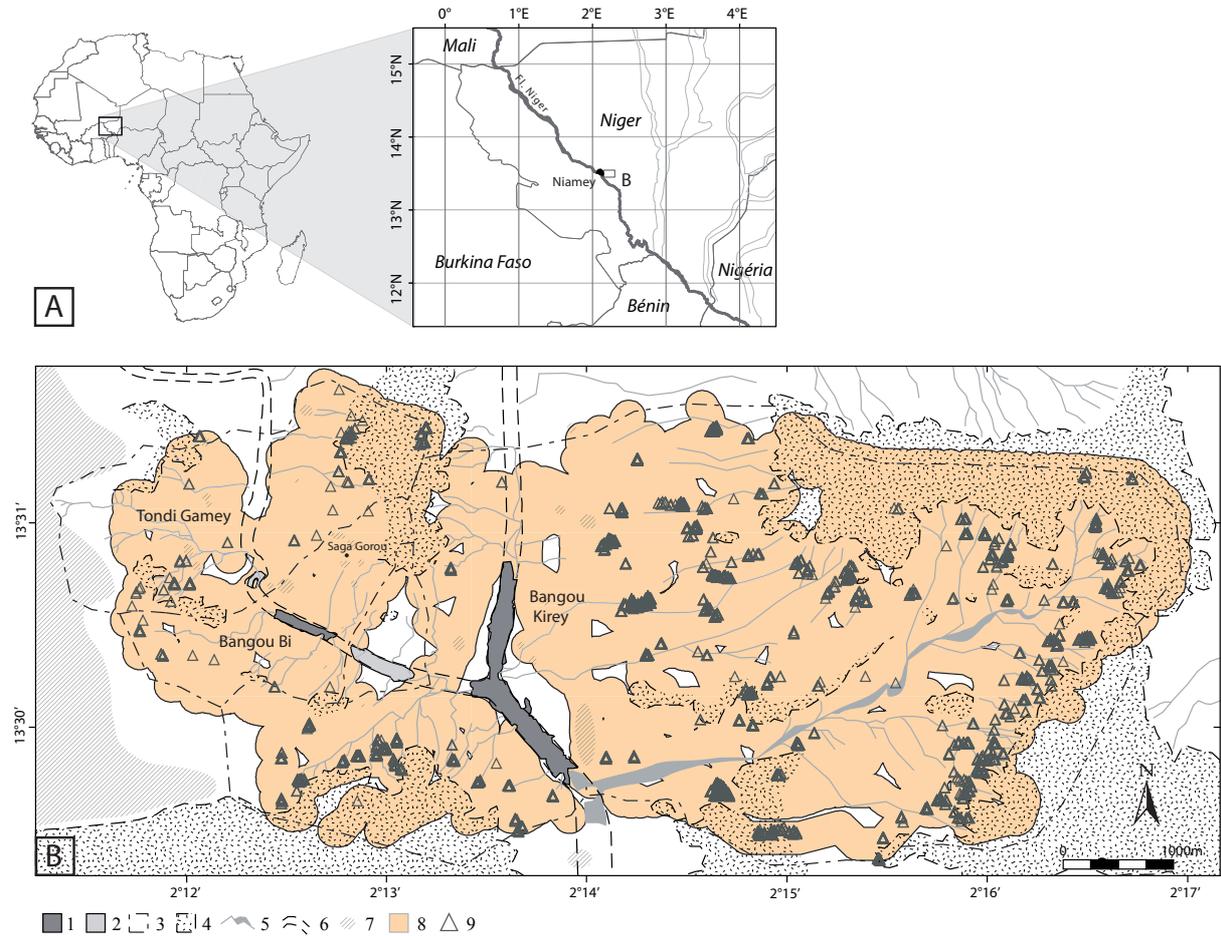


Figure III.17. Carte de répartition des bas fourneaux et des zones prospectées dans les environs de Saga Gorou

A. Afrique et le Sud-ouest du Niger

B. Zone d'étude

1 : Lac permanent ; 2 : Lac temporaire ; 3 : Limites des bassins versants ; 4 : Plateaux et haut et moyen glacis ; 5 : Ravines ; 6 : Réseau fluvial ancien ; 7 : Habitats actuels ; 8 : Surface prospectée ; 9 : Bas fourneaux

- les environs de Banizoumbou,
- la vallée de Louguel,
- les falaises du Dallol Bosso à Gobéri au sud de Birni N’Gaouré.

Le recensement des bas fourneaux a été réalisé par des prospections pédestres. Elles ont été menées dans chacun des sites étudiés dans une zone géographique généralement bien délimitée. Les fours sont identifiés soit par la présence de scories de grande taille ou fragmentées, soit par l’identification de cuves en terre cuite associées à quelques fragments de scorie. Le plus souvent, la prospection a été conduite par deux personnes marchant de front et espacées de 50 à 100 mètres l’une de l’autre.

Chaque prospection exhaustive a été limitée à une surface d’une minute géographique carrée (1 min = 1,83 km de coté) dans laquelle une série de transects parallèles a été réalisée afin de couvrir l’ensemble de la surface. Les coordonnées géographiques de chaque bas fourneau ont été relevées à l’aide d’un GPS⁶. Un point a été pris au-dessus de chaque bas fourneau identifié. La description de chaque structure n’a pu être réalisée étant donné le nombre élevé de bas fourneaux recensés, leur état de conservation souvent très médiocre et le manque total d’information sur la typologie au début des prospections.

L’ensemble des coordonnées géographiques a été collecté dans une base de données qui a été traitée par un Système d’Information Géographique (SIG). Seul le secteur des bassins versants des lacs a été étudié par une analyse statistique et spatiale. La précision des coordonnées géographiques des relevés est estimée entre 3 et 5 m.

Quatorze cellules ont été prospectées pour couvrir les bassins versant des lacs de Saga Gorou. En évaluant que deux personnes peuvent prospecter une largeur de de 150 m, nous pouvons estimer que 88% des surfaces terrestres ont été couvertes (Figure III.17). Les 12% restant sont pour la plupart des zones de maraîchage et de vergers pour lesquels la population nous a affirmé qu’il n’existait pas de structure de réduction. Une partie de ces secteurs a toutefois été prospectée pour vérification.

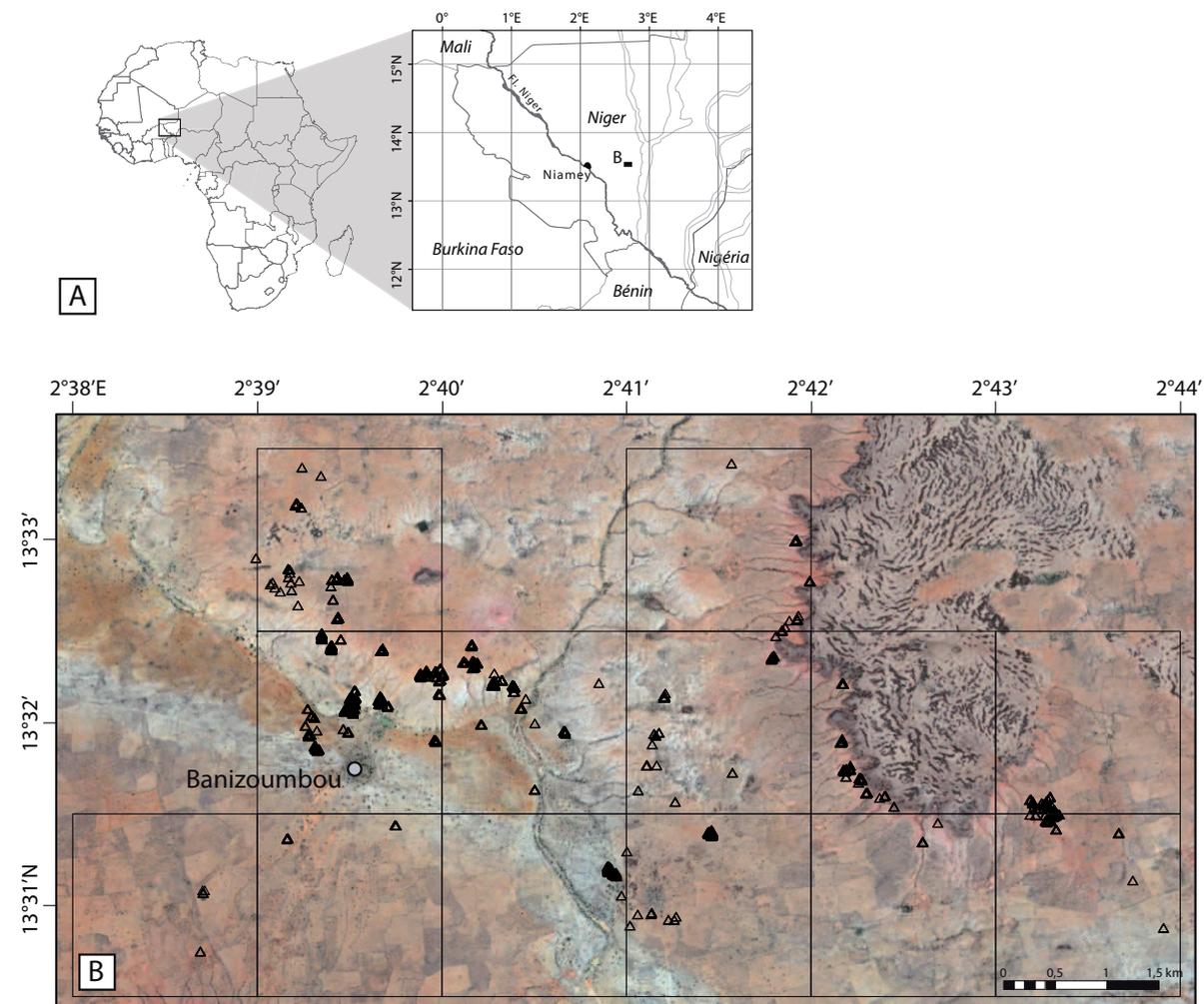
Sur le site de Banizoumbou, la méthode est similaire, elle a été réalisée dans douze cellules (Figure III.18).

Les deux autres sites, Louguel et Gobéri ont été prospectés de manière moins systématique. Du fait du très grand nombre de bas fourneaux par rapport au temps

6] GPS de type Garmin 76S

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère



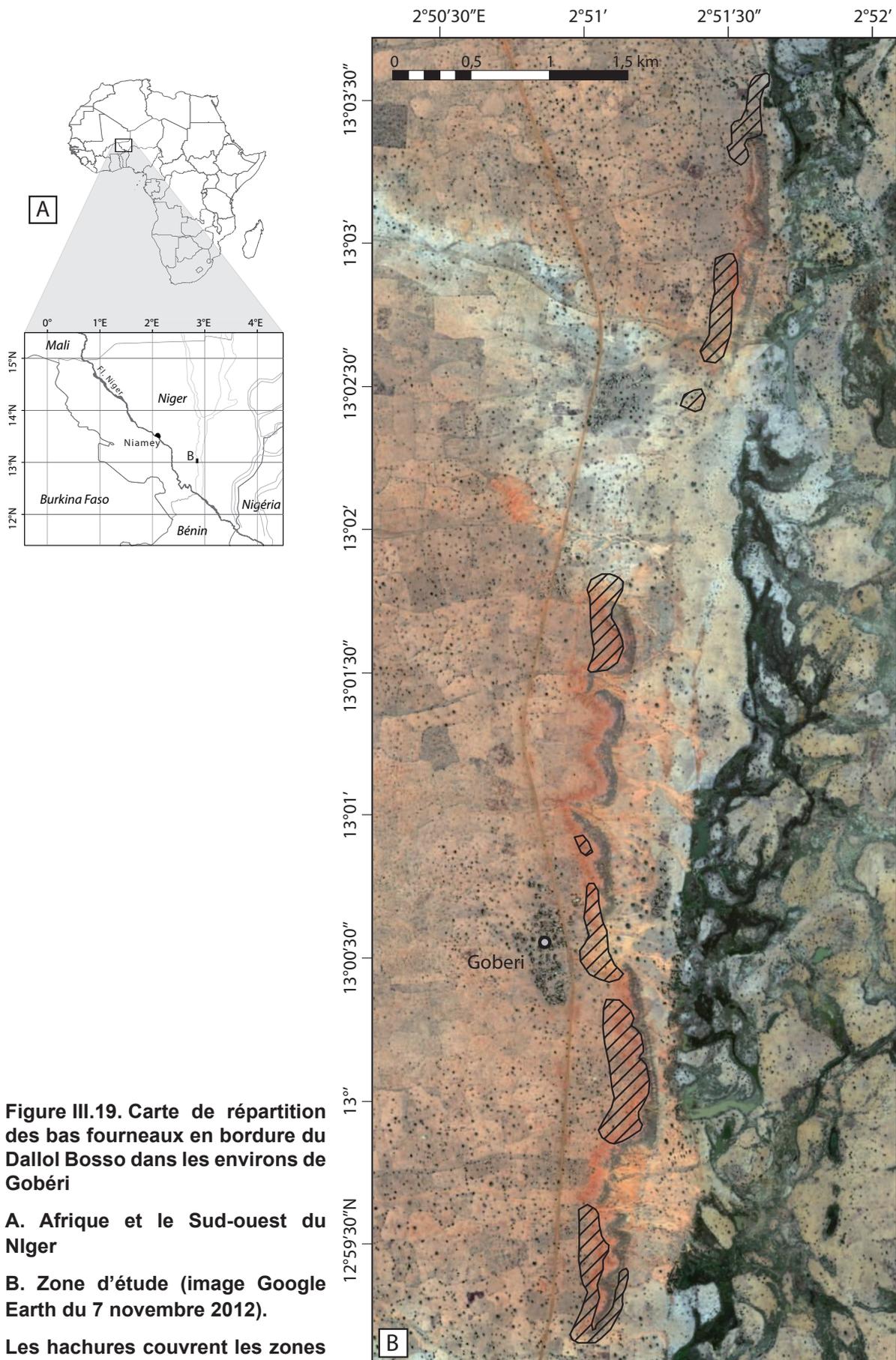


Figure III.19. Carte de répartition des bas fourneaux en bordure du Dallol Bosso dans les environs de Gobéri

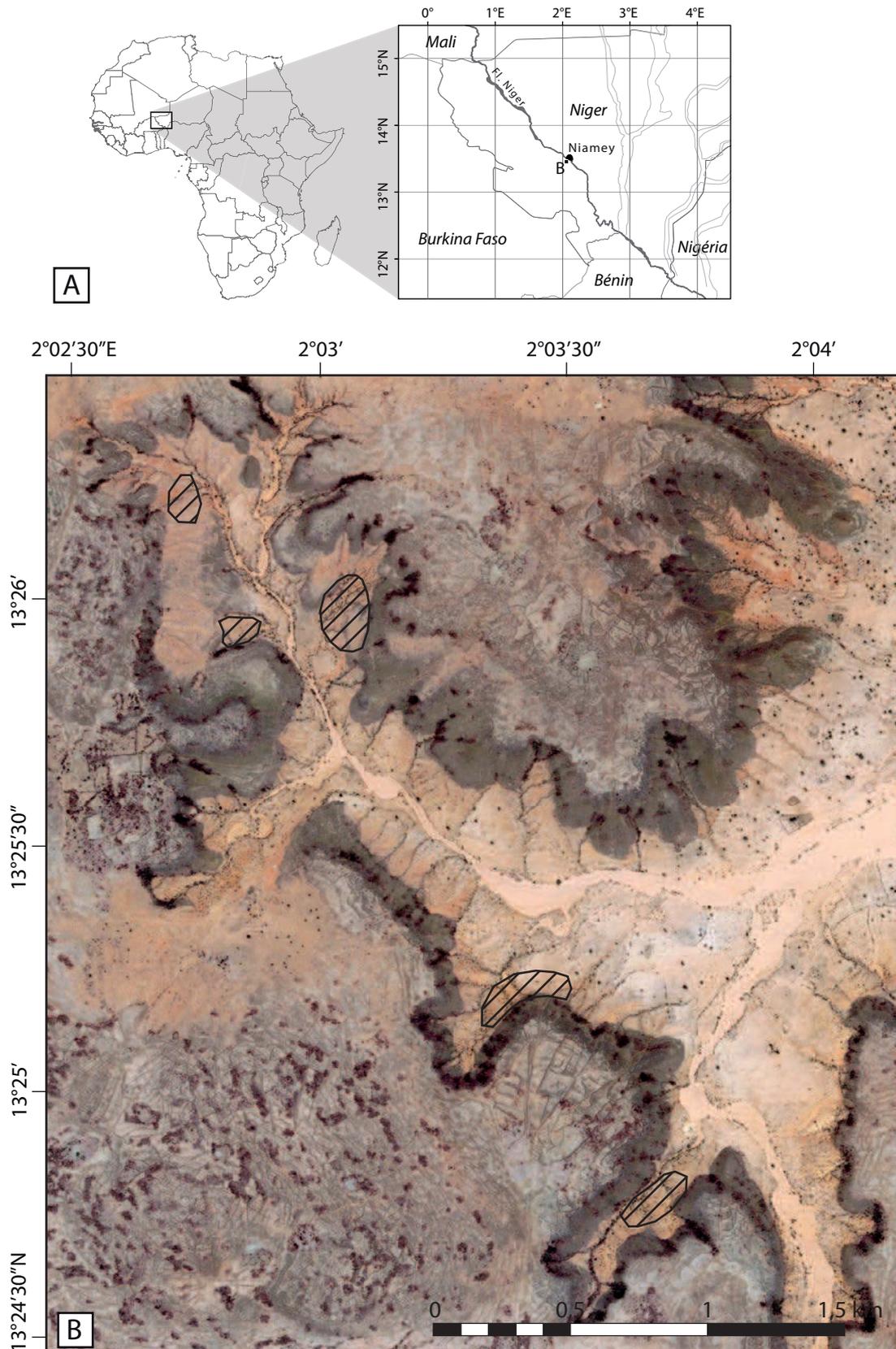
A. Afrique et le Sud-ouest du Niger

B. Zone d'étude (image Google Earth du 7 novembre 2012).

Les hachures couvrent les zones de fortes concentrations.

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère



imparti, seules les zones de fortes concentrations ont été circonscrites et chaque bas fourneau a été compté ; ces concentrations se répartissent respectivement pour chaque site sur trois et quatre cellules (Figure III.19 et III.20).

Bien que non prospecté, un dernier site a été étudié dans la vallée du Goroubi à 65 km au sud de Niamey où seulement deux bas fourneaux ont été fouillés afin de les comparer avec ceux situés dans les autres secteurs.

2.2 Résultats : une multitude de bas fourneaux

Sur l'ensemble des zones prospectées, 10 175 bas fourneaux ont été comptés et référencés géographiquement. Ils se répartissent de la façon suivante au sein des quatre zones prospectées :

- 4 938 pour les trois bassins versant de Saga Gorou dont 4 504 dans les limites de leur bassin versant (Figure III.17),
- 1 612 autour du village de Banizoumbou (Figure III.18),
- 1 017 dans la vallée de Louguel (Figure III.19),
- 2 608 le long de la bordure ouest du plateau du Dallol Bosso près de Gobéri (Figure III.20).

En observant la distribution de ces bas fourneaux par cellule prospectée (~3,35 km²) sous forme de diagramme en boîte à moustache simplifiée⁷ (Figure III.21), nous constatons une grande disparité intra-sites et inter-sites dans la répartition des bas fourneaux. Le diagramme montre également que les bas fourneaux sont nettement plus regroupés près du fleuve Niger et de ses affluents asséchés que dans la région des plateaux comme à Banizoumbou où la distribution paraît plus diffuse.

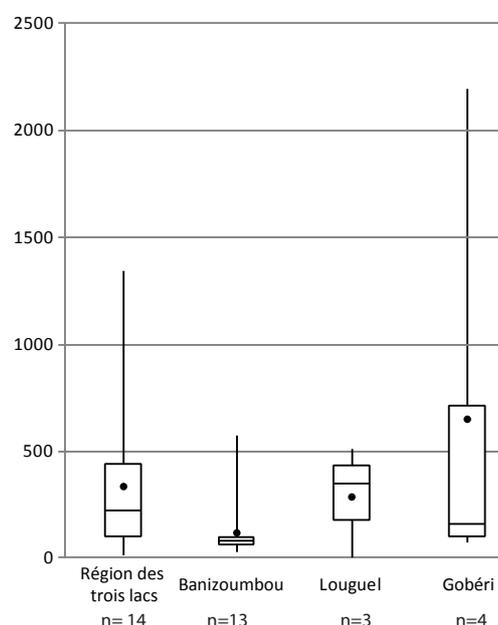


Figure III.21. Diagramme en boîte à moustache montrant la distribution du nombre de bas fourneaux par unité de prospection (~3,35 km²)

7] Boîte délimitée par le 1^{er} et le 3^e quartile et subdivisée par la médiane, le point indique la moyenne et les extrémités des axes atteignent les valeurs minimale et maximale.



Figure III.22. Vestiges de bas fourneaux

A : Amas circulaires constitués de fragments de scorie et de terre cuite

B : Blocs massifs de scorie

Ainsi, ces prospections révèlent l'abondance régionale de l'activité métallurgique. Les indices de cette métallurgie du fer sont nombreux et se présentent sous des formes variées. Cette diversité nous a amenés à étudier le fonctionnement de ces bas fourneaux en réalisant une analyse typologique des scories avant de définir celle des bas fourneaux. Le grand nombre de bas fourneau nous a conduit par la suite à étudier leur répartition et leur organisation spatiale au sein des bassins versants de Saga Gorou.

3. Le corpus archéologique

3.1 Du minerai, des déchets de réduction et de la terre cuite

Les bas fourneaux sont aisément repérables à la surface du sol par la présence de blocs ou de fragments sombres correspondant aux résidus de la réduction du minerai de fer et/ou par la présence d'éléments indurés argilo-sableux d'une teinte brun-orangé provenant du démantèlement de la superstructure. Les bas fourneaux sont identifiables soit par des amoncellements de fragments de scories sous lesquels affleurent les contours d'une cuve argilo-sableuse qui couvre une surface d'environ un mètre de diamètre, soit par des blocs de scorie isolés (Figure III.22). À proximité de certains bas fourneaux sont retrouvés des petits blocs concassés d'oolithes ferrugineuses qui semblent avoir été utilisés comme minerai.

Après une description et un classement des différentes scories, nous nous appuyons sur les résultats des sondages archéologiques pour décrire et comprendre l'architecture des bas fourneaux et de proposer une typologie.

L'enjeu est d'évaluer l'impact de ces activités sur l'environnement sahélien ; pour cela, il est nécessaire de comprendre à partir des restes observés sur le terrain le fonctionnement des bas fourneaux et de les situer chronologiquement pour connaître l'intensité de ces activités.

3.2 Méthodes : description macroscopique, section polie et observation au MEB

Au cours des prospections et des sondages, plusieurs scories ont été échantillonnées. Une description macroscopique (taille, morphologie, couleur, aspect) a permis d'alimenter une base de données à partir de laquelle une classification a pu être établie. Ces scories ont été sciées afin d'en observer le profil et de confectionner des plots pour une observation au Microscope Electronique à Balayage (MEB). Noyé dans une résine époxy, chaque plot a été poli sur une succession de papiers d'alumine puis sur un tapis de feutre avec une suspension de diamants. L'observation microscopique a été

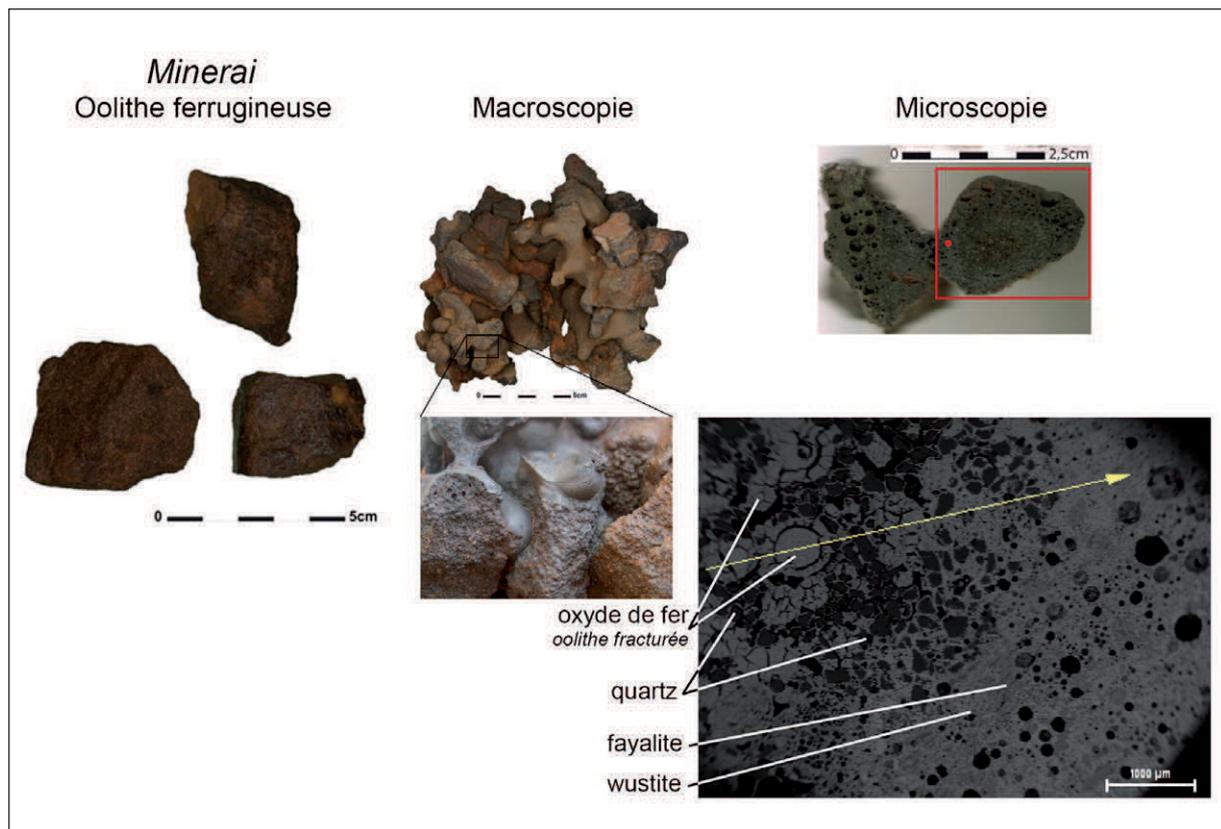


Figure III.23. Les oolites ferrugineuses exploitées comme minerai de fer
(gauche) blocs d'oolithes concassés découverts au pied de bas fourneaux
(centre) blocs partiellement fondus + détail sur les zones fondues
(droite) cadre : zone polie ; point : secteur vue au MEB

réalisée à l'aide d'un microscope électronique à balayage Zeiss à pression contrôlée avec détecteur X qui permet de réaliser une analyse élémentaire semi-globale. La présence de chaque minéral a pu être confirmée, mais en l'absence de calibration, aucune donnée quantitative n'a été exploitée.

3.3 Le minerai

Le minerai utilisé pour l'obtention de fer a été clairement identifié comme étant des oolithes ferrugineuses. Concassé en blocs de quelques centimètres, ce minerai a été retrouvé amoncelé à proximité de bas fourneaux et même partiellement fondu dans des cuves où la réduction a probablement échoué (Figure III.23). Ce minerai est donc extrait des bancs d'oolithes présents dans la formation du Continental terminal, directement accessible sur les talus de plateaux situés à proximité.

Les observations microscopiques ont été menées sur du minerai partiellement fondu. Elles révèlent des oxydes de fer sous forme d'oolithes dont la plupart a été éclatée par la chaleur. De nombreux grains de quartz sont associés à ces oolithes. Dans les zones fondues, des cristaux de fayalite sont clairement identifiables, des dendrites d'oxyde de fer (wüstite ?) sont également abondantes (Figure III.23).

3.4 Les scories

3.4.1 Généralités

Les scories sont définies selon Leroy (2001) comme *le résidu de la solidification d'une fusion au moins partielle de silicates et d'oxydes, non spécifique à la métallurgie du fer*. Les scories découvertes au Sud-ouest du Niger sont clairement des déchets produits au cours de la réduction de minerai pour la production du fer. Dans le bas fourneau, le minerai est porté à une température supérieure à 1 000°C (Andrieux, 2012), la scorie se sépare alors de l'éponge de fer sous la forme d'un fluide visqueux qui a la capacité de s'écouler. En refroidissant, la scorie se fige et prend la forme de l'espace qu'elle occupe. À l'ouverture du bas fourneau en fin de réduction, les scories sont éliminées afin de récupérer l'éponge de fer puis laissées sur place ; les plus fines se brisent et s'éparpillent, les plus massives peuvent être préservées intactes et en place.

Les scories issues de la réduction directe d'un minerai de fer sont constituées principalement des éléments fer (Fe), silicium (Si) et aluminium (Al) sous forme d'oxydes. La scorie est le résultat d'un cycle de chauffage-séparation-refroidissement (Serneels, 1993) où chaque étape peut avoir une influence sur sa composition. La proportion de chaque élément est donc dépendante de la nature du minerai et

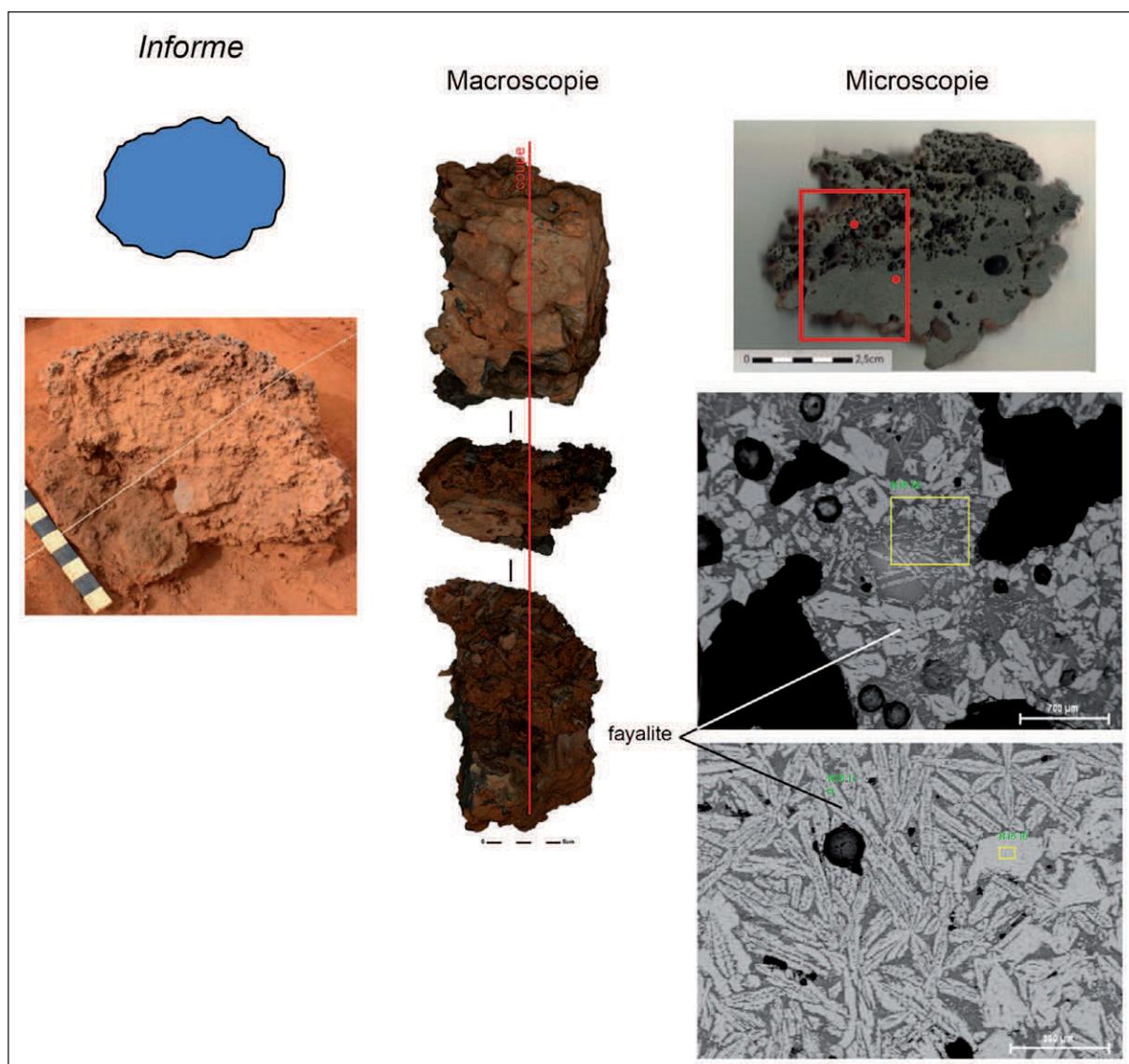


Figure III.24. Les scories informes

(g.) Formes simplifiées et photographie d'une scorie informe

(c.) Vue d'un échantillon et position de la section

(d.) Cadre : zone polie ; point : secteur vu au MEB

des conditions de réduction. Les éléments traces (magnésium (Mg), calcium (Ca), potassium (K), phosphore (P)) correspondent soit à des impuretés présentes dans le minerai soit à des éléments ajoutés, comme un fondant, volontairement pour améliorer le rendement.

3.4.2 Morphologie et analyse métallographique

3.4.2.1 Scorie interne et scorie écoulée

Les scories, globalement très bien conservées, ont des textures variées qu'une étude morphologique permet de classer en deux catégories : les scories internes et les scories écoulées.

Les scories internes présentent généralement des surfaces très irrégulières et rugueuses, les arêtes peuvent être vives et d'aspect déchiqueté, la porosité est élevée, elle provient de l'expulsion de bulles de gaz, d'empreintes de charbons de bois ou de paille de mil. Elles sont généralement piégées dans la cuve de réduction.

Les scories écoulées sont composées d'une multitude de coulures en forme de cordons dont la surface est lisse ou ridée. La face inférieure est généralement plus irrégulière, elle correspond à l'empreinte de la surface sur laquelle elle s'écoule. Ces scories sont compactes et leur contour est généralement net si elles sont encore en place et non démantelées. Elles résultent d'un dispositif permettant leur évacuation en dehors de la cuve.

Si ces différentes scories sont conservées en place, elles peuvent nous révéler la forme du contenant, ce qui permettrait d'en déduire l'architecture du bas fourneau qui n'est généralement pas conservé. Afin d'établir un classement entre ces scories neuf sous-catégories ont été définies en fonction de leur morphologie (forme et volume), leur aspect macroscopique et leur minéralogie.

3.4.2.2 Les scories internes

- Les scories informes

Elles ont des formes très irrégulières, les surfaces sont très rugueuses et les contours sont indéfinis même si certaines présentent des effets de paroi (Figure III.24). Ces scories sont le plus souvent très poreuses, de nombreuses vacuoles témoignent soit d'anciennes bulles de dégazage, soit d'empreintes de matières périssables (charbons de bois, végétaux). La scorie est principalement constituée de fayalites, les cristaux ont des formes variées, plutôt équigranulaires et allongées dans la partie inférieure,

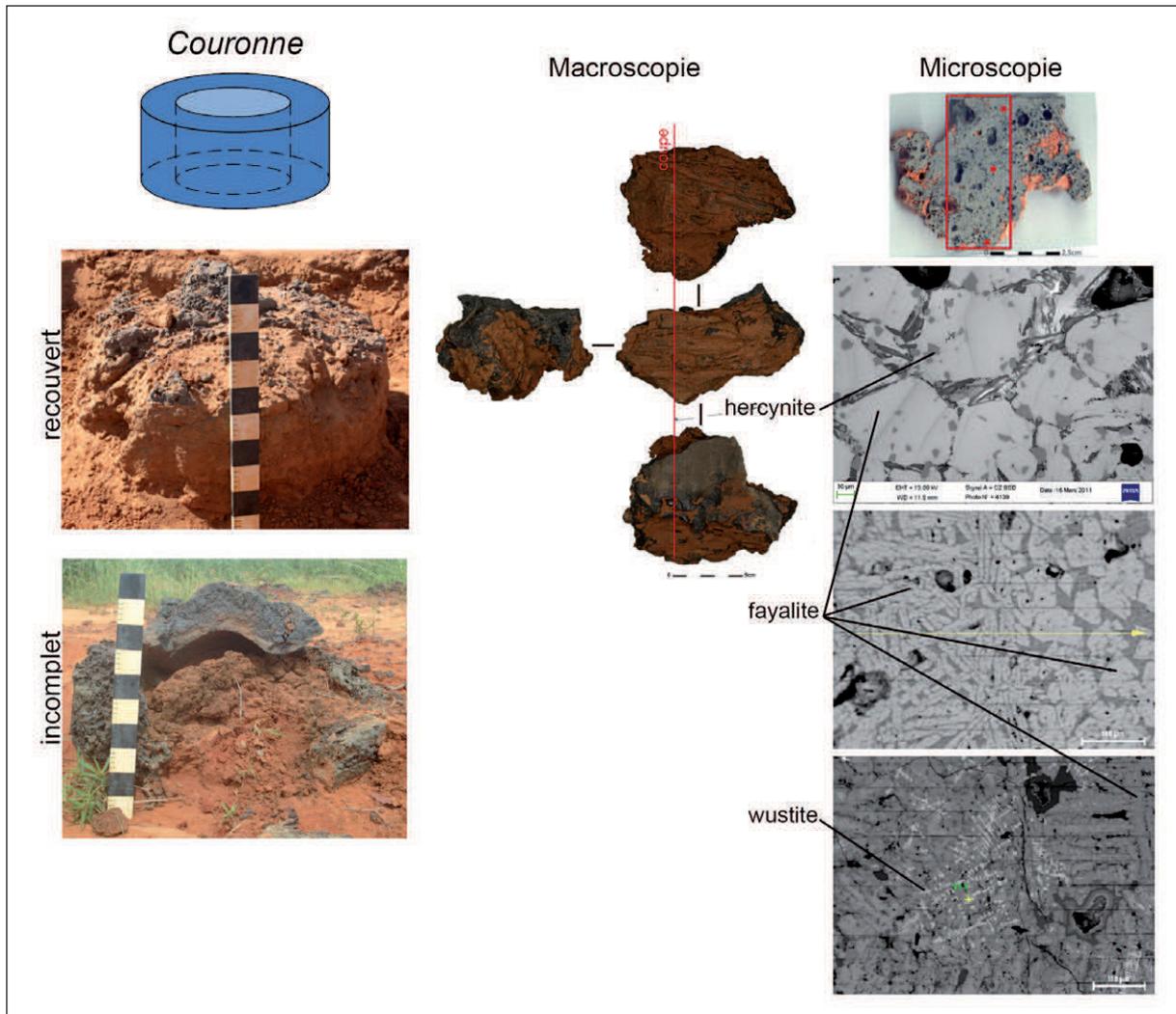


Figure III.25. Les scories en anneau

(g.) Formes simplifiées et photographies de scories en anneau

(c.) Vue d'un échantillon et position de la section

(d.) Cadre : zone polie ; point : secteur vu au MEB

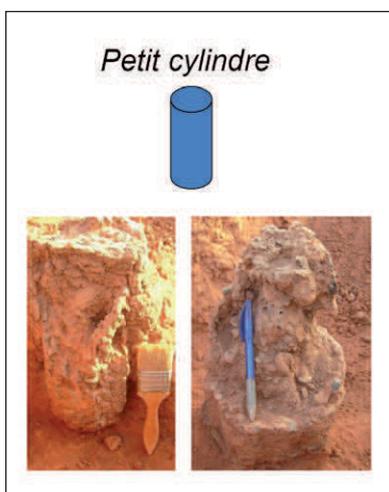


Figure III.26. Les scories en petit cylindre

Formes simplifiées et photographies de scories en petit cylindre

ce qui témoigne d'un refroidissement plutôt lent, alors qu'ils sont de forme tabulaire (refroidissement rapide) dans la partie supérieure où la porosité est la plus forte.

- Les couronnes

Ces scories forment des anneaux de près d'un mètre de diamètre extérieur. Leur hauteur peut atteindre 50 cm et leur épaisseur varie entre 15 et 20 cm (Figure III.25). Le centre est occupé par un plot sableux qui peut être recouvert par la scorie formant ainsi une « cloche ». La scorie est généralement poreuse et contient également de nombreuses empreintes d'éléments périssables (paille, charbons de bois). L'étude métallographique révèle la présence de wüstite et de fayalite, le changement de cristaux, évoluant d'une forme allongée à celle d'équi-granulaire, témoigne d'une variation brusque de température lors du refroidissement. La hercynite, un minéral présent dans les scories alumineuses, est également identifiée.

- Les petits cylindres

Des scories de petite taille sont découvertes en forme de cylindre en position verticale (Figure III.26). Le diamètre est inférieur à 20 cm et la longueur varie de 20 à 35 cm, la forme est généralement incomplète, l'extrémité inférieure est le plus souvent arrondie. La scorie est parfois compacte, mais sa surface reste irrégulière. Aucune donnée métallographique n'est disponible par absence d'échantillonnage.

- Les plaques cintrées

Les plaques cintrées (Figure III.27) sont généralement peu épaisses (entre 1 et 5 cm), la surface convexe est rugueuse et témoigne d'un contact avec une surface en creux, contrairement à la face concave qui est très irrégulière avec des traces d'arrachement. La scorie est toujours compacte, les bords des plaques sont abruptes ce qui témoigne de cassures nettes. Sur certaines faces convexes, des protubérances cylindriques sont observées, dont l'extrémité est toujours brisée et dont le diamètre n'excède jamais 5 cm. Ces scories sont toujours très riches en quartz, les grains partiellement fondus n'excèdent pas 1 mm de diamètre. Ils sont noyés dans une matrice vitreuse riche en cristaux de fayalite.

3.4.2.3 Les scories écoulées

- Les coulures verticales

La forme de ces scories est semblable aux coulures d'une bougie ; il s'agit de multiples coulures souvent accolées les unes aux autres en position verticale ou d'une coulée unique (Figure III.28). L'extrémité supérieure peut présenter plusieurs amorces de

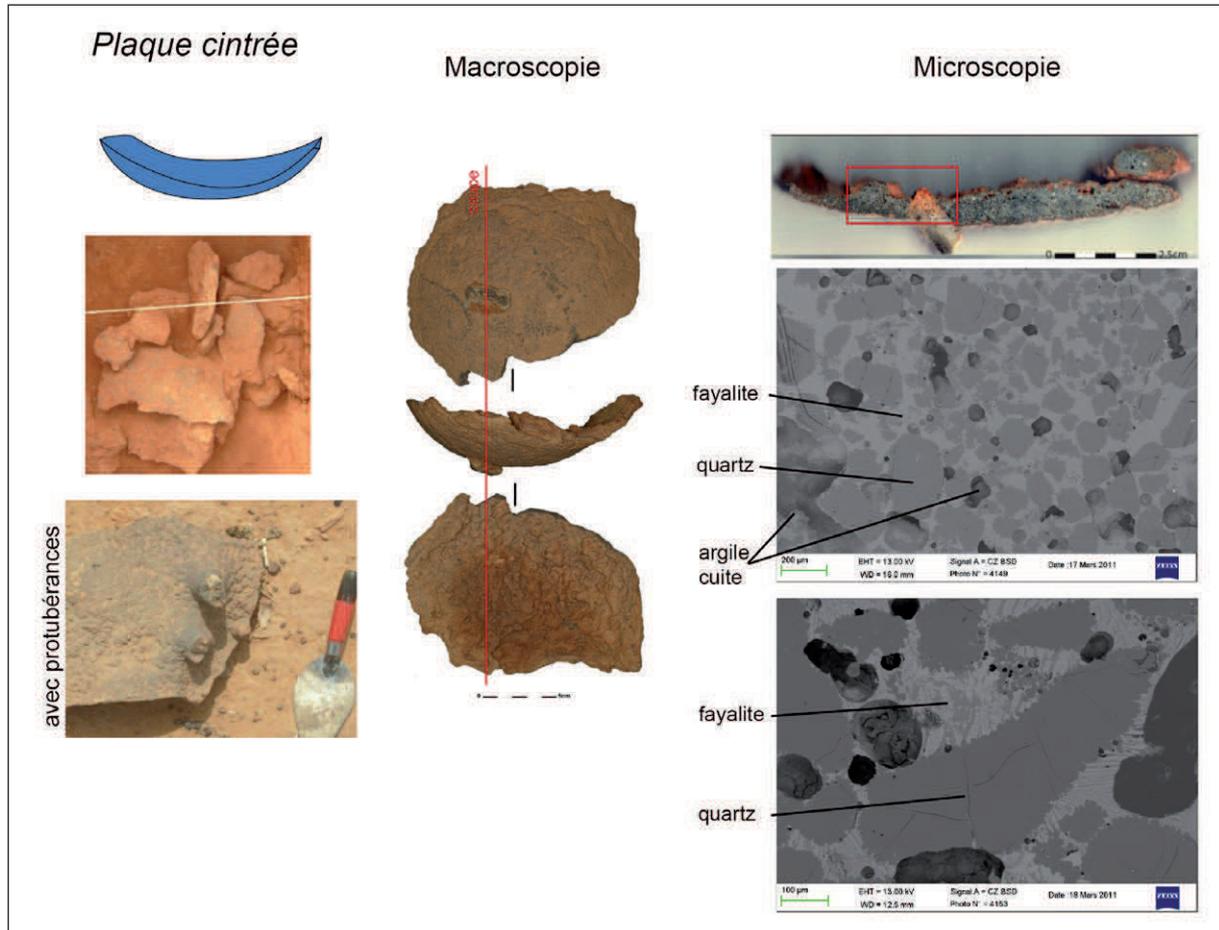


Figure III.27. Les scories en plaque cintrée

(g.) Formes simplifiées et photographies de scories en plaque cintrée

(c.) Vue d'un échantillon et position de la section

(d.) Cadre : zone polie ; point : secteur vu au MEB

coulures dont le diamètre est compris entre 2 et 5 cm. À l'extrémité inférieure, soit la coulure est entière et se termine comme une goutte figée avant sa chute, soit elle est sectionnée. Ces coulures peuvent directement être associées aux protubérances observables sur la face concave des plaques cintrées. L'observation microscopique révèle dans la partie supérieure des zones très riches en grains de quartz qui se juxtaposent à une matrice dans laquelle se sont développés des cristaux de fayalite et de wüstite. À l'extrémité de la coulure, des gouttes sont clairement identifiées, elles sont constituées principalement de fayalite (Figure III.28).

- Les coulées

Les scories d'un aspect figé sous forme de coulée (Figure III.29) sont uniquement conservées sur les zones non érodées. Étant donné sa fragilité, la coulée est rapidement démantelée si elle n'est pas recouverte par le sable. La forme est variée, elle dépend de la configuration de la surface sur laquelle la scorie s'écoule. La coulée peut être libre et atteindre plus d'un mètre de long, elle est alors peu épaisse, mais elle peut également être contrainte par des bordures, ce qui occasionne généralement une coulée plus épaisse. D'autres scories ont la forme d'une courte coulée qui se termine par un bloc. La scorie est essentiellement constituée de fayalite dont les cristaux sont souvent de forme tabulaire, ce qui confirme un refroidissement rapide lors de l'écoulement de la scorie à l'air libre en dehors de la cuve.

- Les blocs massifs à pointe

La forme de scorie la plus courante est un bloc massif, le plus souvent surmonté d'une proéminence (Figure III.30). La forme la plus simple et commune à tous ces blocs est celle d'un cylindre en position verticale, les dimensions atteignent 40 à 50 cm de haut et près de 50 cm de diamètre, ce qui équivaut à un volume d'environ 0,1 m³. La forme peut être très irrégulière, elle dépend du réceptacle dans lequel les scories se sont figées. Celles-ci montrent généralement des niveaux stratifiés qui correspondent à une succession de coulures en forme de cordons accolés les uns aux autres. Les coulures se répandent à partir d'un « point source » qui forme généralement en fin de réduction une proéminence sur la partie sommitale. Les bords du cylindre ont une surface rugueuse qui témoigne d'un contact avec le substrat sableux. L'observation microscopique de l'un des cordons révèle la présence dominante de la fayalite, la forme allongée des cristaux est la plus répandue, elle souligne un refroidissement relativement lent et homogène.

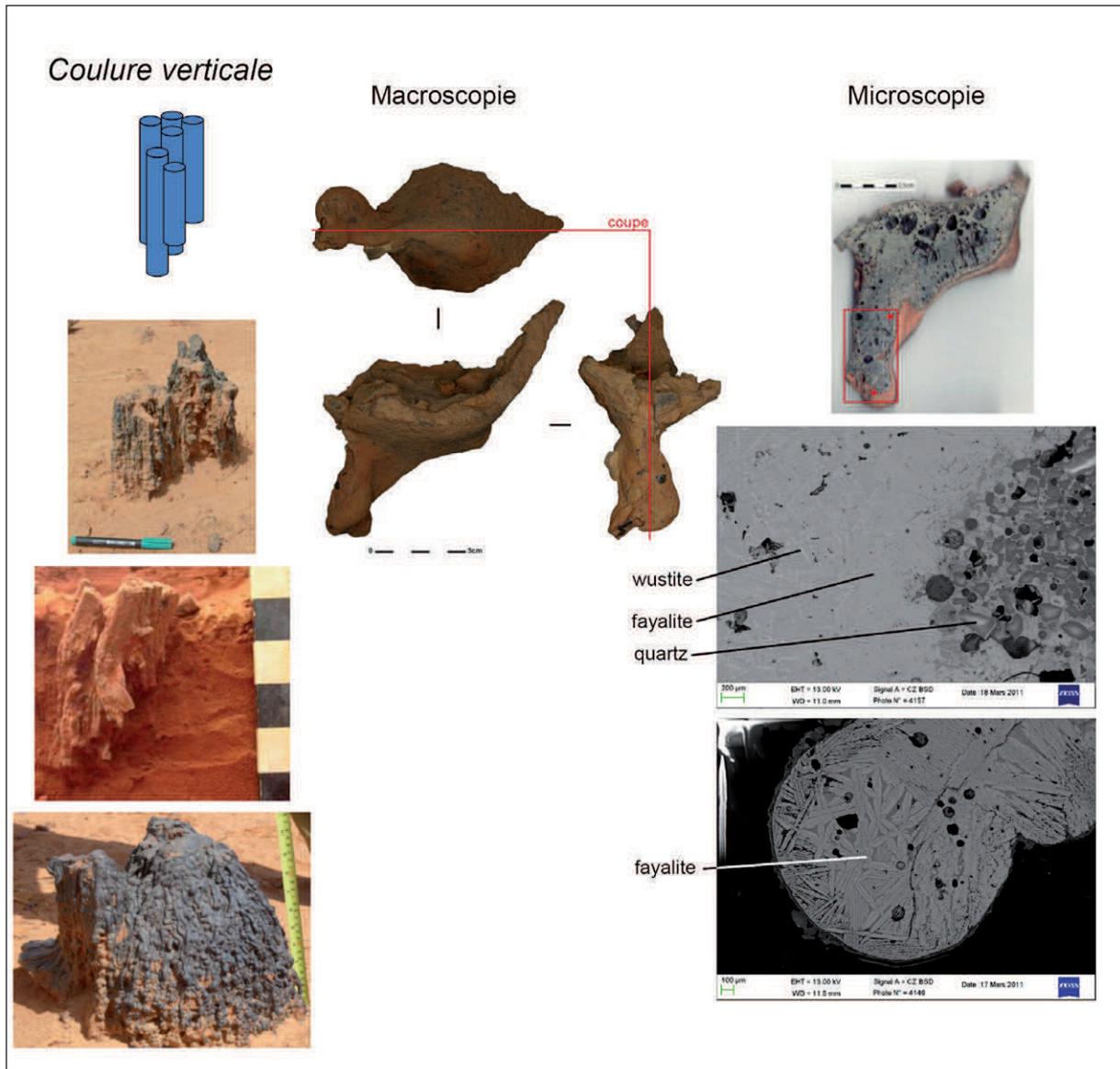


Figure III.28. Les scories en forme de coulure verticale

(g.) Formes simplifiées et photographies de scories en forme de coulure verticale

(c.) Vue d'un échantillon et position de la section

(d.) Cadre : zone polie ; point : secteur vu au MEB

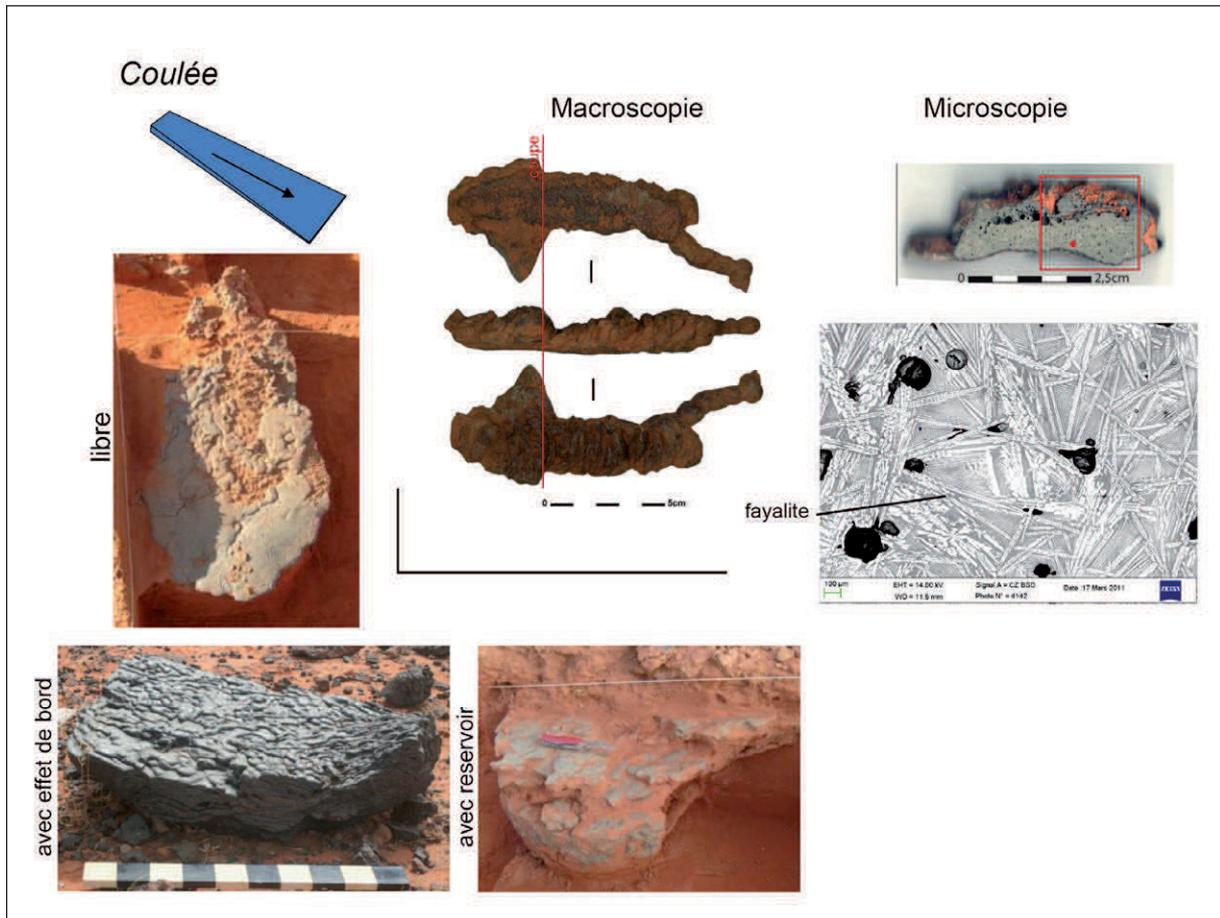


Figure III.29. Les scories en forme de coulée

(g.) Formes simplifiées et photographies de scories en forme de coulée

(c.) Vue d'un échantillon et position de la section

(d.) Cadre : zone polie ; point : secteur vu au MEB

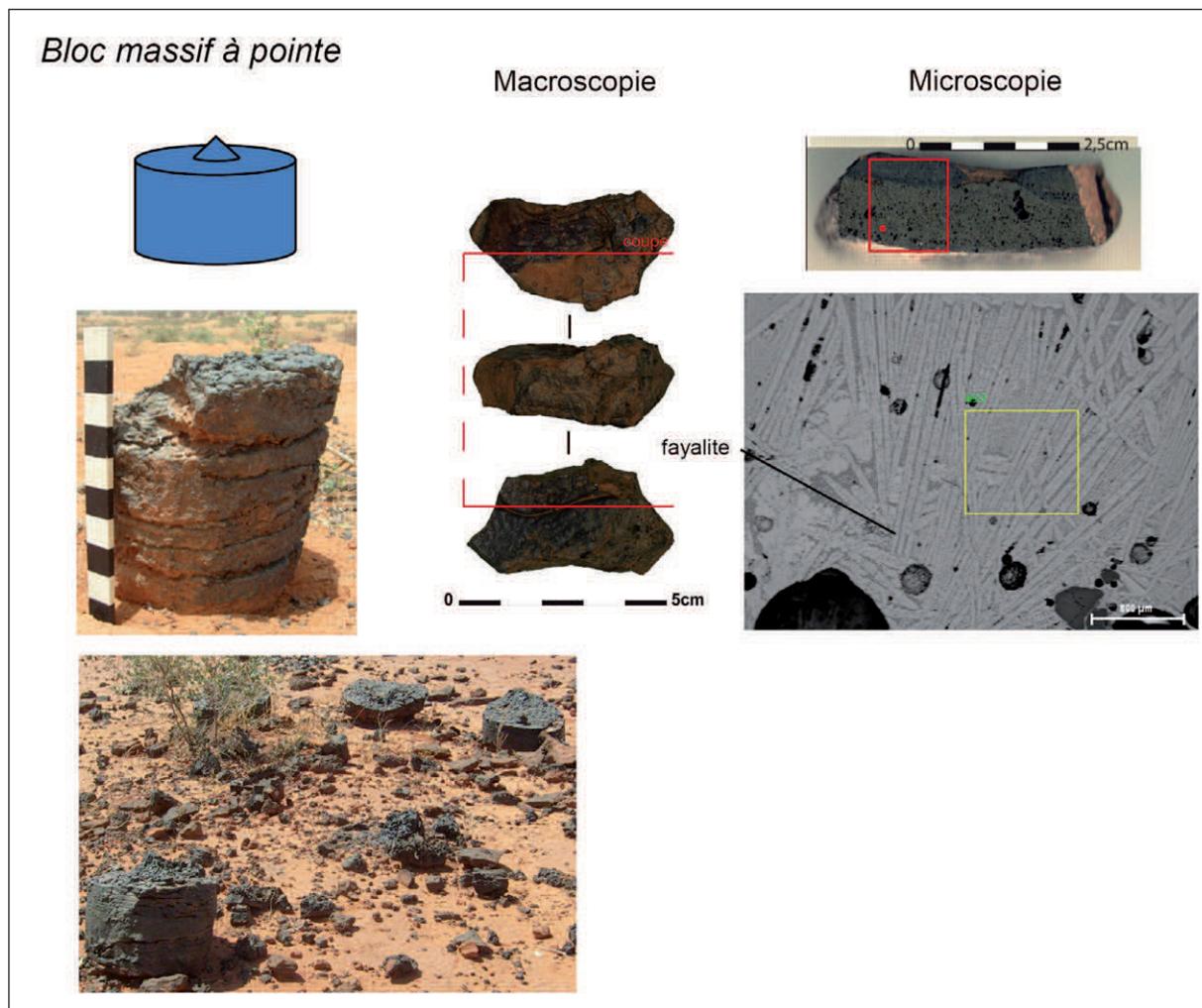


Figure III.30. Les scories en bloc massif à pointe

(g.) Formes simplifiées et photographies de scories en bloc massif à pointe

(c.) Vue d'un échantillon et position de la section

(d.) Cadre : zone polie ; point : secteur vu au MEB

- Les petits blocs massifs

Certains blocs de scories (Figure III.31) ont un volume jusqu'à dix fois inférieur à ceux décrits précédemment, il n'excède pas 0,02 m³. La forme du bloc est très variable, ce qui est probablement lié à une faible production de scories, ce qui laisse plus de liberté pour le choix du réceptacle ou du contenant. Le point source généralement placé sur la partie centrale du bloc peut également être latéral. Plusieurs observations au MEB ont été réalisées, toutes révèlent la présence de la fayalite, de dendrites de wüstite, quelques billes ou amas de fer ont également été identifiés.

- Forme hybride

Une forme hybride combinant le bloc massif à pointe et la coulée (Figure III.32) a été observée, elle est constituée à partir de deux sens d'écoulement qui prennent une direction opposée : l'une forme un bloc plus ou moins épais et d'un diamètre compris entre 40 et 50 cm et l'autre forme une coulée le plus souvent assez courte et peu épaisse. Ces coulures sont issues d'une même source située entre le bloc et la coulée. Aucune observation microscopique n'a été réalisée.

3.5 Les structures

3.5.1 Généralités

Les structures architecturales des bas fourneaux sont composées d'éléments en terre cuite qui sont généralement très fragmentés et donc difficiles à identifier. Elles se composent d'une cuve, de tuyères et d'une cheminée.

3.5.2 Les cuves

Toutes les cuves observées sont creusées dans un sol sableux, l'excavation est soit utilisée telle quelle, soit enduite d'une argile sableuse très indurée, sans dégraissant végétale et d'épaisseur très variable, entre 2 et 10 cm, selon les bas fourneaux. Les teintes sont généralement orangées en raison de la rubéfaction du matériau. La cuve forme la base du bas fourneau qui est généralement visible sur les ruines lorsque le sol n'est pas érodé. Surmontée d'une cheminée, elle contient le combustible et le minerai nécessaire à la production du fer.

3.5.3 Les tuyères

La ventilation des bas fourneaux est assurée par des tuyères positionnées à la base de la cheminée. Il s'agit de conduits de section circulaire construits en argile crue avec un dégraissant végétal. Elles sont le plus souvent très fragmentées et rarement

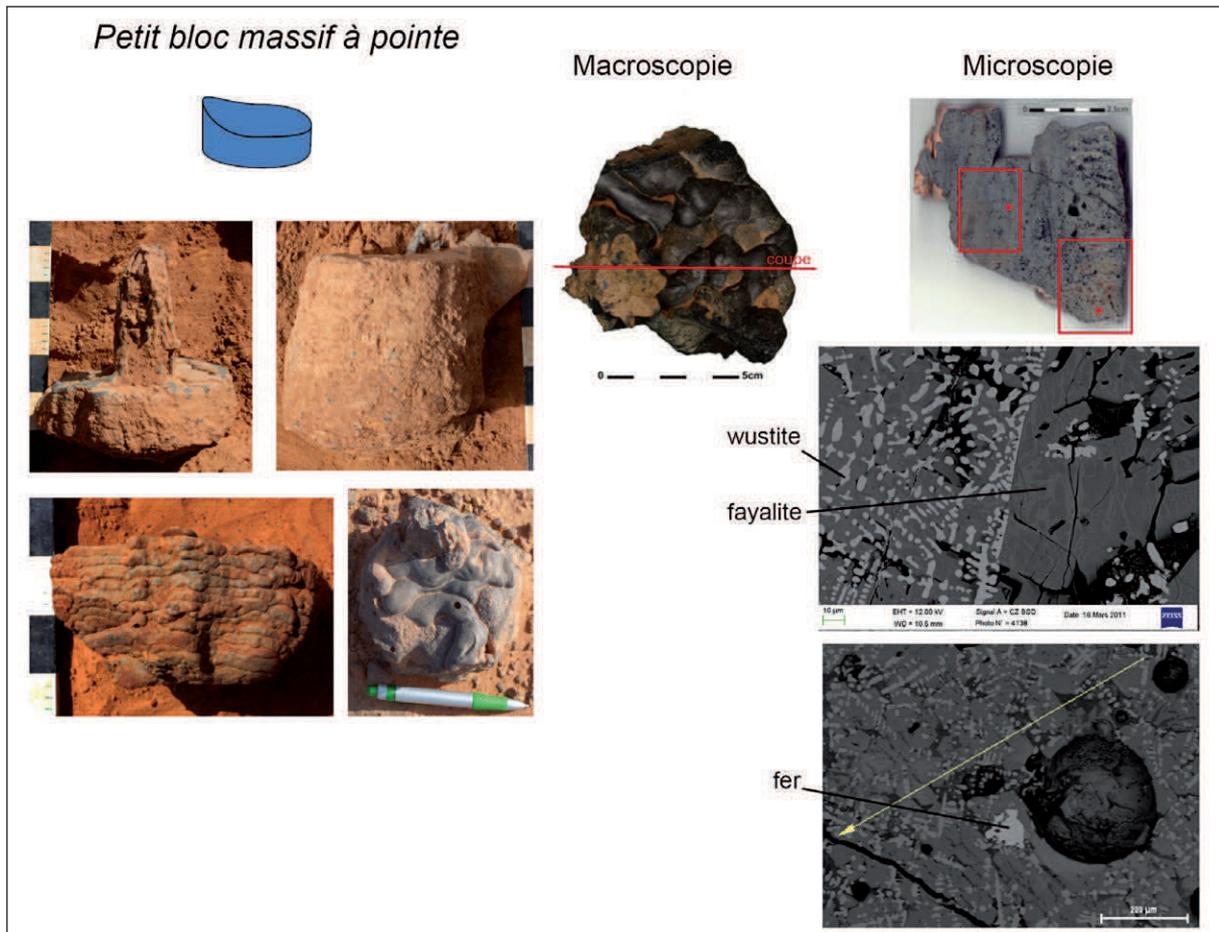


Figure III.31. Les scories en petit bloc massif à pointe

(g.) Formes simplifiées et photographies de scories en petit bloc massif à pointe

(c.) Vue d'un échantillon et position de la section

(d.) Cadre : zone polie ; point : secteur vu au MEB

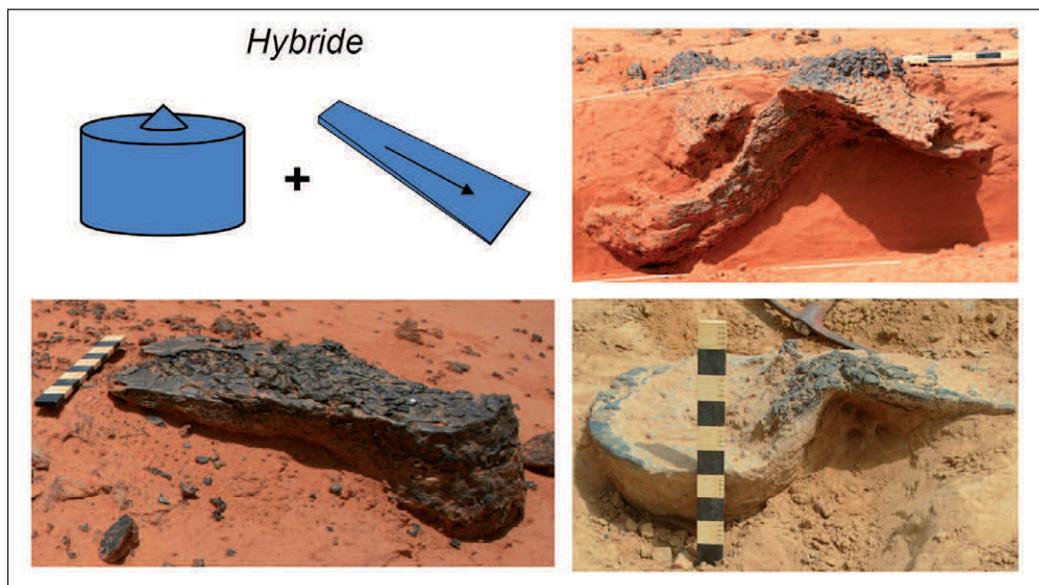


Figure III.32. Les scories en petit bloc massif à pointe

Formes simplifiées et photographies de scories en petit bloc massif à pointe

conservées en place. Les plus longues mesurent une cinquantaine de centimètres, le diamètre interne est compris entre 5 et 8 cm et l'épaisseur du conduit est d'environ 2 cm. La position et le nombre de tuyères par bas fourneaux sont difficiles à établir car elles sont systématiquement détruites lors de la récupération de l'éponge de fer.

3.5.4 La cheminée

Aucune cheminée n'est préservée, seuls des fragments de paroi ont pu être découverts. Ils sont constitués d'une argile sableuse orangée très indurée avec parfois la présence d'un dégraissant végétal. Certains fragments sont brunis voire noircis par les flammes. La hauteur et le diamètre de la cheminée nous sont inconnus, aucun indice archéologique n'a permis de les mesurer.

3.6 Quels types de bas fourneaux ?

La forte dispersion des blocs et des fragments de scorie, l'absence d'amoncèlement, et l'abondance des structures en terre cuite mélangées aux scories témoignent de vestiges de bas fourneaux à usage unique. Cette pratique de construire un bas fourneau pour une unique opération de réduction est bien connue dans la région, elle a été identifiée sur des vestiges archéologiques au sud de la Mauritanie dans la vallée du Sénégal (Robert-Chaleix & Sognane, 1983 ; Robert-Chaleix, 1994) et au nord-est du Burkina Faso dans la vallée du Béli (Fabre, 2009). D'un point de vue ethnographique, cette pratique a également été étudiée auprès de forgerons en activité au début du 20^e siècle, dans la région de l'Ader au sud de Tahoua au Niger (Échard, 1968, 1983, 1986) et à Banizoumbou (comm. pers. J.L. Rajot).

Parmi l'ensemble des bas fourneaux recensés, seuls trois situés sur les plateaux de Louguel ont montré une configuration différente révélant probablement un usage multiple.

L'identification de plusieurs types de bas fourneaux au Sud-ouest du Niger a été possible par la réalisation de sondages archéologiques sur des structures en place et peu dégradées.

4. Les bas fourneaux : sondages archéologiques, étude typologique et datations

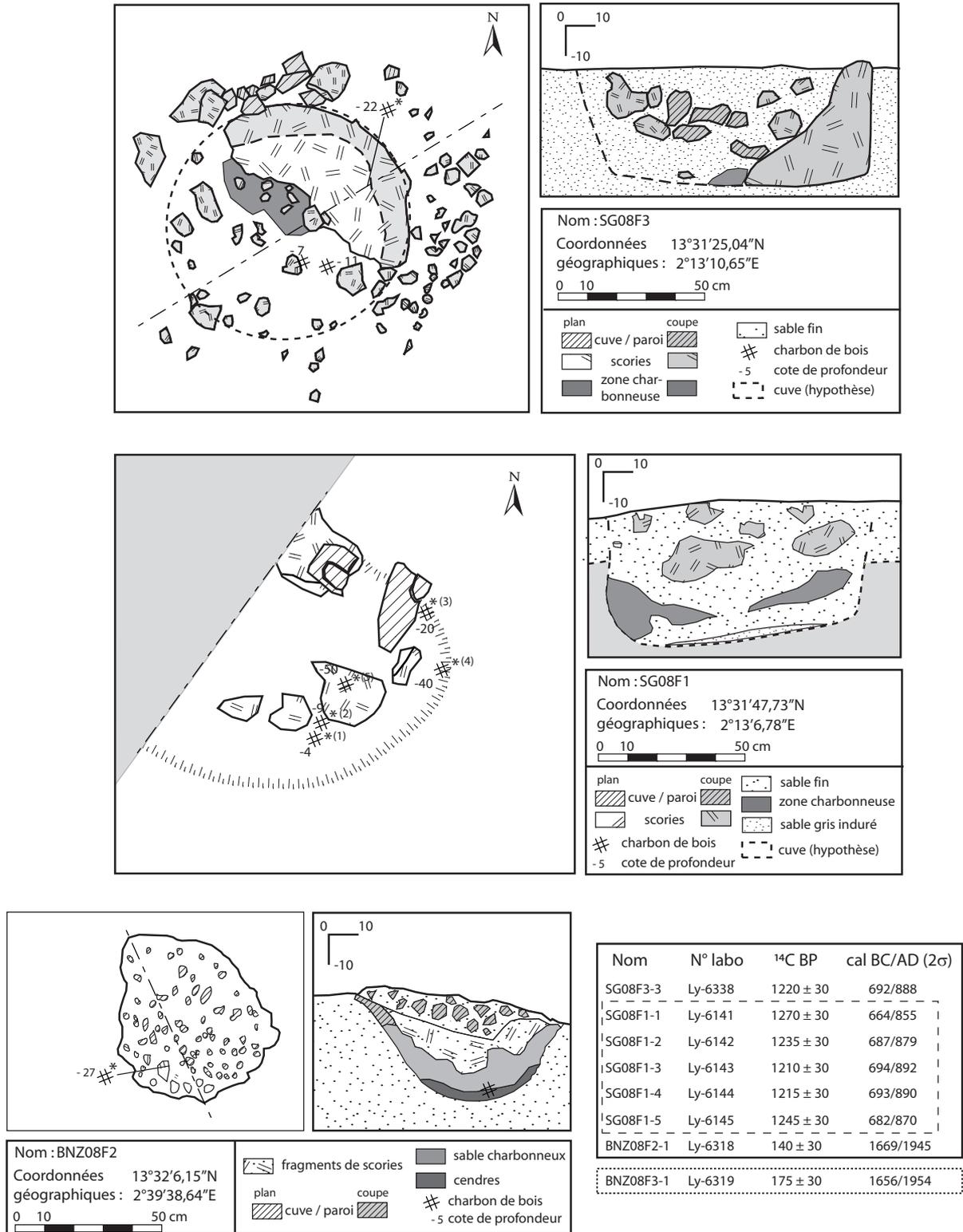
4.1 Description des bas fourneaux

4.1.1 Un premier critère typologique

À partir du corpus archéologique défini ci-dessus, chaque bas fourneau fouillé a pu être classé selon la scorie produite qui est soit interne, soit écoulée. La présence de

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère



l'une ou l'autre est dépendante du mode opératoire utilisé pour séparer l'éponge de fer de la scorie (cf chap2 §3.2.2). Lorsque la température de fusion est atteinte dans le bas fourneau, l'éponge de fer se dissocie de la scorie qui est soit piégée au fond de la cuve de réduction en-dessous des tuyères et forme une scorie interne, soit évacuée à l'extérieur de la cuve par écoulement et forme une scorie écoulée. Deux types majeurs de bas fourneaux ont ainsi pu être identifiés : les bas fourneaux de type scorie piégée (*slag pit furnace*) et ceux de type scorie coulée (*slag-tapping furnace*) (Tylecote, 1987 ; Serneels, 1993, 1998 ; Pleiner, 2000). La morphologie et la texture des scories constituent ainsi le premier critère typologique pour classer les bas fourneaux.

Nous présenterons dans un premier temps les résultats de 21 sondages archéologiques entrepris dans la région du Sud-ouest du Niger. Les bas fourneaux y sont décrits et regroupés selon le type de scorie, puis selon la morphologie de celle-ci. Nous proposerons ensuite une classification des différents types de bas fourneaux identifiés en essayant de les comparer avec les quelques données disponibles dans la littérature. Pour chacun des types, nous proposerons une hypothèse de fonctionnement et nous présenterons les résultats des datations radiocarbone avant de conclure.

4.1.2 Les bas fourneaux de type scorie piégée

Les bas fourneaux SG08F3 et SG08F1 (Figure III.33), sont constitués d'une cuve cylindrique à fond plat d'environ 80 cm de diamètre. Aucun indice de paroi n'est constaté, dans le substrat sableux seules des zones de rubéfaction liées à l'échauffement du sol lors de la réduction sont visibles. Cette dépression est remplie de niveaux cendres associés à des charbons de bois, de nombreux débris de terre cuite et des scories informes de toutes tailles. Le contenu de ces cuves a été très perturbé par la récupération de l'éponge de fer, après la réduction, la cuve est remblayée à l'aide des débris. Ces deux bas fourneaux sont construits sur les plateaux où le sol sableux est peu épais.

À Banizoumbou, le bas fourneau BNZ08F2 est similaire aux deux précédents, à l'exception de la cuve qui est de forme hémisphérique dans laquelle a été appliqué un épais enduit argilo-sableux. Le volume de cendre est élevé et les scories sont étonnement peu nombreuses. Ces bas fourneaux sont principalement construits sur le bas glacis.

Les bas fourneaux BKW08F1, KG08F2, KG08F1 et GBi09F1 (Figure III.34) ont produit des scories en couronne. La cuve est généralement mal conservée mais sa forme peut être déduite de la morphologie de la scorie. Elle forme une excavation de 80 cm

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

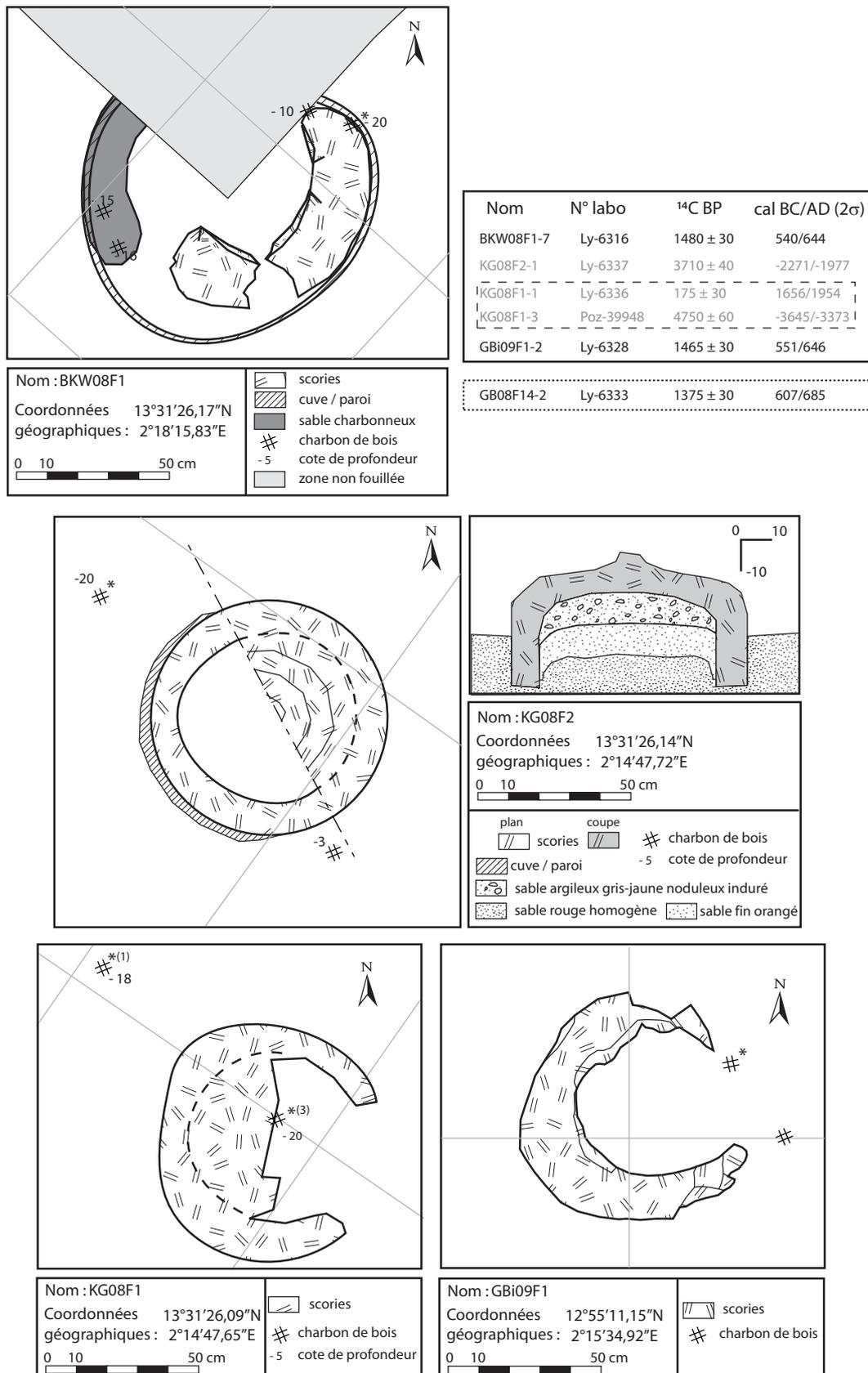


Figure III.34. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie piégée (suite)

Cadre principal : dates présentes sur les plans ; tirets : datations provenant d'un même bas fourneaux ; grisé : date rejetée ; cadre secondaire : datations issues de bas fourneaux de même type qui n'ont pas été dessinés

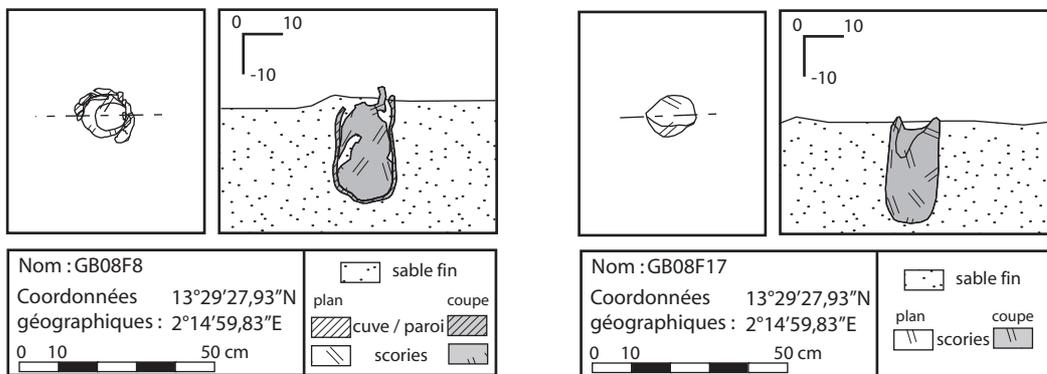


Figure III.35. Plan de fouille de bas fourneaux à scorie piégée (suite)

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

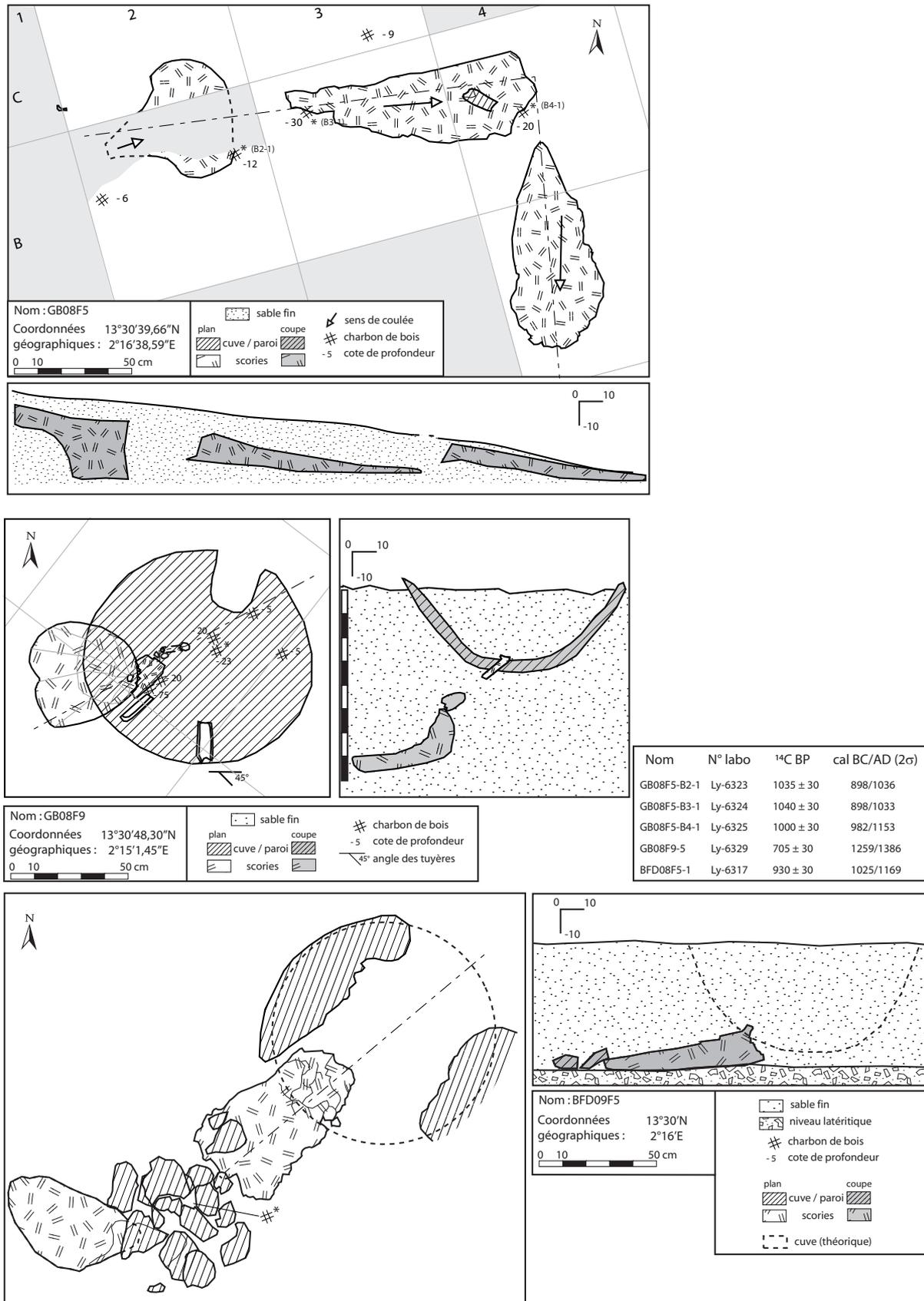


Figure III.36. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie coulée

de diamètre environ et est constituée d'un fond plat et d'une paroi verticale. Aucun enduit ne semble être appliqué sur les parois, seule une pellicule argilo-sableuse indurée est parfois repérée sur la scorie, elle est liée à la chauffe des particules argilo-sableuses du sol au contact du fluide en fusion. Le centre de la cuve est occupé par un îlot sablo-argileux qui donne à la cuve une forme en anneau. Cet îlot central présente généralement différents gradients de chauffe (KG08F2). La couronne de scorie a une épaisseur comprise entre 8 et 15 cm et la hauteur atteint au plus 25 cm. Certaines scories, dont le volume est plus abondant, ont recouvert l'amas central, elles constituent ainsi un bloc creux dont la forme s'apparente à une cloche (KG08F2). À l'inverse, le volume de scorie peut être en quantité trop faible pour remplir entièrement l'anneau de la cuve (BKW08F1).

Les bas fourneaux GB08F8 et GB08F17 ont produit des scories en forme de petit cylindre vertical de 15 cm de diamètre et, au maximum, de 25 cm de haut (Figure III.35). Aucune structure n'est retrouvée, seule la scorie subsiste. Toutefois, entre la scorie et le substrat sableux une fine couche de matériau sablo-argileux très indurée est présente ; elle est probablement liée à la chaleur qu'engendre la scorie en fusion, qui modifie les propriétés du substrat sableux en contact direct avec elle (GB08F8). Tous les bas fourneaux de ce type sont tronqués juste au-dessus de la scorie, or étant donné sa morphologie, de type interne, nous pouvons supposer que la partie supérieure de la cuve a été plus large afin de faciliter la mise en place des tuyères et de la cheminée. La cuve aurait ainsi en coupe le profil d'un Y soit une cuve, dont les dimensions restent inconnues, au centre de laquelle est surcreusée un « puits » dans le but de piéger la scorie.

4.1.3 Les bas fourneaux de type scorie coulée

Ce type de bas fourneau est caractérisé par l'évacuation partielle de la scorie à l'extérieur de la cuve dans laquelle a lieu la réduction du minerai de fer. Ces bas fourneaux sont identifiables par la présence de scories écoulées.

Les bas fourneaux les plus simples de ce type sont ceux dont la scorie est évacuée latéralement à la cuve (Figure III.36). Le sondage GB08F5 a révélé trois bas fourneaux, deux avec une coulée de scorie libre et l'autre avec une coulée à laquelle est accolé un bloc à son extrémité. Aucune cuve n'a été mise au jour, elles ont toutes été arasées par l'érosion. Pour BFD09F5, la coulée est épaisse, les bords sont droits et la scorie repose sur un niveau latéritique très induré. Le point source de la coulée est conservé, il est matérialisé par une protubérance semblable à un petit cylindre qui

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

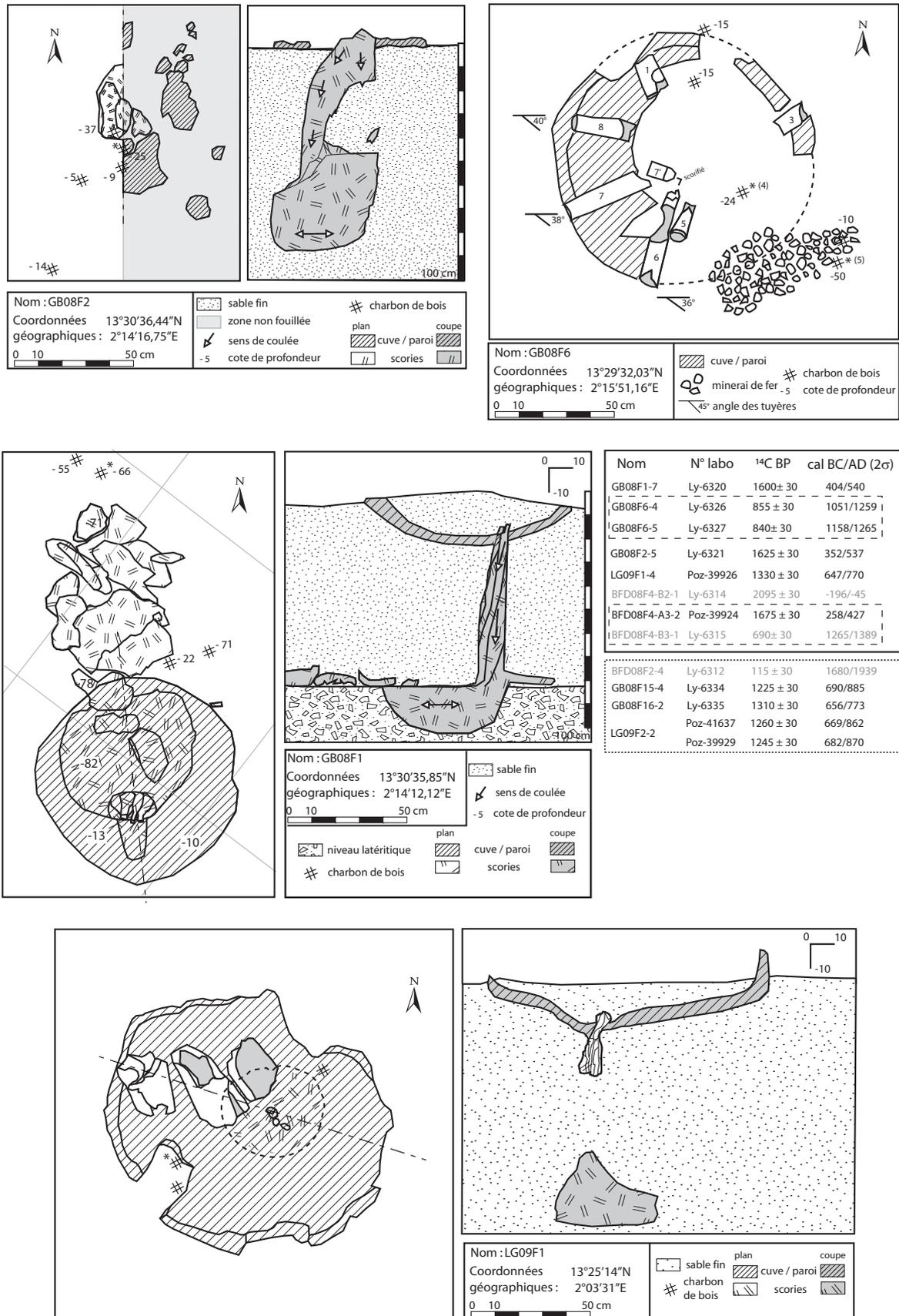


Figure III.37. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie coulée (suite)

Cadre principal : dates présentes sur les plans ; tirets : datations provenant d'un même bas fourneaux ; italique : date rejetée ; cadre secondaire : datations issues de bas fourneaux de même type qui n'ont pas été dessinés

paraît communiquer avec la cuve partiellement conservée. Le bas fourneau GB08F9 a également une coulée épaisse, elle est positionnée sous le niveau de la cuve, la coulée débute verticalement puis devient horizontale. La cuve de 80 cm de diamètre est bien conservée. De forme hémisphérique, l'excavation creusée dans le sable a été enduite d'une couche d'argile sableuse dont l'épaisseur est comprise entre 5 et 10 cm. Le fond de la cuve est traversé de part en part par l'amorce d'une coulée de scorie qui, bien que rompue, peut être connectée au point source de la coulée situé sous la cuve. L'évacuation de la scorie s'effectue ainsi par un orifice aménagé dans la paroi. La scorie est ensuite recueillie dans une tranchée creusée dans l'axe de la cuve. Celle-ci possède une large échancrure qui peut être interprétée comme une ouverture pratiquée en fin de réduction pour récupérer l'éponge de fer. Deux tuyères ont été identifiées, l'une d'entre elles est préservée en place et positionnée de manière oblique avec un angle de 45° sur le bord de la cuve. Des fragments de paroi de la cheminée peuvent être également identifiés.

Un deuxième mode d'évacuation de la scorie a été mis en évidence sur les bas fourneaux issus des sondages GB08F1, GB08F2, GB08F6, LG09F1 et BFD08F4 (Figures III.37 et III.38). Les scories sont situées sous la cuve, soit en contact avec elle soit près de 60 cm en-dessous, elles sont principalement présentes sous forme de blocs massifs à pointe. La forme du bloc peut toutefois s'éloigner du cylindre régulier. Les bas fourneaux GB08F1 et GB08F2 (Figure III.37) ont la particularité d'avoir une longue coulure verticale dont la longueur peut atteindre 60 cm et former une colonne, telle une formation spéléothème, entre le haut du bloc massif et la cuve. Quand la colonne est absente, des coulures verticales sont visibles sous la cuve à l'aplomb du bloc massif à pointe. La scorie s'écoule alors par des orifices de 2 à 5 cm de diamètre percés en fond de cuve. Cette disposition montre que la scorie qui se forme dans la cuve est évacuée par gravité dans une fosse sous la cuve, dans laquelle elle s'écoule par goutte à goutte ou en continu. La proéminence située sur la partie sommitale du bloc à l'aplomb des orifices indique le point d'impact de la scorie liquide tombant de la cuve (LG09F2 et BFD08F4).

La fouille du bas fourneau GB08F1 montre la présence de plaques cintrées fragmentées réparties au même niveau altimétrique que le fond de la fosse, soit près de 80 cm sous le niveau du sol. Cette configuration permet de mettre en évidence la présence d'une tranchée située devant le bas fourneau. Ces plaques cintrées sont, quant à elles, issues de la cuve dont elles moulent les courbures. Les protubérances que nous avons décrites sur certaines d'entre elles correspondent au moulage des orifices qui

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

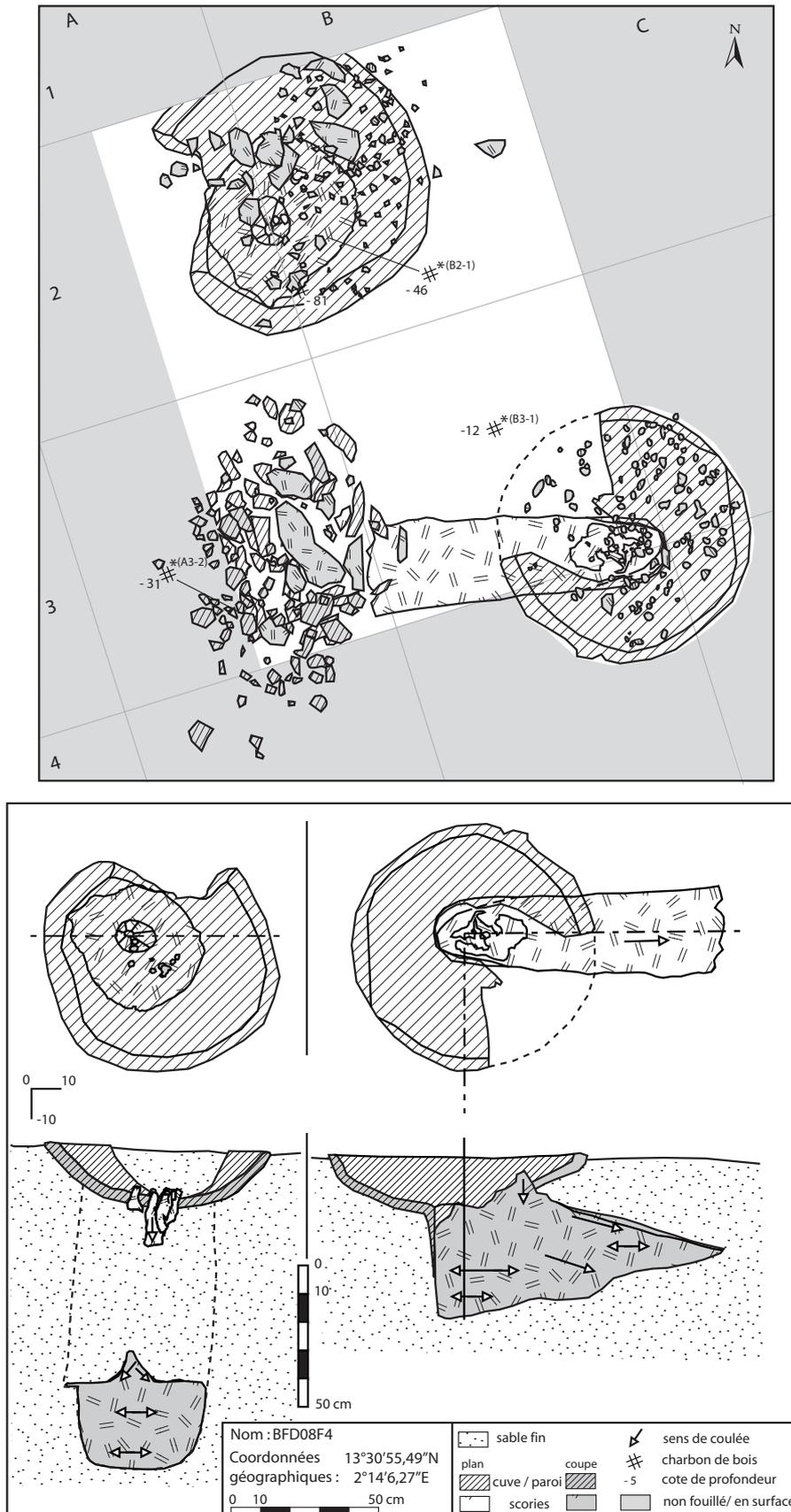


Figure III.38. Plan de fouille de bas fourneaux à scorie coulée (suite)

Tableau de datation, voir figure précédente

traversent la cuve et permettent l'évacuation de la scorie ; elles sont l'amorce de la coulée verticale. Ces plaques cintrées correspondent donc à la scorie restée dans la cuve sans avoir pu être évacuée par écoulement ; à la fin du processus de réduction elles sont généralement fracturées et enlevées de la cuve lors de la récupération de l'éponge de fer. Quelques unes ont chuté au fond de la tranchée du bas fourneau GB08F1 au moment de cette opération. La fonction de cette tranchée est manifestement liée à la fosse creusée sous la cuve pour recevoir la scorie.

Le système de ventilation est assuré par des tuyères qui sont très rarement préservées, excepté pour le bas fourneau GB08F6 (Figure III.37). La préservation de la plupart de ses tuyères est liée à l'effondrement de la cuve peu de temps après le début de la réduction. Les plus longues tuyères mesurent entre 50 et 65 cm, six sont conservées, mais leur disposition suggère que leur nombre était de huit, elles ont été disposées à espaces réguliers sur la paroi de la cuve avec un pendage compris entre 35 et 40°. Les tuyères 7 et 8 montrent que l'extrémité qui converge vers le centre de la cuve est plus étroite et scorifiée.

Les bas fourneaux SG08F2 et BNZ08F1 (Figure III.39) ont laissé des formes hybrides de scorie pour lesquelles un bloc massif accolé à une courte coulée est identifiable. Ces formes de scories suggèrent que la fosse située sous la cuve pouvait prendre différentes formes, tout en ayant le même principe de fonctionnement.

Un dernier ensemble est constitué des bas fourneaux GB08F10, GB08F12 et SG09F4 (Figure III.40). Ils sont caractérisés par des blocs massifs de petites dimensions. La forme des scories est très variable ; certaines sont des blocs cylindriques, d'autres s'apparentent à une coulée sur rampe. Aucune structure argilo-sableuse (cuve, tuyères, cheminée) n'a été observée à la fouille.

Outre la forme, le volume de scorie produit peut également être très variable.

4.1.4 Autres bas fourneaux

Sur le plateau de Louguet, trois bas fourneaux, non fouillés, montrent une architecture et une organisation bien différentes de ceux présentés jusqu'ici. Ils sont constitués de structures en terre cuite à côté desquelles se concentrent des scories très fragmentés (Figure III.41). Aucun bloc de scorie ne semble conservé intacte.

C'est manifestement le seul exemple de base de cheminée conservée en place où sont visibles des événements qui témoignent de l'emplacement de tuyères amovibles.

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

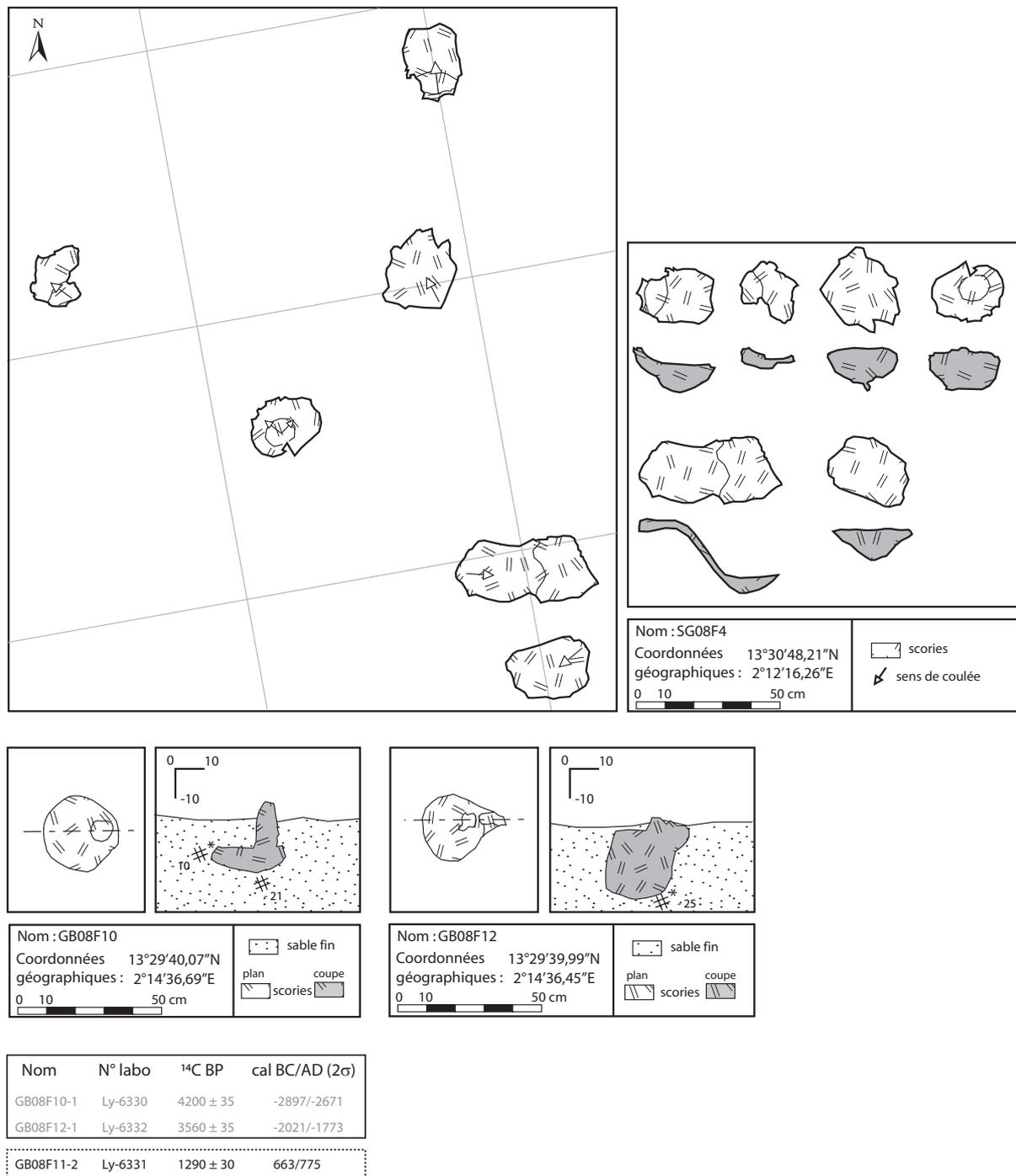
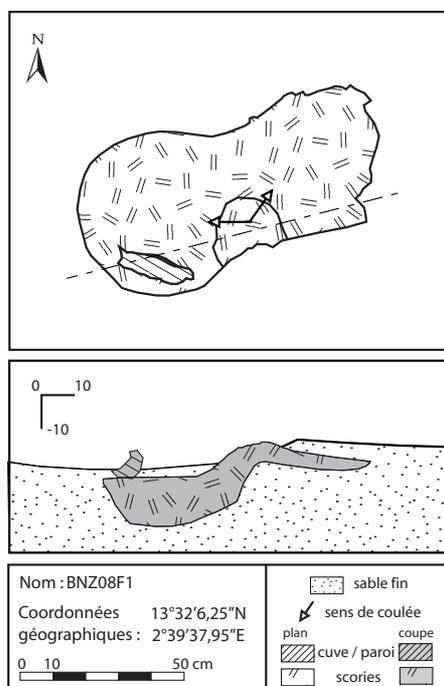
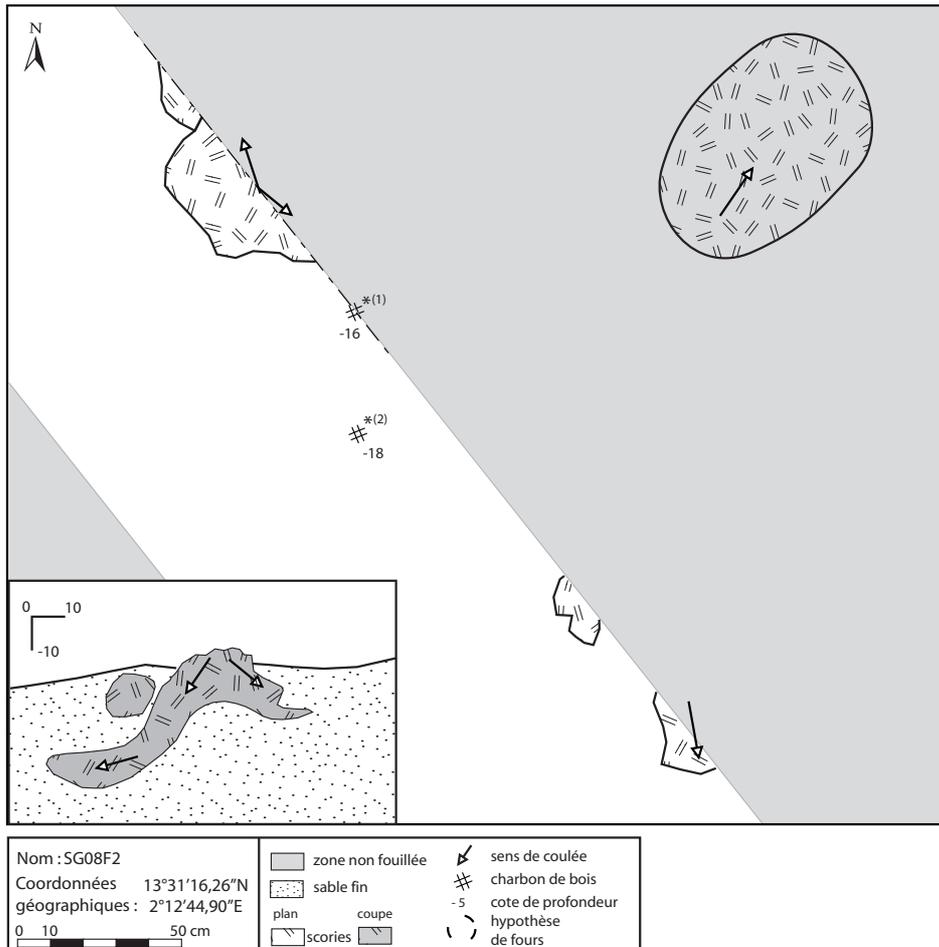


Figure III.39. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie coulée (suite)

Cadre principal : dates présentes sur les plans ; grisé : date rejetée ; cadre secondaire : datations issues de bas fourneaux de même type qui n'ont pas été dessinés



Nom	N° labo	¹⁴ C BP	cal BC/AD (2σ)
SG08F2-1	Ly-6146	2505 ± 30	-786/-522
SG08F2-2	Ly-6147	2835 ± 40	-1112/-911

Figure III.40. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie coulée (suite)
grisé : date rejetée



Figure III.41. Bas fourneaux dont le fonctionnement semble se rapprocher des bas fourneaux à usage multiple. La scorie est rejetée en dehors du bas fourneau.

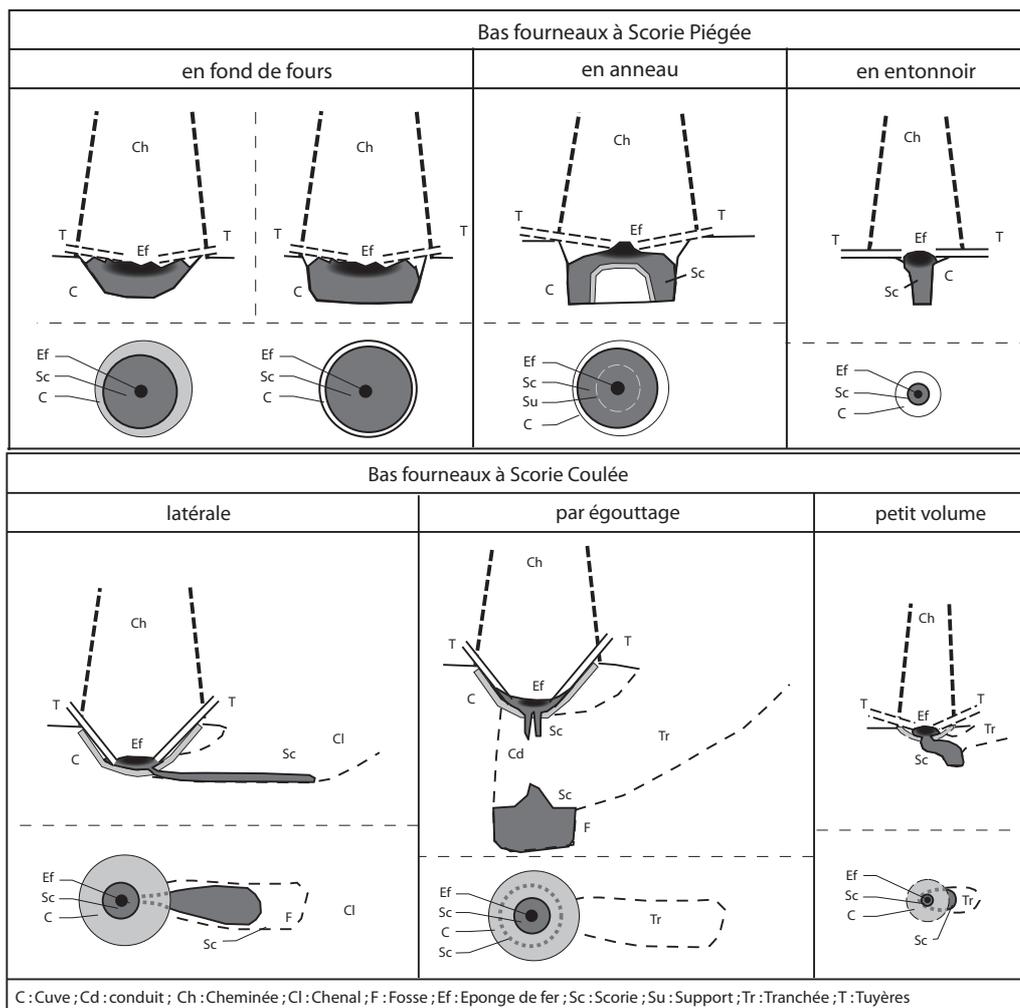


Figure III.42. Synthèse typologique des bas fourneaux à usage unique découverts au Sud-ouest du Niger

4.2 Discussions

4.2.1 Une grande variété de bas fourneaux

L'étude de l'activité métallurgique dans les environs de Niamey a révélé l'existence de différents types de bas fourneaux (Figure III.42). La structure et le fonctionnement de ces bas fourneaux sont discutés et confrontés à la littérature scientifique disponible dans la région subsaharienne et en Europe.

4.2.2 Les bas fourneaux de type scorie piégée (SPxx)

Trois types de bas fourneaux ont produit du fer en piégeant la scorie au fond de la cuve.

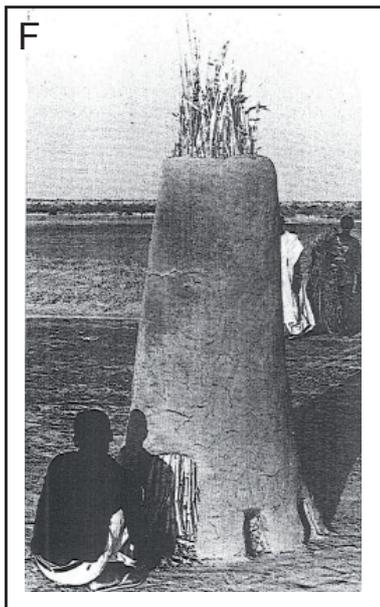
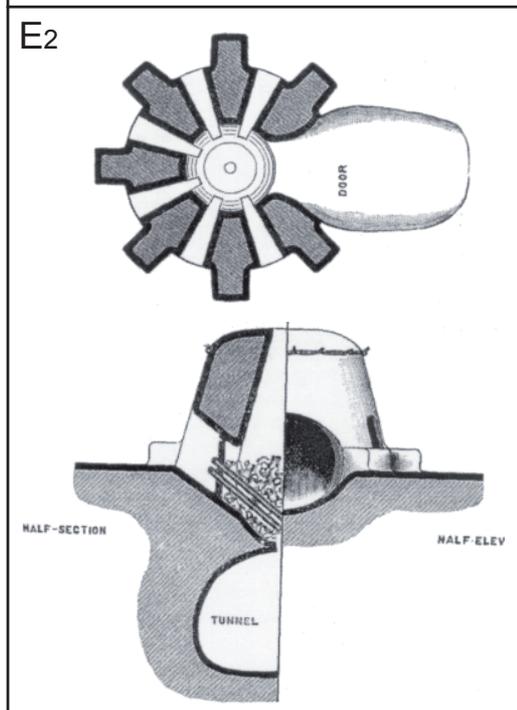
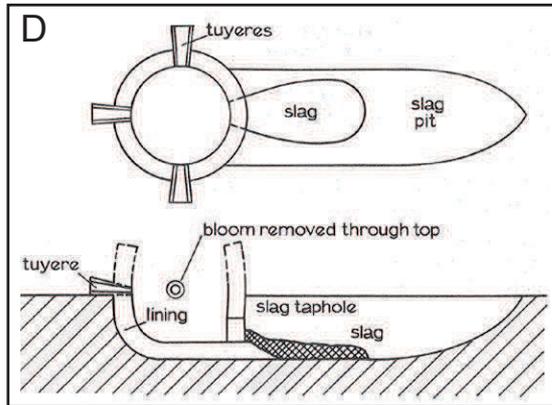
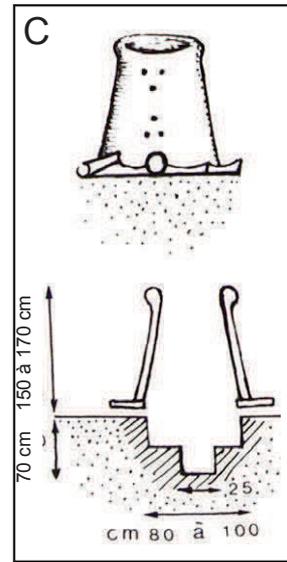
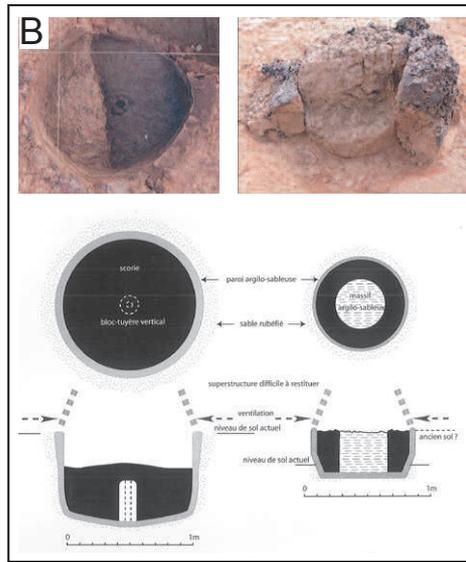
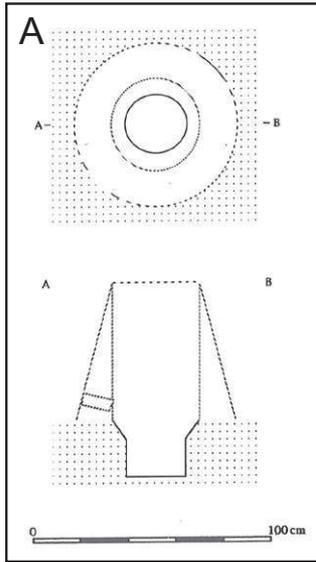
Le type de bas fourneau dont l'architecture est la plus simple est seulement pourvu d'une cuve cylindrique au fond de laquelle la scorie est directement piégée. Ces bas fourneaux sont les seuls à être construits sur les plateaux latéritiques car ils ne nécessitent aucune excavation profonde qui aurait nécessité de creuser les niveaux cuirassés très indurés. Ce modèle de bas fourneau est largement répandu à l'Age du fer, en Europe (Dunikowski & Cabboi, 1995 ; Bielenin *et al.*, 1996 ; Pleiner, 2000) et en Afrique (Tylecote, 1992) même si de nombreuses variantes existent (Figure III.43-A). Nous nommerons ces structures de réduction *bas fourneaux à Scorie Piégée en fond de fours* (SPff).

Les blocs de scorie en forme de couronne sont issus de bas fourneaux pourvus d'une cuve en couronne. Ces formes de scorie ont également été identifiées dans la région de Markoye au nord-est du Burkina Faso, sans que le fonctionnement des bas fourneaux à l'origine de ces scories ne puisse être établi (Fabre, 2009). Dans cette région, un second modèle de cuve semblable a été mis au jour : au lieu de l'îlot central, une tuyère en position verticale est employée (Figure III.43-B). La présence d'un îlot au centre de la cuve permet probablement de mieux séparer la scorie de l'éponge de fer. Cette dernière reste au sommet de l'îlot alors que la scorie plus fluide est piégée au fond de la cuve. Cette structure sera appelée *bas fourneau à Scorie Piégée en anneau* (SPa).

Le troisième bas fourneau à scorie piégée est celui qui produit des scories en forme de petit cylindre. La scorie est de faible volume, elle est piégée au fond d'une cuve qui a été surcreusée. Ce dispositif paraît très proche des descriptions ethnographiques réalisées dans l'Ader au sud du Niger (Échard, 1983). Ces bas fourneaux construits jusqu'au milieu du 20^e siècle sont constitués d'une cuve creusée à même le sol, les

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère



tuyères placées horizontalement autour de la cuve supportent la cheminée qui est mobile (Échard, 1986) (Figure III.43-C). Nous les nommerons *bas fourneaux à Scorie Piégée en entonnoir* (SPe) comme suggère la forme de la cuve en Y.

4.2.3 Les bas fourneaux de type scorie coulée (SCxx)

Quatre variantes de bas fourneaux ont été identifiées avec la capacité de produire du fer en évacuant la scorie en dehors de la cuve. Ces bas fourneaux ont un mode de séparation qui nécessite une scorie particulièrement fluide pour qu'elle soit évacuée par gravité à travers un orifice percé au fond d'une cuve en matériau argilo-sableux. Ces bas fourneaux forment toutes des scories de type plaques cintrées dans la cuve et des coulures verticales qui témoignent de leur écoulement.

Le bas fourneau le plus simple est celui dont la scorie forme une coulée à l'extérieur de la cuve. L'écoulement s'effectue par un orifice percé dans la cuve et non par une large ouverture comme cela peut être pratiqué en fin de réduction pour les bas fourneaux permanents (Tylecote, 1987) (Figure III.43-D). L'éponge de fer est conservée à l'intérieur de la cuve. Cette pratique est peu répandue pour des bas fourneaux à usage unique, elle est de plus peu illustrée en l'état car les coulées sont très fragiles et rarement conservées. Ces bas fourneaux seront dénommés *bas fourneaux à Scorie Coulée latérale* (SCI).

Les bas fourneaux les plus abondants dans la région de Niamey sont ceux dont la scorie est figée sous la forme de blocs massifs. Si les sols sont érodés, le bloc est visible directement, mais s'ils sont préservés, les bas fourneaux sont identifiables uniquement par la présence d'une cuve. Celle-ci est percée d'orifices par lesquels s'est formée une coulure verticale lors de l'écoulement par égouttage de la scorie. Le bloc massif est

Figure III.43. (ci-contre) Exemples de bas fourneaux européens et ouest-africains

A : Four à creuset enterré (Yonne, France) (Dunikowski & Cabboi, 1995)

B : Bas fourneaux de type 1 (avec tuyère verticale) et de type 2 (avec îlot argilo-sableux) de la région de Markoye (Burkina Faso) (Fabre, 2009)

C : Bas fourneau de la région de l'Ader (Niger) (Échard, 1986)

D : Bas fourneau à scorie coulée (Sussex, Royaume Uni) (Tylecote, 1987)

E1 : Blocs de scories (près de Leja, Nigéria) (Okafor, 1993)

E2 : Bas fourneau construit au-dessus d'un tunnel pour l'évacuation des scories (près de Oyo, Nigéria) (Bellamy, 1904)

F : Cheminée d'un bas fourneau à usage multiple en construction constituée d'une porte et d'évents pour l'emplacement des tuyères (Yelwani, Niger) (Celis, 1994)

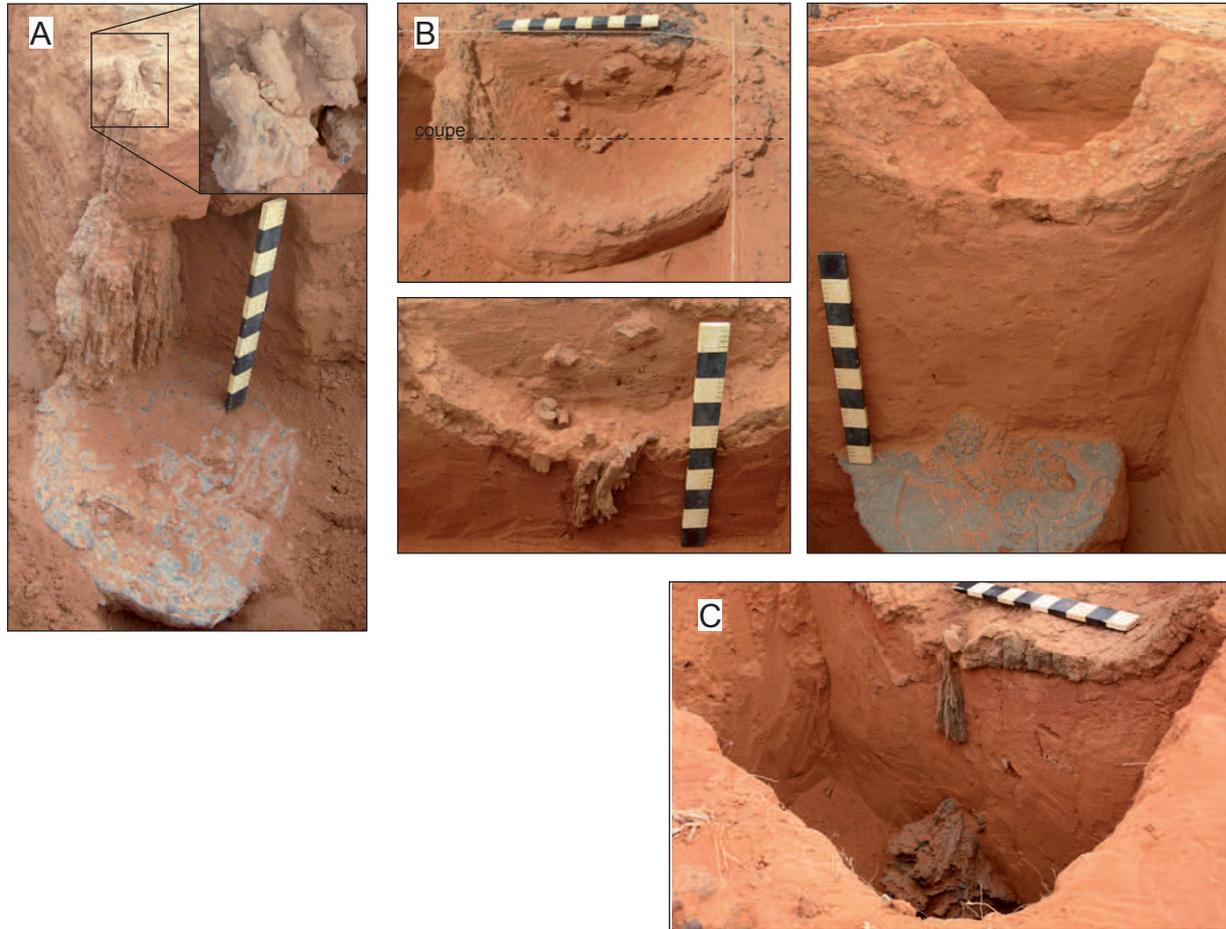


Figure III.44. Exemples de bas fourneaux de type scorie coulée par égouttage (SCe)

A. Sondage SG08F1. Présence de trois amorces de coulures verticales qui traversent la cuve et forment une colonne pour rejoindre le bloc massif dans la fosse sous-jacente.

B. Sondage BFD08F4. Plusieurs amorces de coulures verticales sont visibles dans la cuve. En coupe, ces coulures la traversent puis s'interrompent. Le bloc massif est à l'aplomb de ces coulures dans une fosse près de 70 cm sous la cuve.

C. Sondage LG09F2. Bas fourneau en coupe, la cuve, la coulure verticale et le bloc massif à pointe sont conservés en place.

présent sous ces coulures ou en contact avec celles-ci, à quelques décimètres sous la cuve (Figure III.44). De tels bas fourneaux ont rarement été décrits, bien que des blocs cylindriques semblables aient été repérés au Nigéria sur les sites de Opi et de Leja sans, que leur mode de production n'ait été identifié (Okafor, 1993, 2002 p. 37) (Figure III.43-E1). Cette technique semble avoir également été observée au nord de Lagos au Nigéria à la fin du 19^e siècle pour des bas fourneaux permanents. Ils sont construits sous un abri et constitués d'une cuve perforée d'un orifice de 7 à 10 cm qui communiquait avec un tunnel creusé sous le bas fourneau. Celui-ci permettait ainsi d'accéder au bouchon d'argile qui obstruait l'orifice et de veiller à ce que la scorie s'écoule correctement de la cuve (Bellamy, 1904) (Figure III.43-E2). Nous désignerons ces structures comme des *bas fourneaux à Scorie Coulée par égouttage* (SCe).

Les scories de forme hybride sont issues de bas fourneaux pour lesquels le peu d'exemplaires étudiés et la mauvaise conservation des structures ne nous a pas permis d'en saisir le fonctionnement. La présence de deux coulées, l'une principale dans une fosse et l'autre de plus faible volume dans un chenal reste difficile à expliquer ; ces formes peuvent être interprétées comme une « erreur » de manipulation lors de l'écoulement de la scorie ou comme une volonté de séparer le flux de scories, dans un objectif qui reste inconnu.

Les petits blocs massifs sont issus de bas fourneaux de petites dimensions. La forme de la scorie est très aléatoire, elle est probablement évacuée de la cuve soit par égouttage soit par coulée latérale. Aucune structure n'a été observée, mais le faible volume de scorie laisse supposer que les bas fourneaux étaient de dimensions plus réduites que ceux précités. Ces fours seront identifiés comme des *bas fourneaux à Scorie Coulée de petit volume* (SCpv).

Les bas fourneaux à scorie coulée semblent tous appartenir à un même principe de fonctionnement, où seule la forme de la fosse réceptacle diffère. Le modèle privilégié semble être le SCe (les plus nombreux). D'autres modèles sont utilisés quand toutes les conditions de mise en place ne sont pas réunies (pente forte, sol peu épais, faible volume de production). Leur présence serait alors issue de la capacité des métallurgistes à s'adapter au terrain sur lequel ils sont amenés à construire leurs bas fourneaux.

4.2.4 Bas fourneau à usage multiple

La quasi totalité des bas fourneaux recensés est à usage unique. Seules trois structures correspondent à des bas fourneaux à usage multiple couramment décrits dans la littérature. Situés sur le plateau de Louguel, ils disposent d'évents pour l'installation

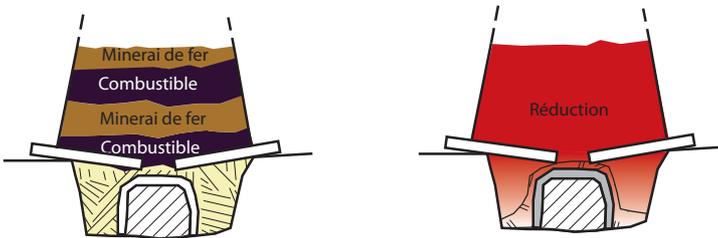
Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

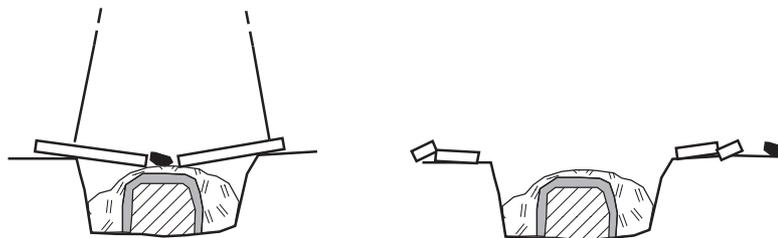
(T1) construction du bas fourneau



(T2) réduction



(T3) formation et récupération de l'éponge de fer



(T4) abandon et érosion du site



Figure III.45. Hypothèse de fonctionnement des bas fourneaux à scorie piégée en anneau (SPa)

des tuyères et d'une zone de rejet des scories très fragmentées, située au-devant de chaque bas fourneau. La concentration des scories en dehors de la structure témoigne de l'évacuation intégrale des résidus de réduction pour le réemploi éventuel du bas fourneau ; le volume de scorie reste ici très limité. Ce type de Bas Fourneaux à Usage Multiple (BF-UM) peut être comparé à celui observé et reconstitué par Celis (1994) dans la région de Tillabéry (Niger) à 115 km au nord-ouest de Niamey (Figure III.43-F). La comparaison peut difficilement être approfondie en raison de l'absence de relevé archéologique.

4.2.5 Conclusion

Entre la vallée du fleuve et le Dallol Bosso, les métallurgistes ont presque exclusivement utilisé des bas fourneaux à usage unique⁸ qui se déclinent en six grands types. Ils se distinguent par leur mode de séparation entre la scorie et l'éponge de fer et par le volume de scorie produit. La présence d'une telle diversité technique de bas fourneaux à usage unique dans un secteur restreint comme les environs de Saga Gorou est exceptionnel.

4.3 Hypothèse de construction et de fonctionnement

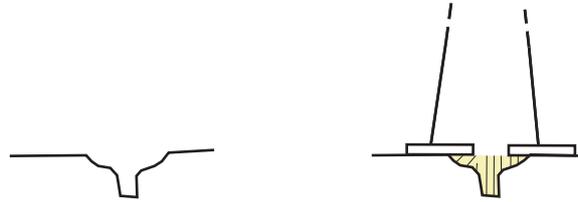
Pour comprendre au mieux le procédé technique associé à ces bas fourneaux, une hypothèse de construction et de fonctionnement est proposée. Elles résultent de l'étude détaillée des scories et des structures en place lors des différents sondages archéologiques.

4.3.1 Bas fourneaux à scorie piégée en fond de four (SPff)

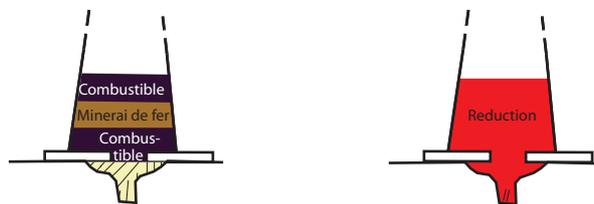
Ces bas fourneaux sont les plus classiques pour la pratique de la réduction directe, une cuve hémisphérique de 80 cm de diamètre est creusée dans le sol, les tuyères au nombre indéterminé sont positionnées afin que les becs soient regroupés au fond la cuve. La cheminée peut être construite *in situ* ou indépendamment à coté de la cuve avant d'être déplacée et positionnée sur celle-ci. Le chargement du minerai et du charbon de bois s'effectue par le haut de la cheminée. À la fin de l'opération de réduction, la cheminée est enlevée ou détruite, l'éponge de fer plus ou moins mélangée à la scorie est récupérée dans la cuve, les tuyères sont détruites. La cuve est par la suite remblayée par les nombreux débris de scories, et de terre cuite et de cendres.

8] Seuls trois bas fourneaux permanents ont été recensés contre 10 175 bas fourneaux à usage unique dans le cadre de cette étude

(T1) construction du bas fourneau



(T2) réduction



(T3) formation et récupération de la loupe de fer



(T4) abandon et érosion du site



Figure III.46. Hypothèse de fonctionnement des bas fourneaux à scorie piégée en entonnoir (SPE)

4.3.2 Bas fourneaux à scorie piégée en anneau (SPa)

(T₁) Une large cuve circulaire à fond plat et aux parois verticales est creusée dans le sol (Figure III.45). Au centre de cette excavation, une motte de sable d'environ 50 cm de diamètre est construite, elle peut toutefois être conservée dès la conception de la cuve qui est alors creusée en forme d'anneau. Elle est ensuite tapissée d'une couche de sable argileux de 5 à 10 cm d'épaisseur ; ce procédé permet de la consolider et de rendre plus réfractaire le cœur du foyer. Cette argile peut avoir été cuite préalablement, mais il paraît plus probable que sa cuisson se fasse au moment de la réduction. La fosse circulaire que forment la cuve et son îlot central, est vraisemblablement remplie de paille, de mil par exemple, jusqu'à recouvrir entièrement la motte. La présence de la paille est attestée par les empreintes laissées dans la scorie. Le système de ventilation est assuré par des tuyères dont le nombre peut être estimé entre cinq et huit. Elles sont posées sur le lit de paille en se rejoignant au centre au-dessus de l'îlot, la proximité des becs de tuyères crée un espace relativement réduit permettant de concentrer l'apport en oxygène dans le foyer. Elles sont posées sur le bord de la cuve au-dessus de laquelle est installée la cheminée.

(T₂) Le remplissage du minerai et du combustible se fait par le haut de la cheminée, la réduction peut alors être enclenchée. Au cours de cette phase, le minerai de fer est réduit au niveau des tuyères, là où l'apport en oxygène est maximal pour atteindre les températures de fusion. La scorie se forme et colmate la tranchée circulaire où elle se refroidit en encerclant la motte centrale. Selon sa quantité, elle formera soit une couronne soit une cloche.

(T₃) L'éponge de fer est restée sur l'îlot central entre les tuyères, pour la récupérer, la cheminée est démontée et les tuyères détruites et le métal est séparé de la gangue de scorie.

(T₄) Le site est en suite abandonné et soumis à l'érosion qui démantèle les structures du bas fourneau. Seul le bloc de scorie sous la forme d'une couronne ou d'une cloche est conservé.

4.3.3 Bas fourneaux à scorie piégée en entonnoir (SPe)

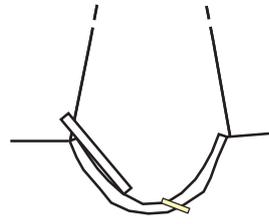
Ce type de bas fourneau semble correspondre aux observations ethnographiques de Échard (1983, 1986) qui décrit le processus de réduction de la façon suivante (Figure III.46) :

(T₁) Une cuve de 80 cm de diamètre est aménagée à la surface du sol sableux. Au

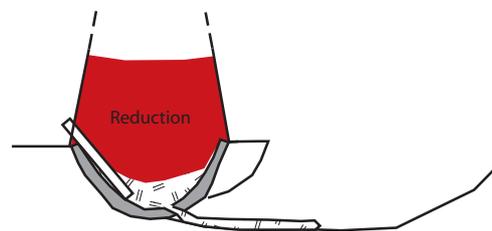
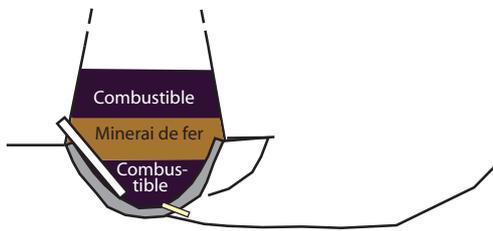
Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

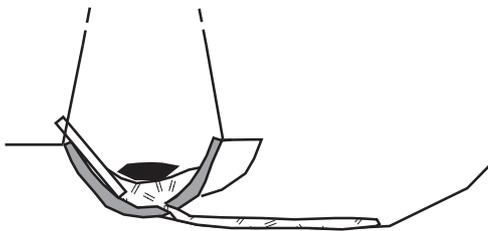
(T1) construction du bas fourneau



(T2) réduction



(T3) formation et récupération de l'éponge de fer



(T4) abandon et érosion du site



Figure III.47. Hypothèse de fonctionnement des bas fourneaux à scorie coulée latérale (SCI)

centre, une fosse de 20 cm de diamètre et de 20 à 30 cm de profondeur est creusée.

(T₂) Les tuyères construites en argile riche en dégraissant végétal sont placées à plat en bordure de la cuve. L'espace entre les tuyères est comblé de sable afin de former une plateforme qui supportera la cheminée, qui est construite parallèlement à ces aménagements : après avoir rassemblé de la paille de mil en une botte équivalant au diamètre intérieur de la cheminée, l'argile est appliquée sur l'ensemble de la surface, sur une épaisseur d'une dizaine de centimètres. La cheminée est cerclée et perforée de trois trous qui ont une fonction de regard (Échard, 1986). Elle est ensuite placée sur les tuyères.

(T₃) La charge s'effectue par la cheminée, alternant charbon de bois et minerai de fer. La combustion est déclenchée en haut de la cheminée. En fin de réduction, soit une nuit ou près de 24 heures plus tard, la cheminée est déplacée et l'éponge de fer située entre les tuyères est récupérée. La scorie reste au fond de la cuve en entonnoir ou est extraite en même temps que l'éponge de fer.

(T₄) Le bas fourneau est abandonné, la scorie peut alors être recouverte par le sable ou mise à nu si les sols sont érodés.

4.3.4 Bas fourneaux à scorie coulée latérale (SCI)

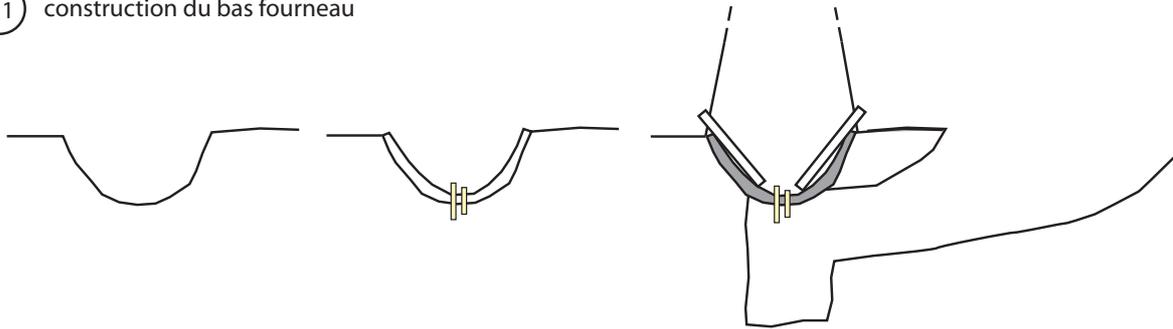
(T₁) Dans un sol meuble, une cavité hémisphérique d'un mètre de diamètre est creusée et tapissée d'une couche argilo-sableux épaisse de 5 à 10 cm (Figure III.47). Le fond de la cuve est préalablement perforé par un orifice qui est aussitôt obstrué par un bouchon quelconque. La cuve est séchée voire cuite pour éviter qu'elle ne se fissure lors de la montée de température au cours de la réduction. Par la suite, les tuyères au nombre de huit sont posées à équidistance les un des autres sur les bords de la cuve, cette disposition crée un espace confiné où les huit embouts de tuyères se réunissent pour former une zone où l'apport d'oxygène, nécessaire pour la combustion, est maximal. La cheminée est probablement montée à part et déplacée pour être posée sur les tuyères. Elle est ainsi scellée par de l'argile et chargée des matériaux de combustion et de minerai.

(T₂) Un chenal assez long mais de faible profondeur est creusé au plus près du bas fourneau afin d'atteindre le niveau où se situe l'ouverture faite dans la cuve. Ce chenal est aplani avec un léger pendage, une fosse est parfois creusée à son extrémité pour recueillir la scorie en fusion. Au cours de la réduction, la scorie est évacuée au fur et à mesure de la cuve par l'orifice et se répand dans le chenal.

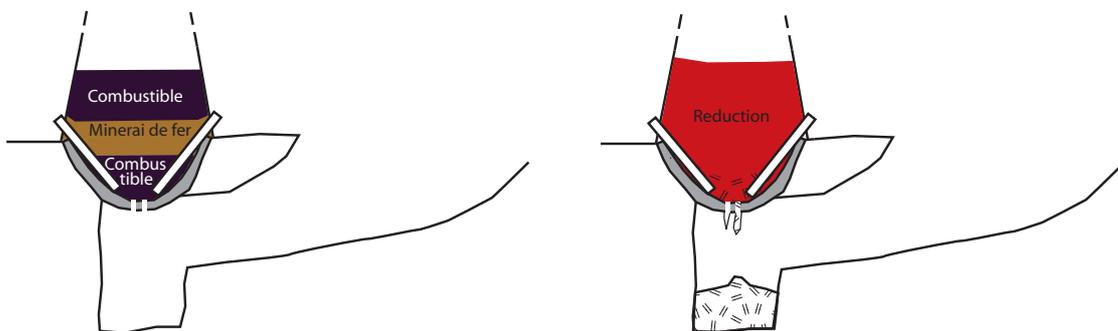
Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

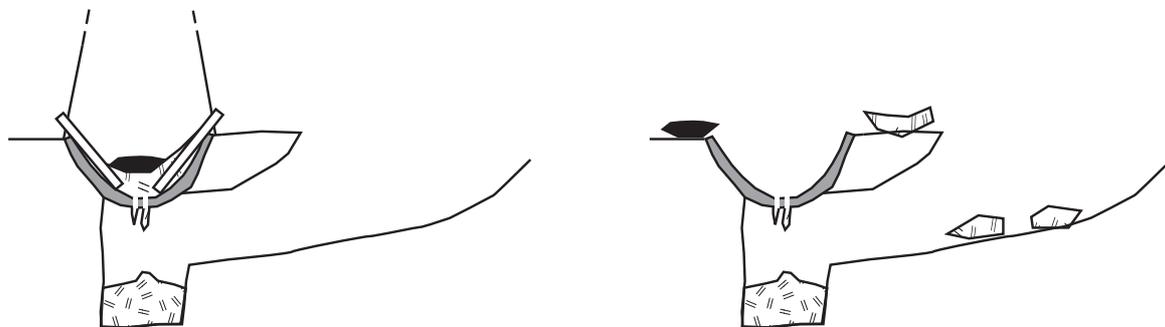
(T1) construction du bas fourneau



(T2) réduction



(T3) formation et récupération de l'éponge de fer



(T4) abandon et érosion du site

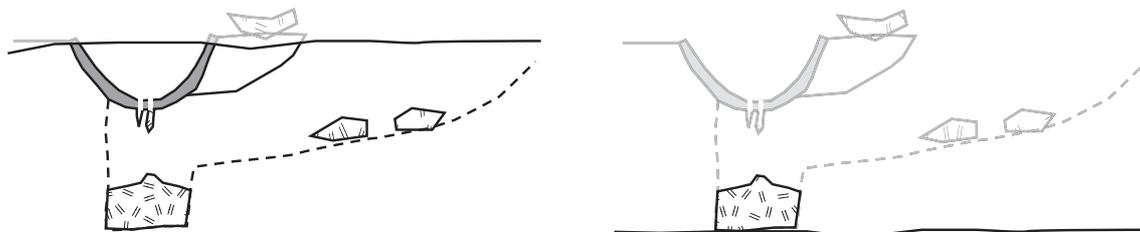


Figure III.48. Hypothèse de fonctionnement des bas fourneaux à scorie coulée par égouttage (SCe)

(T₃) Une fois la réduction terminée, la cheminée est retirée, les tuyères sont en partie détruites, le forgeron récupère alors l'éponge de fer probablement encore mélangée avec les scories qui ne se sont pas écoulées à l'extérieur. La scorie refroidie colmate alors l'orifice qui communique avec la tranchée.

(T₄) Le site est abandonné, si la coulée est perturbée, elle peut être rapidement démantelée par l'érosion.

4.3.5 Bas fourneaux à scorie coulée par égouttage (SCe)

(T₁) La première étape est identique à celle des bas fourneaux SCI (Figure III.48). La seule différence est le réceptacle de la scorie. En effet une tranchée est réalisée au pied du bas fourneau pour permettre la réalisation d'une fosse à l'aplomb de la cuve afin de recueillir la scorie en fusion. La largeur de la tranchée au niveau de la cuve doit être assez large pour accéder au creusement de la fosse, tout en prenant soin de conserver un appui suffisant pour la cuve afin d'éviter l'effondrement de la structure. La forme de la fosse sera alors indirectement conservée par la contre-empreinte de la scorie. Quant à la tranchée, elle n'est plus visible mais la découverte de scories en avant du bas fourneau à une cote altimétrique proche de la base de la fosse permet d'en déduire la présence. La description de Bellamy (1904) confirme l'existence d'un tel procédé, bien que celui-ci soit pour un bas fourneau permanent.

(T₂). Le bouchon qui obstrue les orifices est dégagé ; il est enlevé manuellement ou il est détruit au contact de la scorie en fusion. Selon la température, l'écoulement de la scorie par égouttage est plus ou moins fluide et crée une coulée verticale qui peut former des drapées ou des concrétions de gouttelettes. À l'aplomb, la scorie s'accumule par égouttage pour former un bloc prenant la contre-empreinte de la fosse. À la fin de la réduction, la scorie est moins fluide et peut former une colonne entre le point d'écoulement sous la cuve et la scorie accumulée dans la fosse.

(T₃) En fin de réduction, la température diminue et la scorie non écoulee de la cuve se fige sur ses parois. La scorie sur laquelle repose l'éponge de fer refroidit et couvre le fond de la cuve. Un bouchon de scorie colmate ainsi les perforations formant des drapés et/ou des coulures figées sous la cuve. L'éponge de fer peut alors être récupérée en enlevant la cheminée et les tuyères prises en masse dans la scorie. Les déchets de réduction sont rejetés dans la cuve ou au fond de la tranchée.

(T₄) Le site est ensuite abandonné et soumis à l'érosion, selon son emplacement le bas fourneau sera plus ou moins bien conservé. Au maximum d'érosion, le bloc de scorie

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

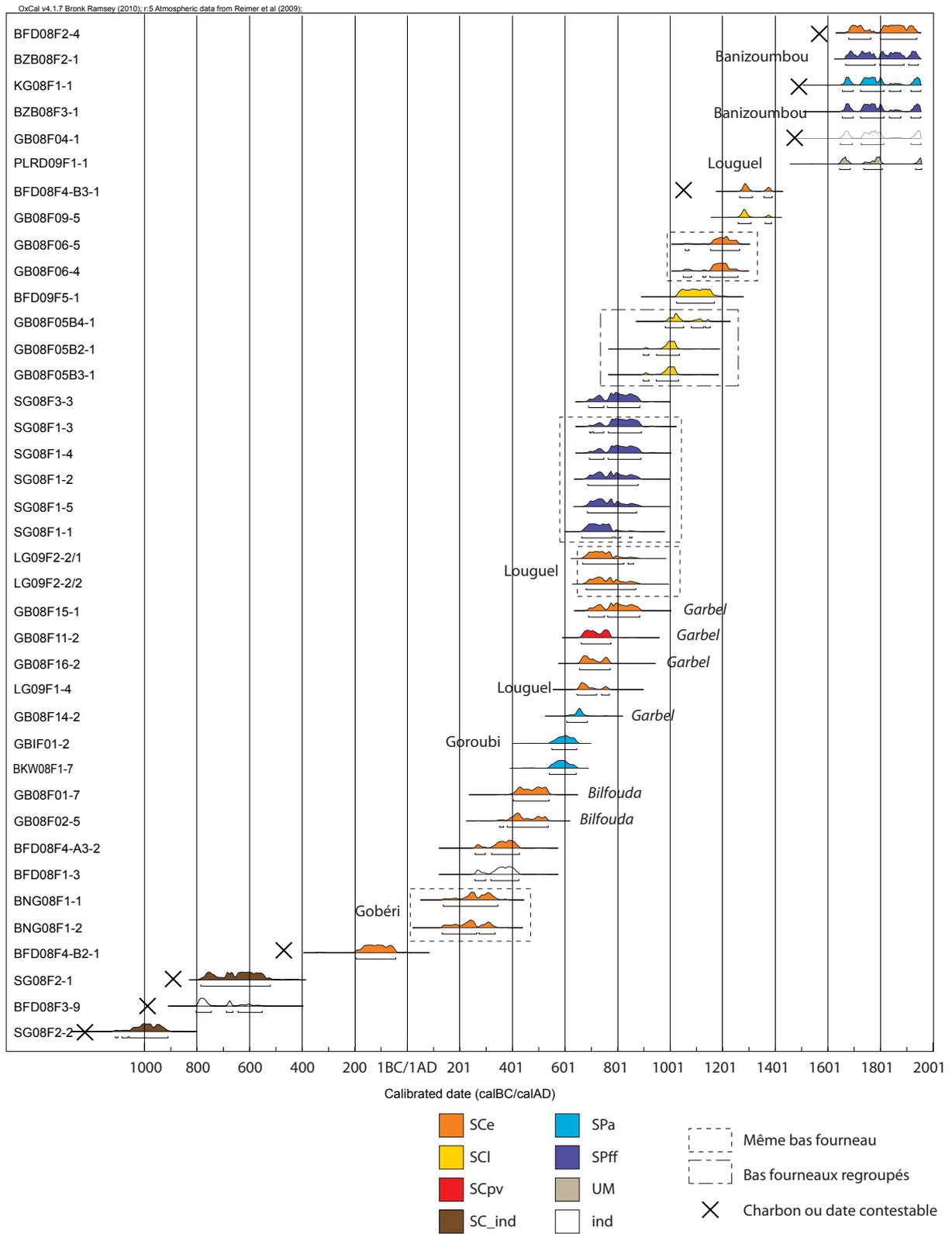


Figure III.49. Résultat des 39 datations radiocarbonate issues de bas fourneaux de réduction du fer

formé dans la fosse peut être mis au jour et même démantelé. Seul des fragments de scories témoignent alors de la présence d'activité de métallurgie.

4.3.6 Bas fourneaux à scorie coulée de petit volume (SCpv)

La construction des bas fourneaux SCpv est très hypothétique car aucune structure n'a été conservée sur les sites étudiés. Nous pouvons toutefois penser que le principe est similaire à celui des bas fourneaux SCI et SCe. Selon la forme de la cuve et l'emplacement de l'orifice, la scorie peut être évacuée latéralement ou par égouttage.

4.4 Datations

4.4.1 Représentativité et limites

L'ensemble des datations est issu d'analyses radiocarbone sur charbons de bois collectés lors des différents sondages archéologiques. Tous les charbons analysés sont positionnés sur les plans de fouille correspondant (Figures III.33 à III.40). 43 dates radiocarbone ont été réalisées sur l'ensemble du corpus (Tableau III.1 et Figure III.49).

Les meilleures conditions pour obtenir une datation fiable de bas fourneau, sont de collecter un charbon de bois situé dans le remblai de la cuve ou mieux encore piégé dans la scorie. En plus des quatre charbons de bois très anciens, huit autres ont été considérés non valide pour la datation de bas fourneaux. Nous présentons ici les arguments qui nous ont amenés de les écarter.

Les charbons de bois nommés SG08F2-2, BFD08F3-9 et SGF2-1 sont issus de sondages où seules les scories ont été observées et pour lesquels aucune structure argilo-sableuse de bas fourneau n'est associée. En l'absence de contexte d'enfouissement favorable, ces dates anciennes ne peuvent être validées. Le sondage BFD08F4 a révélé la présence de deux bas fourneaux pour lesquels une seule date (BFD08F4-A3-2) a été validée parmi les trois charbons de bois collectés. Le charbon BFD08F4-B2-1 est situé dans la fosse, dont le comblement n'est pas lié à l'action directe des métallurgistes. Quant au charbon BFD08F4-B3-1, il est situé à l'extérieur de la structure et à une profondeur de -12 cm. Dans le premier cas, la date obtenue est près de 500 ans antérieure aux datations fiables issues des plus proches bas fourneaux, à l'inverse, la seconde date rejetée n'est daté que du 15^e siècle, ce qui paraît trop tardif. Les trois dernières dates subactuelles (GB08F4-1, KG08F1-1 et BFD08F2-4) correspondent à des charbons de bois polluant manifestement des structures anciennes.

Les données chronologiques se concentrent dans la région de Saga Gorou où 27 dates ont été obtenues. Les huit autres sont réparties sur les sites de Banizoumbou (3), Louguel (3), Gobéri (2) et dans la vallée du Goroubi (1).

La figure III.50 regroupe les données spatiales, typologiques et chronologiques des 36 bas fourneaux fouillés. Pour le secteur de Saga Gorou qui est le mieux doté, les bas fourneaux datés représentent moins de 1% des bas fourneaux recensés, il est donc délicat d'établir des conclusions typo-chronologiques précises. De même, la répartition spatiale de ces différents types et leur regroupement restent difficiles à interpréter et à extrapoler. L'information chronologique est directement liée à la préservation du charbon de bois qui dépend elle-même du type de bas fourneaux et de l'érosion des sols sur lesquels ils sont construits. En tenant compte de ces limites taphonomiques, nous présentons succinctement le bilan de ces données chronologiques.

Tableau III.1. Datations radiocarbone de bas fourneaux de métallurgie du fer (les dates rejetées sont grisées ; inc = type inconnu)

Nom	Type	Cote (cm)	fig.	N° labo	Matériel	Date ¹⁴ C BP	μ cal BP (2 σ)	Date cal BC/AD (2 σ)
KG08F1-3	SPa	-20	17	Poz-39948	Charbon de bois	4750 ± 60	5475	-3645/-3373
GB08F10-1	SCpv	-10	23	Ly-6330	Charbon de bois	4200 ± 35	4735	-2897/-2671
KG08F2-1	SPa	-20	17	Ly-6337	Charbon de bois	3710 ± 40	4055	-2271/-1977
GB08F12-1	SCpv	-25	23	Ly-6332	Charbon de bois	3560 ± 35	3850	-2021/-1773
SG08F2-2	SCe	-18	22	Ly-6147	Charbon de bois	2835 ± 30	2940	-1112/-911
BFD08F3-9	inc	-21	--	Ly-6313	Charbon de bois	2560 ± 30	2670	-805/-553
SG08F2-1	SCe	-16	22	Ly-6146	Charbon de bois	2505 ± 30	2595	-786/-522 :
BFD08F4-B2-1	SCe	-46	21	Ly-6314	Charbon de bois	2095 ± 30	2070	-196/-45
BNG08F1-2	SCe	--	--	Ly-6149	Charbon de bois	1785 ± 30	1710	133/335
BNG08F1-1	SCe	--	--	Ly-6148	Charbon de bois	1770 ± 30	1685	137/345
BFD08F1-3	inc	-30	--	Ly-6311	Charbon de bois	1680 ± 30	1590	258/425
BFD08F4-A3-2	SCe	-31	21	Poz-39924	Charbon de bois	1675 ± 30	1585	258/427
GB08F2-5	SCe	-71	20	Ly-6321	Charbon de bois	1625 ± 30	1505	352/537
GB08F1-7	SCe	-66	20	Ly-6320	Charbon de bois	1600 ± 30	1475	404/540
BKW08F1-7	SPa	-20	17	Ly-6316	Charbon de bois	1480 ± 30	1365	540/644
Gbi09F1-2	SPa	--	17	Ly-6328	Charbon de bois	1465 ± 30	1350	551/646
GB08F14-2	SPa	-12	--	Ly-6333	Charbon de bois	1375 ± 30	1295	607/685

LG09F1-4	SCe		20	Poz-39926	Charbon de bois	1330 ± 30	1255	647/770
GB08F16-2	SCe	-10	--	Ly-6335	Charbon de bois	1310 ± 30	1240	656/773
GB08F11-2	SCpv	-5	--	Ly-6331	Charbon de bois	1290 ± 30	1230	663/775
SG08F1-1	SPff	-4	16	Ly-6141	Charbon de bois	1270 ± 30	1215	664/855
LG09F2-2/2	SCe	--	--	Poz-41637	Charbon de bois	1260 ± 30	1205	669/862
LG09F2-2/1	SCe	--	--	Poz-39929	Charbon de bois	1245 ± 30	1185	682/870
SG08F1-5	SPff	-50	16	Ly-6145	Charbon de bois	1245 ± 30	1185	682/870
SG08F1-2	SPff	-9	16	Ly-6142	Charbon de bois	1235 ± 30	1170	687/879
GB08F15-1	SCe	-25	--	Ly-6334	Charbon de bois	1225 ± 30	1155	690/885
SG08F3-3	SPff	-22	16	Ly-6338	Charbon de bois	1220 ± 30	1150	692/888
SG08F1-4	SPff	-40	16	Ly-6144	Charbon de bois	1215 ± 30	1145	693/890
SG08F1-3	SPff	-20	16	Ly-6143	Charbon de bois	1210 ± 30	1135	694/892
GB08F5-B3-1	SCI	-15	19	Ly-6324	Charbon de bois	1040 ± 30	955	898/1033
GB08F5-B2-1	SCI	-10	19	Ly-6323	Charbon de bois	1035 ± 30	955	898/1036
GB08F5-B4-1	SCI	-20	19	Ly-6325	Charbon de bois	1000 ± 30	905	982/1153
BFD09F5-1	SCI	--	19	Ly-6317	Charbon de bois	930 ± 30	850	1025/1169
GB08F6-4	SCe	-24	20	Ly-6326	Charbon de bois	855 ± 30	770	1051/1259
GB08F6-5	SCe	-50	20	Ly-6327	Charbon de bois	840 ± 30	750	1058/1265
GB08F9-5	SCI	-23	19	Ly-6329	Charbon de bois	705 ± 30	655	1259/1386
BFD08F4-B3-1	SCe	-12	21	Ly-6315	Charbon de bois	690 ± 30	635	1265/1389
PLRD09F1-1	autre	scorie	24	Poz-39925	Charbon de bois	215 ± 30	185	1644/1955
GB08F4-1	Inc	-6	--	Ly-6322	Charbon de bois	190 ± 30	165	1648/1955
BNZ08F3-1	SPff	-10	--	Ly-6319	Charbon de bois	175 ± 30	160	1656/1954
KG08F1-1	SPa	-18	--	Ly-6336	Charbon de bois	175 ± 30	160	1656/1954
BNZ08F2-1	SPff	-10	16	Ly-6318	Charbon de bois	140 ± 30	145	1669/1945
BFD08F2-4	SCe	-20	--	Ly-6312	Charbon de bois	115 ± 30	135	1680/1939

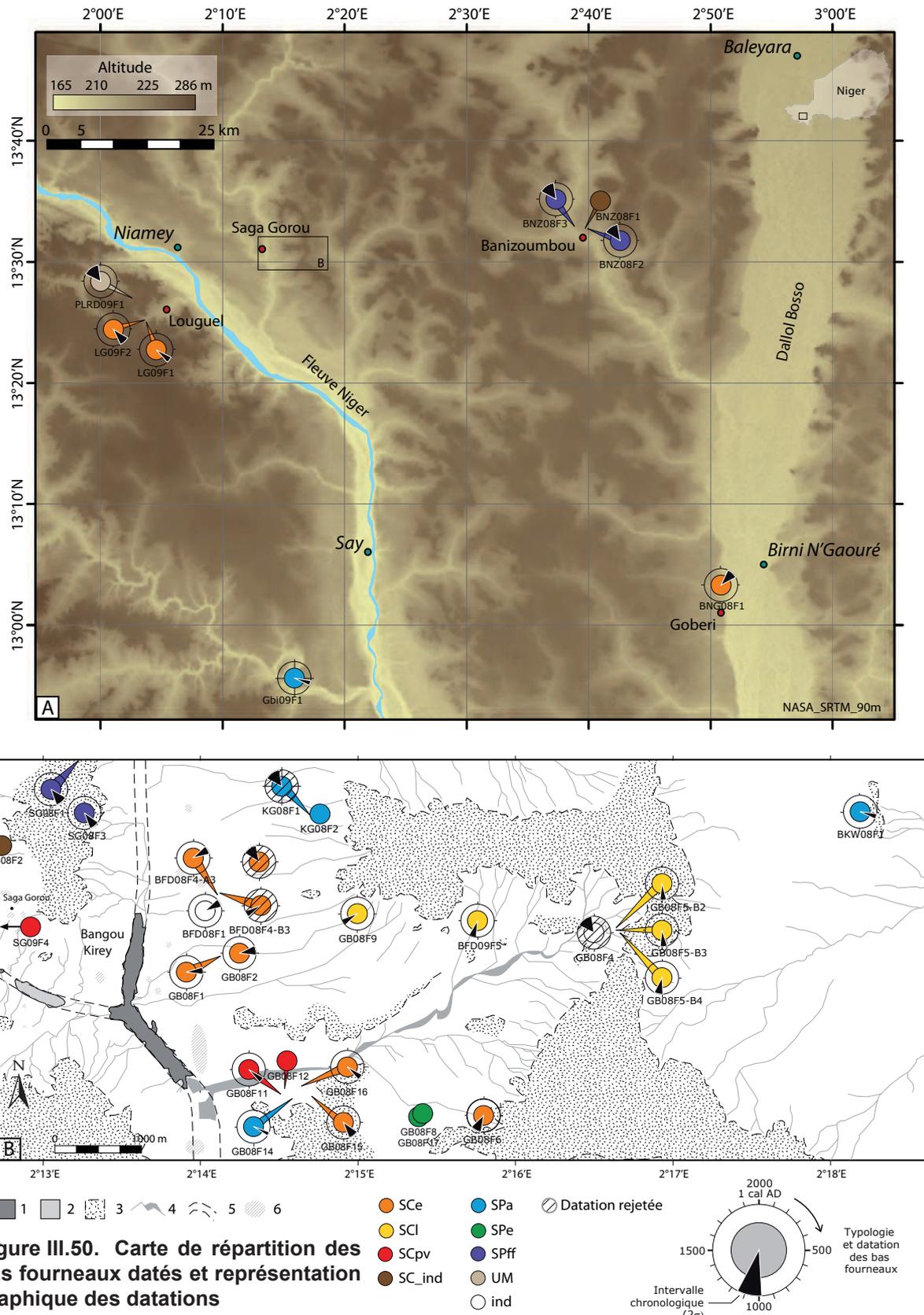
Curve IntCal 09, Oxcal 4.1. Bronk Ramsey, 2009

4.4.2 Bassin de Saga Gorou

La métallurgie du fer se développe dans les environs de Saga Gorou à partir du 4^e siècle de notre ère ; les bas fourneaux qui ont bénéficié du plus grand nombre de datations sont ceux à scorie coulée par égouttage (SCe), car ils sont très fréquents

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère



et leur architecture favorise la préservation des charbons de bois dans les zones non érodées. Selon la datation de sept bas fourneaux, leur fonctionnement s'étendrait du 5^e au début du 13^e siècles, toutefois deux périodes ne sont pas couvertes, vers les 6^e et 7^e siècles et vers les 9^e et 10^e siècles. S'ensuivent les bas fourneaux à scorie piégée en anneau (SPa) pour lesquels deux dates fiables ont été obtenues, elles indiquent une utilisation vers le 6^e et le 7^e siècles. Au 7^e siècle apparaissent également les bas fourneaux à scorie piégée en fond de four (SPff), pour lesquels nous disposons de six dates pour deux bas fourneaux. Ils sont construits principalement sur les plateaux au nord de Saga Gorou, ce type de bas fourneaux ne semble plus être utilisé au-delà du 9^e siècle. Les bas fourneaux à scorie coulée de petit volume sont peu propices à la préservation de charbons de bois, un seul a pu être daté, il est utilisé entre la fin du 7^e et la fin du 8^e siècles. Les bas fourneaux à scorie coulée latérale (SCI) ont été datés par cinq fois, trois d'entre eux sont distants de moins d'un mètre, ils ont tous fonctionné du 10^e au 14^e siècles. Pour la deuxième moitié du deuxième millénaire de notre ère, la région de Saga Gorou ne dispose d'aucune date fiable. De plus, les bas fourneaux à scorie piégée en entonnoir (SPe) n'ont pu être datés, le mode de fonctionnement et l'architecture réduisent fortement les possibilités de découvrir des charbons de bois qui y seraient associés. Toutefois, selon les études ethnographiques menées dans l'Ader (Échard, 1983) et plus généralement dans le Sud-ouest du Niger, ce type de bas fourneaux à usage unique est le seul connu par les métallurgistes de la première moitié du 20^e siècle ; aucun indice ne permet de confirmer qu'ils aient fonctionné antérieurement au 19^e siècle.

Ainsi, l'activité métallurgique dans la région de Saga Gorou s'étend du 4^e au 20^e siècles, mais deux périodes se distinguent, l'une entre le 4^e et le 14^e siècles durant laquelle la plupart des types de bas fourneaux sont utilisés et la seconde entre le 19^e et la première moitié du 20^e siècles où seul le bas fourneau à scorie piégée en entonnoir (SPe) semble avoir été construit par les métallurgistes. L'activité paraît s'interrompre durant au moins trois siècles (entre le 15^e et le 18^e siècles) comme en témoigne l'absence de structure datée de cette période. Les données ethnographiques montrent la présence d'une période de trouble vers le 17^e siècle, ce qui pourrait correspondre à la fin de ce hiatus.

4.4.3 Les autres régions

Les dates radiocarbone disponibles pour les quatre autres secteurs sont peu nombreuses, ce qui limite considérablement leur interprétation. Parmi les dates fiables, nous constatons que les plus anciennes sont celles obtenues à Gobéri où

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

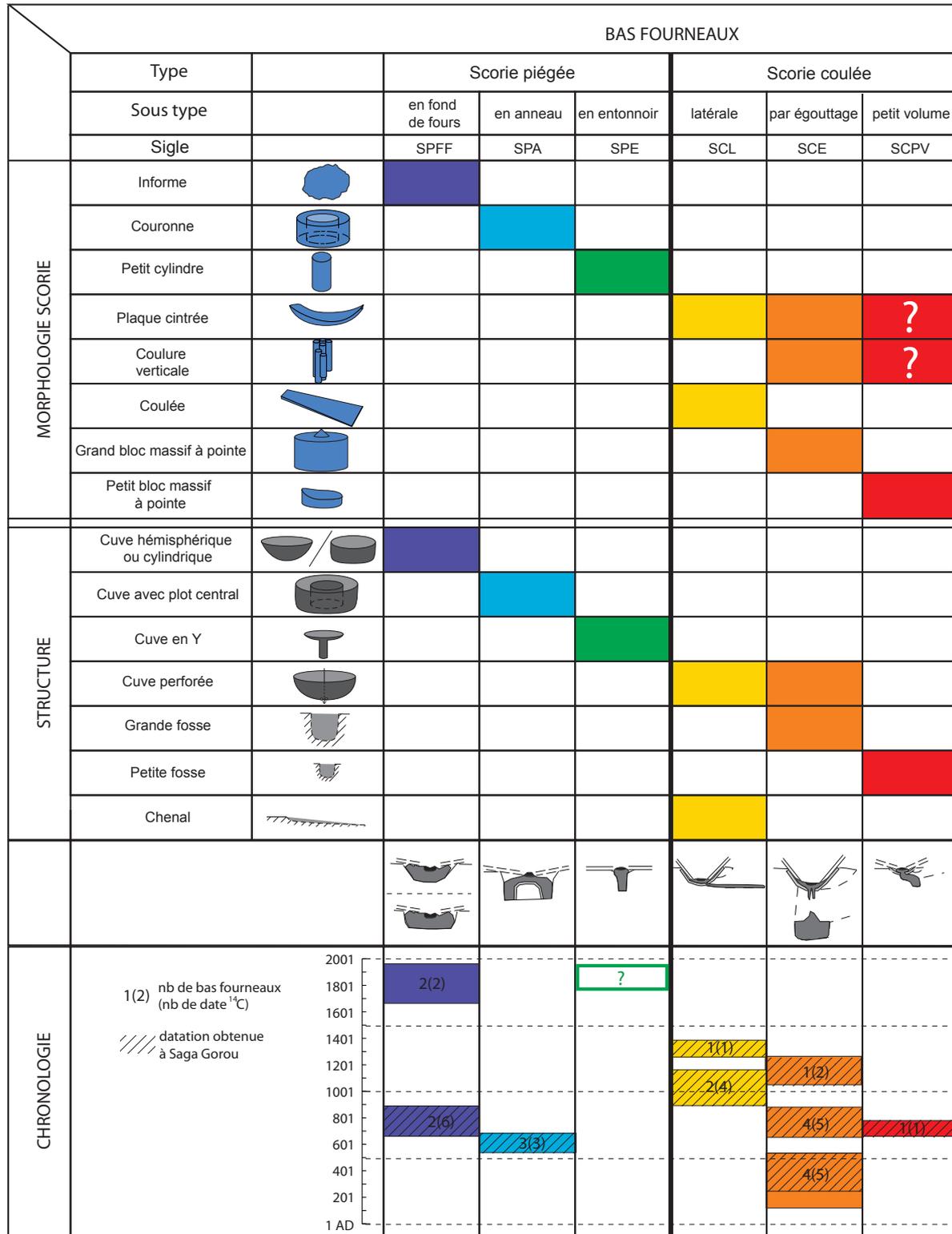


Figure III.51. Bilan des différences typologiques des bas fourneaux au Sud-ouest du Niger

deux charbons de bois d'un même bas fourneau de type S_{Ce} sont datés entre la première moitié du 2^e siècle et la première moitié du 4^e siècle de notre ère, soit peu de temps avant ceux de Saga Gorou.

Dans la vallée du Goroubi, le bas fourneau de type S_{Pa} est daté entre la moitié du 6^e et la moitié du 7^e siècles, ce qui est contemporain de ceux de Saga Gorou, qui est distant de 65 km au nord.

À Louguel, deux bas fourneaux de type S_{Ce} ont été datés, ils sont situés au pied du talus de plateau à proximité d'un habitat ancien. L'un est daté entre la moitié du 7^e siècle et la seconde moitié du 8^e siècle et l'autre entre la seconde moitié du 7^e et la seconde moitié du 9^e siècle. Cette période est contemporaine de celle obtenue dans les environs de Saga Gorou. Sur le plateau, un des trois bas fourneaux à un usage multiple (BF-UM) a été daté post 17^e siècle, le charbon de bois utilisé pour l'analyse radiocarbone a été échantillonné dans la scorie, ce qui valide avec certitude la datation.

À Banizoumbou, les deux datations de bas fourneaux à scorie piégée en fond de fours (S_{Pff}) sont également tardives. L'incertitude de la courbe de ¹⁴C atmosphérique produit une marge d'erreur très large entre le milieu du 17^e et le milieu du 20^e siècles, or les enquêtes menées au-près de la population locale nous précisent que ces bas fourneaux ont été construits au début du 20^e siècle. Toutefois, l'ensemble des bas fourneaux prospecté ne peut être considéré comme contemporain du 20^e siècle, il est fort probable qu'une majorité d'entre eux soient beaucoup plus anciens car les bas fourneaux observés lors des prospections sont principalement de type S_{Ce}. De nouvelles datations doivent être entreprises pour mieux cerner le cadre chronologique de cette production, mais les sols très érodés sur lesquels sont aujourd'hui retrouvés ces bas fourneaux ne facilitent pas la découverte de charbons de bois fiable.

4.5 1500 ans de métallurgie discontinue

Entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso, la métallurgie du fer est pratiquée depuis le 4^e siècle, plusieurs types de bas fourneaux à usage unique ont été produits, ils témoignent d'un savoir-faire multiple qui a perduré durant 1000 ans jusqu'au 14^e siècle. Cinq des types de bas fourneaux semblent avoir coexisté, leur très bonne conservation a permis d'établir une typologie en fonction de la morphologie des scories produites et des structures (Figure III.51). La plupart des bas fourneaux est méconnue, à l'exception de ceux de type S_{Pff} largement répandus, des hypothèses de fonctionnement ont ainsi été proposées. De plus, rares sont les datations disponibles dans la littérature ; seule l'étude des bas fourneaux S_{Pa} cartographiés au nord-est du Burkina Faso a livré deux

dates indiquant un fonctionnement autour de l'an 1000 (Fabre, 2009).

La présence de plusieurs types de bas fourneaux sur une surface réduite comme celle de la région de Saga Gorou illustre l'abondance architecturale et technique des bas fourneaux et tout particulièrement sur le continent africain, où chaque région, chaque ethnie, a développé un ou plusieurs type(s) de bas fourneaux pour réduire le fer. Cependant, dans les environs de Niamey, la construction de ces cinq types de bas fourneaux semble s'interrompre à la fin du 14^e siècle. Seules les datations de deux bas fourneaux SPff à Banizoumbou se révèlent être postérieures au 18^e siècle. Or, selon les textes anciens et la tradition orale, à la fin de l'empire Songhaï, les « peuples anciens » abandonnent leur territoire vers le 16^e et le 17^e siècles et la région est investie par des *strates d'immigrants plus ou moins anciens et hétéroclites entre le 16^e et le 19^e siècles* (Olivier de Sardan, 1984, p. 20). Ce changement de population dans la région concorde avec une forte baisse voire une absence d'activité métallurgique dans le Sud-ouest du Niger. L'arrêt de cette pratique a pu engendrer une perte de savoir-faire des métallurgistes ; alors qu'ils construisaient durant les siècles précédents plusieurs types de bas fourneaux à usage unique, seuls deux types, les bas fourneaux SPa et SPff, semblent avoir été utilisés au-delà du 18^e siècle. Il en est probablement de même pour les bas fourneaux à usage multiple (BF-UM) sur la rive gauche du fleuve Niger ; en effet, celui décrit et reconstitué par Celis (1994) à Yelwani (Niger) est semblable à ceux découverts sur les plateaux de Louguel dont les dates sont postérieures au milieu 17^e siècle. Or, ils ne peuvent être comparés avec les bas fourneaux de type SPa comme cela a été fait avec ceux de Markoye (Fabre, 2012) même si les limites de cette étude ont été abordées par l'auteur. Cette rupture d'activité entre le 14^e et le 18^e siècles nécessite d'être prudent dans l'utilisation des données ethnographiques en dehors de leur cadre chronologique, car elles sont dans la région coupées des réalités archéologiques. L'extrapolation de telles données sur des périodes anciennes a souvent été utilisée par les africanistes, ce qui a généré de nombreux biais historiques. L'ethnographie est cependant indispensable pour la compréhension des mythes et des rituels qui font partie intégrante des sociétés africaines, mais l'impression d'un continent sans histoire a été amplifié en faisant des faits subactuels une généralité historique.

5. Analyse spatiale des bas fourneaux à l'échelle du bassin versant⁹

5.1 Introduction

Les métallurgistes ont construit un très grand nombre de bas fourneaux à usage unique pour lesquels la répartition spatiale est hétérogène. En effet, la densité de construction est très variable, certains secteurs montrent de forte concentration, alors que d'autres sont totalement dépourvus de bas fourneau. L'organisation de ces sites sidérurgiques peut répondre à une multitude de facteurs d'ordres géologique, géomorphologique, et socioculturel. L'utilisation de bas fourneaux à usage unique a contraint les métallurgistes à choisir au cours des 1000 ans de pratiques différentes zones de construction. Cette répartition a été étudiée à l'échelle des bassins versants de Saga Gorou en tenant compte de la topographie, et de l'état de surface actuel du bassin.

5.2 Répartition spatiale vs unités de surface

5.2.1 Cartographie des unités de surface

Pour identifier les facteurs qui ont déterminé les métallurgistes à choisir telle ou telle zones pour construire leurs bas fourneaux, une carte de l'état de surface actuel du bassin versant a été réalisée afin de rendre compte des zones préférentiellement choisies par les métallurgistes pour l'implantation de leur activité.

Le paysage géomorphologique du bassin versant est constitué de plateaux latéritiques cuirassés étagés, vestiges de surfaces d'érosion et de grands glacis tertiaires, entaillés par des vallées fossiles (cf chap1 §4). L'analyse spectrale¹⁰ d'une image satellite SPOT5 datée de novembre 2005 (Figure III.52) et couvrant les bassins versant de Saga Gorou a permis d'identifier sept unités de surfaces (Figure III.53) qui sont définies en fonction de leur position topographique comme suit :

Les surfaces en eau, correspondant aux deux lacs permanents, couvrent une superficie de 0,4 km² autour desquelles des zones fortement arborées ou maraîchères se développent sur 0,6 km², le plus souvent, dans les bas-fonds. Les ravinements anciens ou récents, sont répartis sur 1,2 km². Ils incisent les versants qui se différencient en fonction de la nature du sol et de la couverture végétale : un bas versant sableux meuble, aujourd'hui occupé par les habitations et les cultures de mil (10,5 km²) et un

9] Les paragraphes suivants sont issus en grande partie de l'article référencé : Guillon R., Petit C., Rajot J.L., Bichet V., Idé O.A., Garba Z., Sebag D., Touré A.A., 2012. Analyse de la répartition spatiale de bas fourneaux d'un territoire sidérurgique au sud-ouest du Niger (4^e-14^e siècles ap. J.-C.). *Cambridge Monographs in African Archaeology* 81, BAR International Series 2395. p. 153-163.

10] L'analyse a été réalisée à l'aide du logiciel ENVI

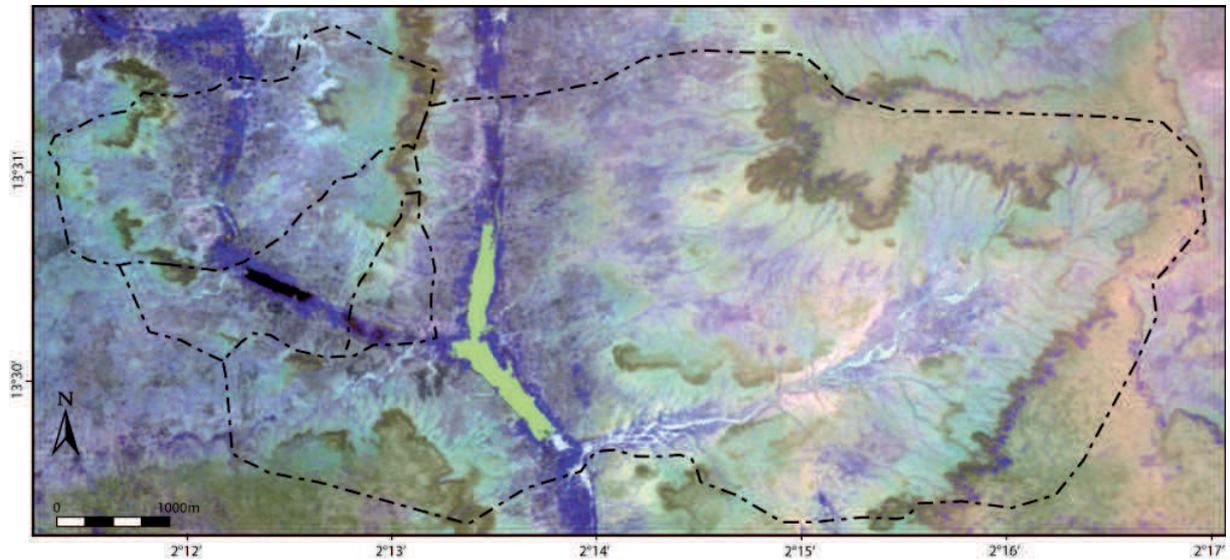


Figure III.52. Image spot 5 (couleur modifiée ; novembre 2005) et limite des bassins versants

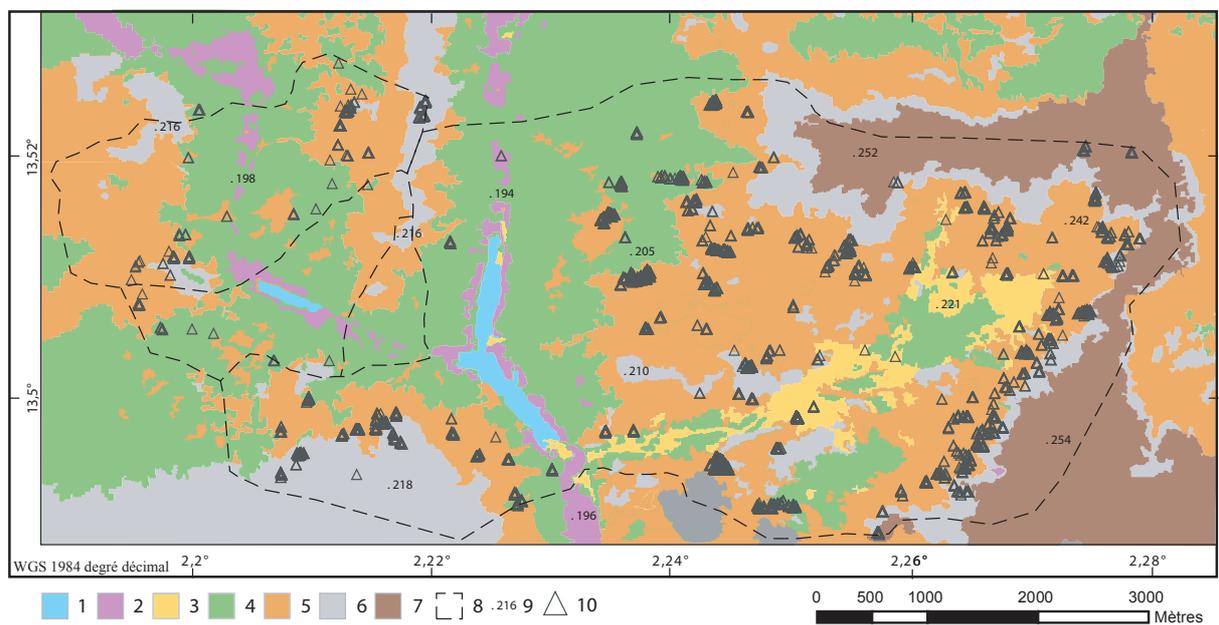


Figure III.53. Carte de répartition des bas fourneaux et des unités de surfaces

1 : Eau ; 2 : Végétations ; 3 : Zone de ravinement ; 4 : Versant sableux meuble ; 5 : Versant sableux encroûté ; 6 : Surface cuirassée (moyen et haut glacis ; 7 : Plateau supérieur ; 8 : Limites des bassins versants ; 9 : Altitude ; 10 : Bas fourneaux

haut versant sableux encroûté (11,8 km²). La surface restante des bassins versants (7,3 km²) est constituée de latérites cuirassées. La surface cuirassée du moyen glacis apparaît à mi-versant en de nombreux points et forme une large zone tabulaire au sud-ouest de notre zone d'étude. Cette surface est regroupée avec celle du haut glacis qui arme les talus des hauts plateaux. Ces deux entités couvrent une superficie de 4,6 km² et renferment de nombreux affleurements de bancs d'oolithes ferrugineuses interstratifiés appartenant à la formation géologique du Continental terminal (Ct3) (Dubois et Lang, 1984). Pour finir, la surface cuirassée supérieure, dite surface intermédiaire, forme un plateau à surface encroûtée et caillouteuse d'une superficie de 2,7 km² où la végétation arbustive a pratiquement disparu.

5.2.2 Résultats

Sur les 32 km² du secteur d'étude, 4504 bas fourneaux ont été recensés. Leur répartition spatiale est à première vue très hétérogène. Plus de 75% des structures de réduction du fer se trouvent sur les versants sableux encroûtés où la densité atteint 296 bas fourneaux par km² (Figure III.54). Sur le bas versant, où les sols sont sableux et cultivés, la densité n'est que de 39 par km². Les surfaces cuirassées de mi-versant, pentues ou tabulaires présentent une densité qui s'élève à 113 bas fourneaux par km², alors que les plateaux supérieurs ont une densité faible de 22 bas fourneaux par km².

Les bas fourneaux qui nécessitent le creusement d'une fosse n'ont pas été directement installés sur les affleurements d'oolithes ferrugineuses qui arment le sommet des haut et moyen glacis ou des plateaux cuirassés. Ils occupent essentiellement les hauts de versants qui présentent une couverture sableuse plus facile à creuser. Les bas fourneaux qui ont été construits sur le moyen glacis ou les talus sont largement érodés, ceci implique donc la présence lors de leur installation d'une couverture sableuse qui a aujourd'hui disparu. De même, sur les plateaux, ce sont les surfaces couvertes d'un voile sableux qui ont été utilisées par les métallurgistes et non les surfaces caillouteuses.

Dans la plupart des cas, la ressource en minerai n'est pas très éloignée ; la moitié des bas fourneaux se trouve à moins de 100 m de zones potentiellement utilisables comme sources de minerai de fer.

La prospection exhaustive permet d'affirmer que les secteurs à proximité des bas-fonds ont été très peu utilisés par les métallurgistes alors qu'ils ont un certain potentiel pour les ressources en eau, en bois et en argile, des éléments indispensables à la construction des structures de réduction et à leur fonctionnement. L'absence de bas fourneaux près de ces zones semblent donc relever d'une volonté des métallurgistes.

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

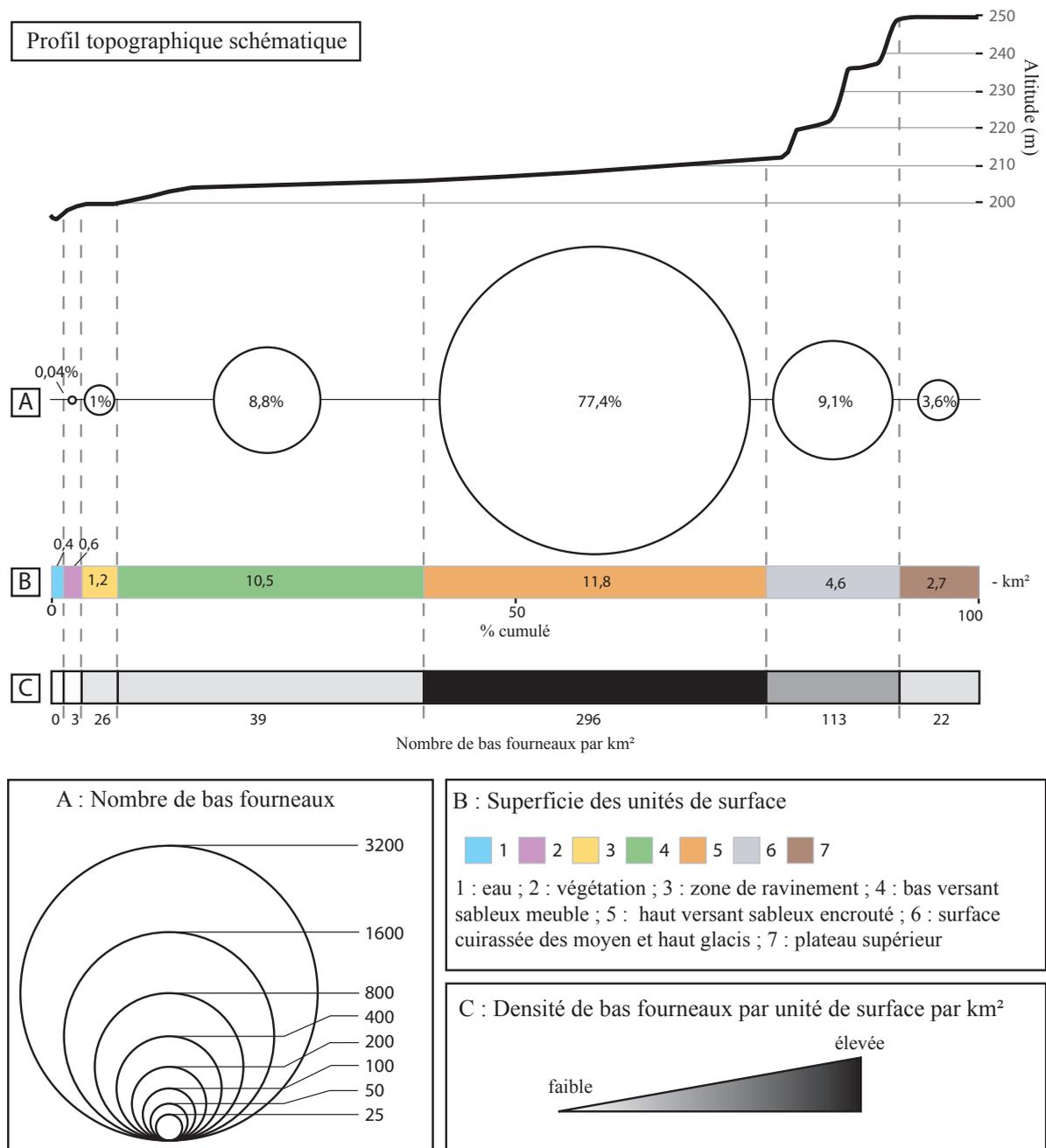


Figure III.54. Comptage et densité des bas fourneaux en fonction des unités de surface

5.3 Organisation spatiale des ensembles métallurgiques

5.3.1 Des regroupements de bas fourneaux

Si la répartition des bas fourneaux paraît globalement contrainte par des facteurs géomorphologiques (sol meuble pour creuser les fosses et proximité du minerai), les différences de concentrations semblent plus être le résultat de facteurs sociaux que de contraintes liées au milieu naturel. La répartition spatiale des 4 504 bas fourneaux et leur concentration peuvent être mises en évidence par l'utilisation d'outils mathématiques (K(r) de Ripley et la méthode du noyau) pour la réalisation d'une carte de densité.

5.3.2 Méthodes

5.3.2.1 La fonction K de Ripley

L'analyse de la fonction K de Ripley permet de tester la répartition spatiale des bas fourneaux en la comparant à une répartition aléatoire issue de la loi de Poisson (Besag, 1977). Cette analyse permet également d'identifier les concentrations relatives et la ségrégation de semis de points à différentes échelles. Cette répartition peut ainsi être qualifiée d'agrégée, de régulière ou d'aléatoire selon le cas (Bevan & Conolly, 2006). Cette méthode a l'avantage de tenir compte des différentes échelles spatiales et de ne pas être influencée par la taille et la forme de la zone d'étude (Deweirdt, 2010). Elle a donc été préférée à l'analyse du plus proche voisin (*nearest neighbor analysis*) plus communément utilisée.

5.3.2.2 L'analyse de densité par la méthode du noyau

Cette méthode également appelée *Kernel density estimation* permet, dans le cas d'une distribution agrégée, de délimiter les différents groupes de points en effectuant un lissage des densités de points. En archéologie, les cartes de densité d'artefacts sont interprétées comme le reflet d'actions ritualisées accomplies à des endroits spécifiques (Barceló, 2002).

5.3.3 Résultats

L'analyse de la fonction K(r) de Ripley met en évidence une disposition agrégée des bas fourneaux et ceci à toutes les échelles. À l'intérieur de la zone d'étude, des secteurs géographiques où se concentrent les bas fourneaux peuvent être délimités ; au sein de ces mêmes secteurs, une nouvelle distribution agrégée est décelée à une échelle plus locale.

La carte de densité (Figure III.55) permet d'identifier une vingtaine de zones dont la densité de probabilité est supérieure à 0,15. Ces zones délimitent des surfaces

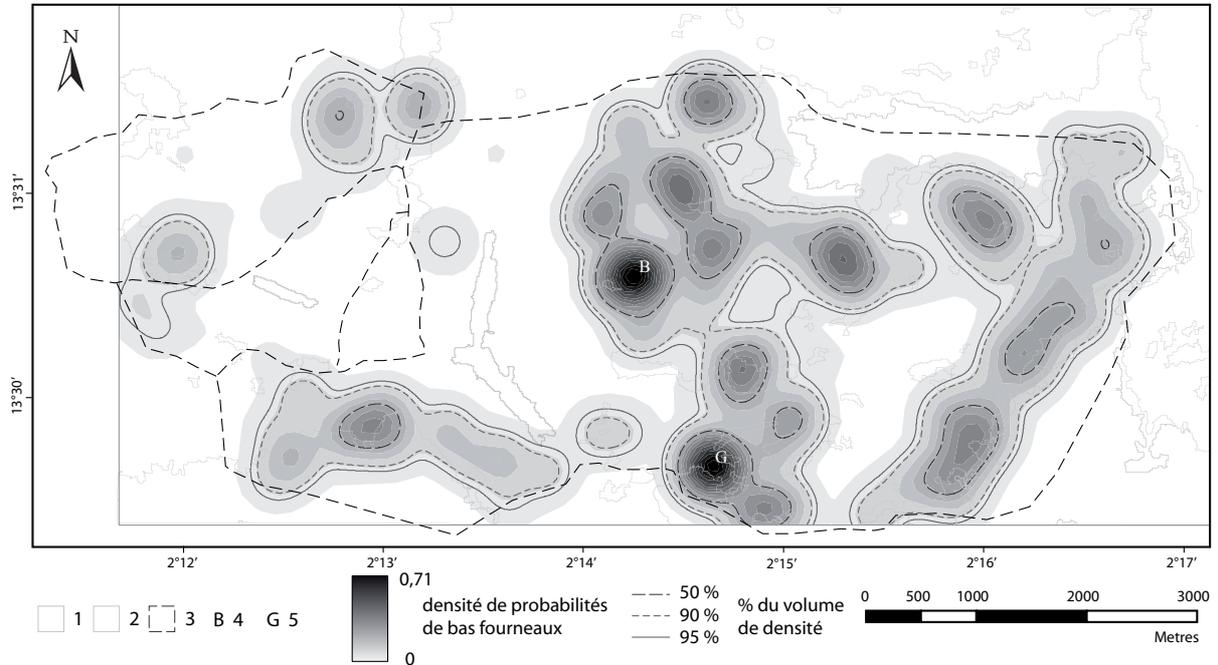


Figure III.55. Carte de densité par la méthode du noyau construite avec un rayon d'influence h de 160 m déterminé par la valeur maximale de la fonction transformée $L(r)$ de l'analyse $K(r)$ de Ripley tel que le définit Zaninetti (2005)

1 : Plateaux et haut et moyen glacis ; 2 : Lacs ; 3 : Limites des bassins versants ; 4 : Bilfouda ; 5 : Garbel

sur lesquelles se concentre l'activité de métallurgie. Le contour à 95% du volume de densité englobe seulement 46% du secteur étudié. Autrement dit, la majeure partie des bas fourneaux se trouve concentrée sur moins de la moitié de la surface disponible. Par conséquent, de très grandes surfaces autour des bas-fonds et sur les plateaux en sont totalement dépourvues.

La délimitation des groupes de densité permet d'individualiser différents secteurs géographiques qui peuvent donc être interprétés comme des ensembles métallurgiques, lieux où se concentre la construction de bas fourneaux.

5.4 Discussion

La répartition spatiale des bas fourneaux dans le secteur d'étude montre une organisation qui semble répondre d'une part à des exigences géomorphologiques par la proximité des talus riches en minerai de fer et par la présence d'une couche sableuse suffisamment épaisse pour creuser la fosse de collecte des scories, d'autre part à des facteurs anthropiques étant donné la répartition non uniforme des ensembles métallurgiques le long de ces talus.

Les prospections exhaustives menées sur ce territoire garantissent la présence de zones de concentration de ces vestiges métallurgiques et de zones où ils sont absents. Celles-ci peuvent s'expliquer par des facteurs ethnoculturels tels que la propriété du territoire, l'appartenance ethnique, ou bien encore les croyances spirituelles des métallurgistes, comme cela est fortement évoqué par les études ethnographiques (Échard, 1983 ; Luxereau, 1983). Les rituels et les exigences de chaque groupe ethnique favorisent une prise de choix dans l'implantation des bas fourneaux qui est aujourd'hui difficile à interpréter. Pour les sites archéologiques du Bawmu au Burkina Faso, Coulibaly (2006, 160) précise que *les facteurs qui, d'une manière ou d'une autre, ont pu contraindre les métallurgistes à implanter à tel ou tel autre endroit un atelier de réduction ne sont guère faciles à identifier.*

Nous constatons toutefois que les ensembles métallurgiques sont préférentiellement implantés sur les zones sableuses au plus près du minerai, ce qui paraît être la principale condition d'implantation des bas fourneaux. Or, les points d'approvisionnement en eau et en bois, autres éléments nécessaires à la production du fer, sont actuellement concentrés dans les bas fonds et donc éloignés des structures de réduction. Cependant, la localisation de ces ressources ne pouvait pas être négligée dans le choix du lieu de construction des bas fourneaux, car comparé au minerai de fer, le transport de l'eau et du bois n'est pas plus aisé et les volumes à transporter étaient

vraisemblablement équivalents. La répartition actuelle de ces ressources résulte en réalité d'une détérioration progressive du paysage sahélien depuis une soixantaine d'années. Cela sous-entend qu'antérieurement aux années 1950 cette ressource, en particulier le bois, était nettement mieux répartie et plus abondante (Abdourhamane Touré, 2011). En faisant l'hypothèse qu'il en était de même au cours du premier millénaire de notre ère, l'approvisionnement en bois des bas fourneaux n'aurait donc pas constitué une contrainte. Quant à l'eau, son accès est envisageable par des puits situés au plus près des ensembles métallurgiques. Cette pratique était ordinaire avant les années 1950 car la nappe phréatique était nettement plus basse qu'aujourd'hui et les lacs dans les bas-fonds n'existaient pas (Leduc *et al.*, 2001).

Si à l'échelle du bassin versant les contraintes géomorphologiques sont prégnantes, les concentrations à plus petites échelles sont liées à des facteurs anthropiques de nature sociétale, culturelle et/ou rituelle. La distribution clustérisée des bas fourneaux rend compte de la dynamique de l'activité métallurgique qui s'est développée sur plus d'un millénaire dans le cadre géomorphologique de la région de Niamey. Le territoire sidérurgique structuré sur le long terme révèle une certaine continuité dans la pratique de la métallurgie.

Ces agencements ont ensuite été étudiés à plus petite échelle en utilisant des outils mathématiques propres à l'analyse spatiale.

6. Analyse spatiale de deux fortes concentrations¹¹

6.1 Les sites de Bilfouda et de Garbel

Au sein des 4 504 bas fourneaux à usage unique prospectée dans les bassins versant de Saga Gorou, deux fortes concentrations de bas fourneaux ont été repérées et mises en évidence par la mesure de densité par la méthode du noyau. Ces deux entités situées dans les localités de Bilfouda et de Garbel possèdent un grand nombre de bas fourneaux, dont la distribution spatiale à toutes les échelles est agrégée. Ceux-ci sont principalement localisés sur les surfaces sableuses en contrebas des talus de plateaux où affleurent les oolithes ferrugineuses exploitées comme minerai de fer.

Le groupe de Bilfouda est situé au centre du bassin versant de Bangou Kirey. Il se

11] Ce paragraphe est principalement issu de l'article suivant :

Guillon R., Petit C., Rajot J.L., Bichet V., Sebag D., Idé O.A., Garba Z., 2013. Analyse de l'organisation spatiale de deux sites de production du fer dans le Sud-ouest du Niger. *ArchéoSciences. Revue d'archéométrie* 37, p.123-134.

compose de 470 bas fourneaux de même typologie de type scorie coulée par égouttage (SCe) qui, selon les datations radiocarbone de deux structures de réduction, ont fonctionné entre le 4^e et le 6^e siècles AD (Tableau III.1 et Figure III.50). Quant au groupe de Garbel, situé sur la bordure sud du bassin versant à 1 800 m de Bilfouda, il est constitué de 456 bas fourneaux de types : scorie piégée en anneau (SPa), scorie coulée par égouttage (SCe) et scories coulées de petit volume (SCpv). Quatre bas fourneaux ont été datés par radiocarbone entre le 7^e et le 9^e siècles AD (Tableau III.1 et Figure III.50).

L'objectif de cette étude est de mettre en évidence, au sein de ces deux concentrations, l'organisation des bas fourneaux à différentes échelles spatiales en recherchant l'influence de facteurs environnementaux, chronologiques et humains. Pour cela, plusieurs méthodes mathématiques provenant de l'analyse spatiale ont été utilisées.

6.2 Méthodes

6.2.1 Géoréférencement

Les bas fourneaux ont été cartographiés à partir de photographies aériennes réalisées à basse altitude (Figure III.56) qui ont été géoréférencées et orthorectifiées à l'aide d'un Système d'Information Géographique (SIG). Le relevé des structures de réduction a été complété par une seconde mission sur le terrain afin de corriger et de compléter le plan sur les zones où les bas fourneaux étaient peu visibles. La précision de la position géographique des bas fourneaux est de l'ordre du mètre.

La distribution spatiale agrégée des bas fourneaux ouvre la possibilité de réaliser plusieurs analyses spatiales dans le but de caractériser et d'individualiser des groupes ; pour cela, différentes méthodes ont été employées sous un SIG (ArcGIS) et avec le logiciel R.

6.2.2 La classification ascendante hiérarchique selon la méthode de Ward

Une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a pour but de partitionner en classes un nuage de points. Pour cela, la distance euclidienne entre les points, ou individus est calculée ; elle correspond à la distance la plus courte entre deux éléments.

La distance entre classes est, quant à elle, calculée selon la méthode de Ward en utilisant une analyse de la variance. Cette méthode définit une arborescence telle que la somme des distances au carré entre les points et le centre des groupes auxquels ils appartiennent soit minimale (Ward, 1963). Cette méthode fournit ainsi une hiérarchie de partitions, les groupes les plus significatifs sont déterminés par coupure de l'arbre

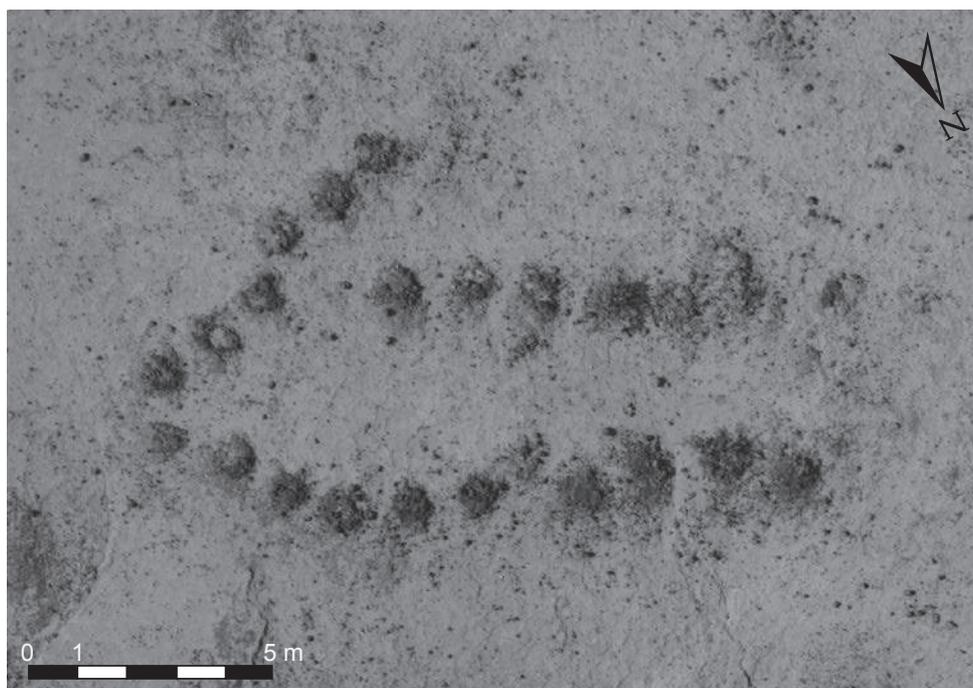


Figure III.56. Photographie aérienne à basse altitude de batteries de bas fourneaux en ligne du site métallurgique de Garbel (13°29'40,45"N – 2°14'40,80"E)

en fonction des valeurs de dissimilarité (Lebart *et al.*, 2000).

6.2.3 La Méthode des k-moyennes

Cette méthode de partition, fondée sur la distance entre points, produit une répartition en secteurs, ici des ellipses, pour lesquels K barycentres sont déterminés de manière arbitraire dans un nuage de points (Zaninetti, 2005). Elle permet ainsi de diviser ce nuage en un nombre donné de groupes dont le noyau est défini par un critère de séparation. Les centres des groupes sont alors recalculés pour chaque point ajouté, si un point appartenant à un groupe se trouve plus proche du centre d'un autre groupe, il est réattribué (Conolly & Lake, 2006). En revanche, cette méthode ne permet pas de discriminer les groupes organisés en ligne.

6.2.4 L'arbre couvrant de poids minimum

Dans un nuage de points quelconque, la représentation de l'arbre couvrant de poids minimum est celle d'un graphe connexe et sans cycle pour lequel la somme des distances entre les points est minimale (Gower & Ross, 1969 ; Zahn, 1971). Cette méthode permet d'établir un lien de proche en proche entre les bas fourneaux en recherchant la plus courte distance entre les individus, ce qui permettra pour notre jeu de données de mettre en évidence un plan d'organisation.

6.3 Résultats

6.3.1 Le site de Bilfouda

Le dendrogramme issu de la classification ascendante hiérarchique selon la méthode de Ward appliquée à l'ensemble des bas fourneaux, tous de type II, fournit quatre groupes principaux (Figure III.57-A). Ils sont constitués respectivement de 70, 121, 126 et 153 bas fourneaux occupant chacun une superficie d'environ 1 000 m² (Figure III.57-B). Les groupes de niveau inférieur ne peuvent pas être individualisés par cette méthode étant donné les faibles valeurs de dissimilarité ; une méthode de partition est alors nécessaire.

La méthode des k-moyennes a permis de déterminer des groupes de plus petites dimensions en recherchant le nombre maximal de groupes parmi l'ensemble des structures de réduction. 59 groupes sont ainsi mis en évidence (Figure III.58), ils sont matérialisés par des ellipses qui symbolisent les surfaces sur lesquelles est regroupé le plus petit nombre de bas fourneaux possible. La superficie de ces ellipses est comprise entre 6 et 63 m² avec une valeur médiane de 19 m². Le nombre de bas fourneaux par ellipse est compris entre 4 et 15, avec une médiane de 7 qui représente

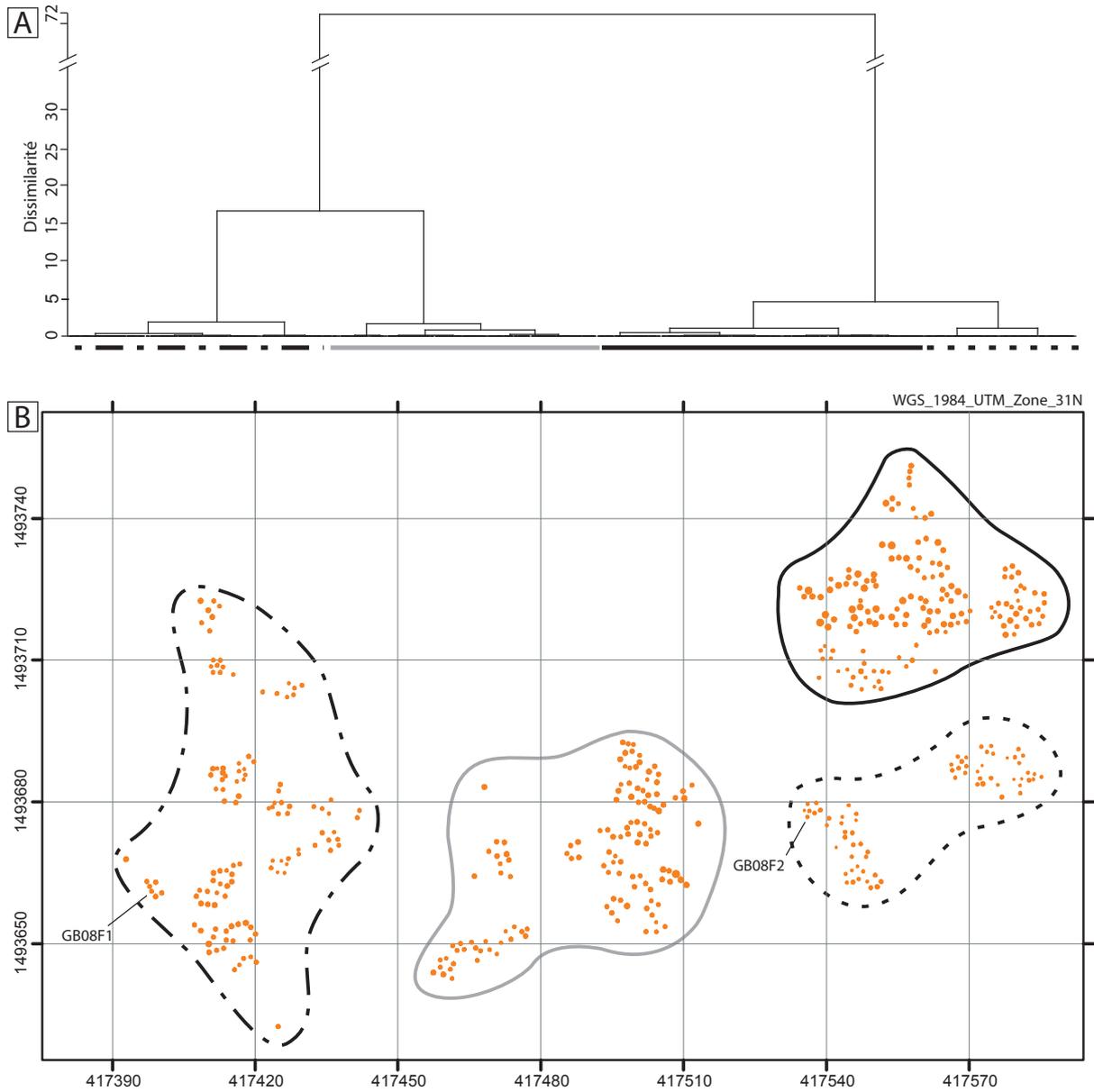


Figure III.57. Site métallurgique de Bilfouda.

A. Dendrogramme de Ward

B. Carte de répartition des bas fourneaux (SCe) et les quatre groupes principaux issus de la CAH selon la méthode de Ward

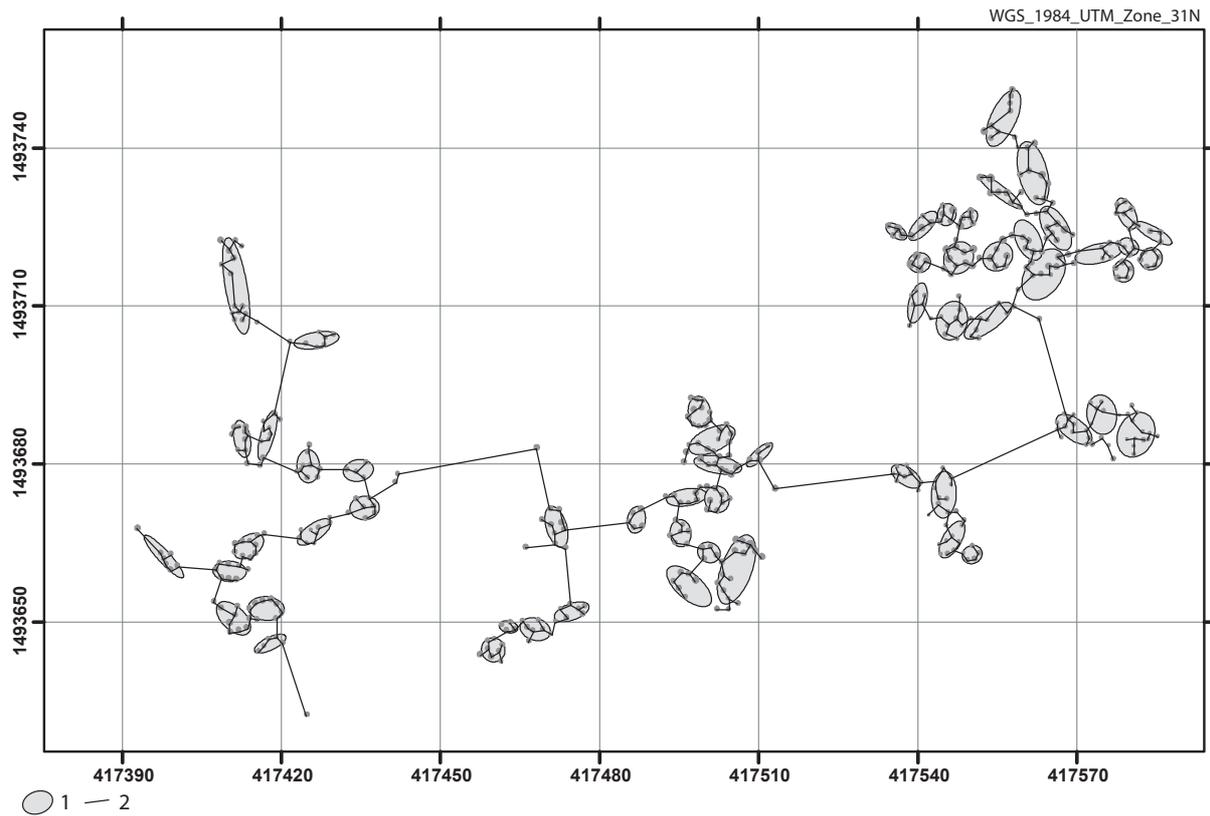


Figure III.58. Site métallurgique de Bilfouda.

1 : Groupes issus de la méthode des k-moyennes ; 2 : Arbre couvrant de poids minimum

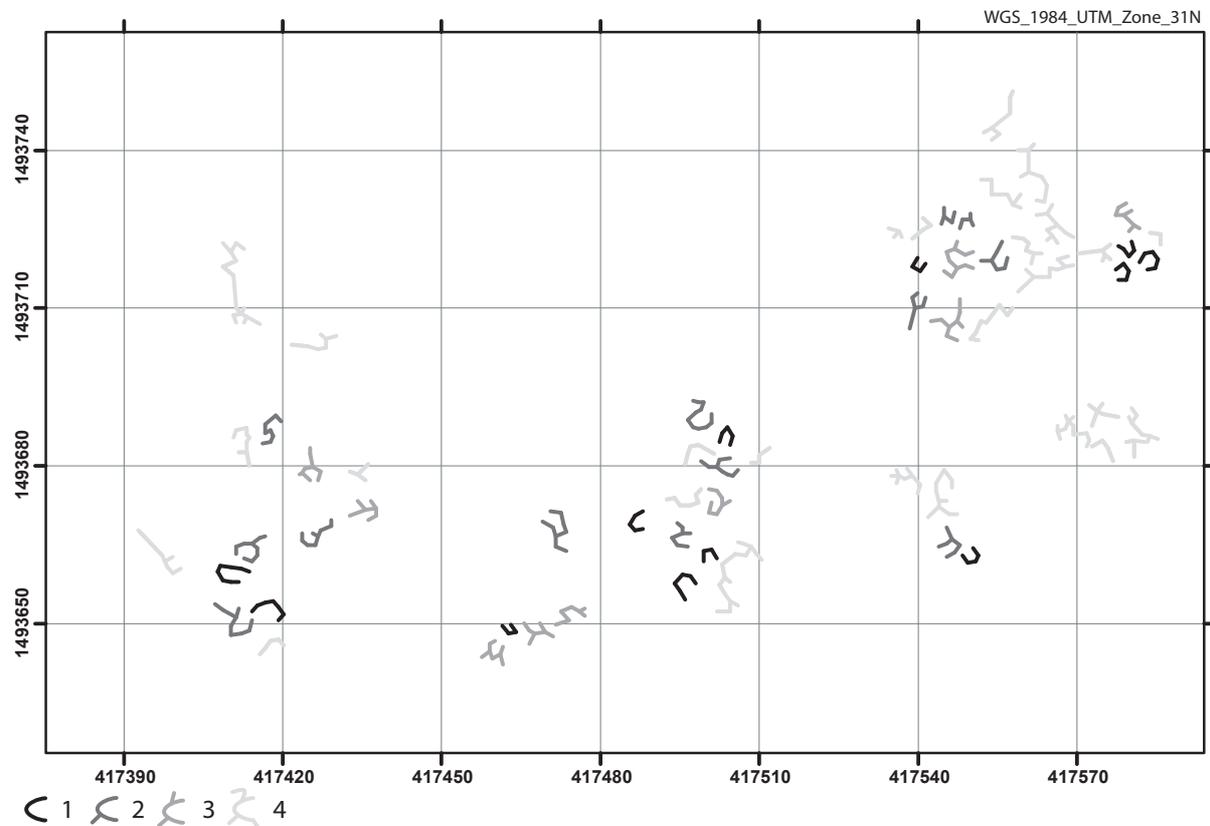


Figure III.59. Organisation des bas fourneaux au sein du site métallurgique de Bilfouda.

1 : Forme en C ; 2 : Forme en C avec une extension ; 3 : Forme en C avec deux extensions ; 4 : Forme complexe.

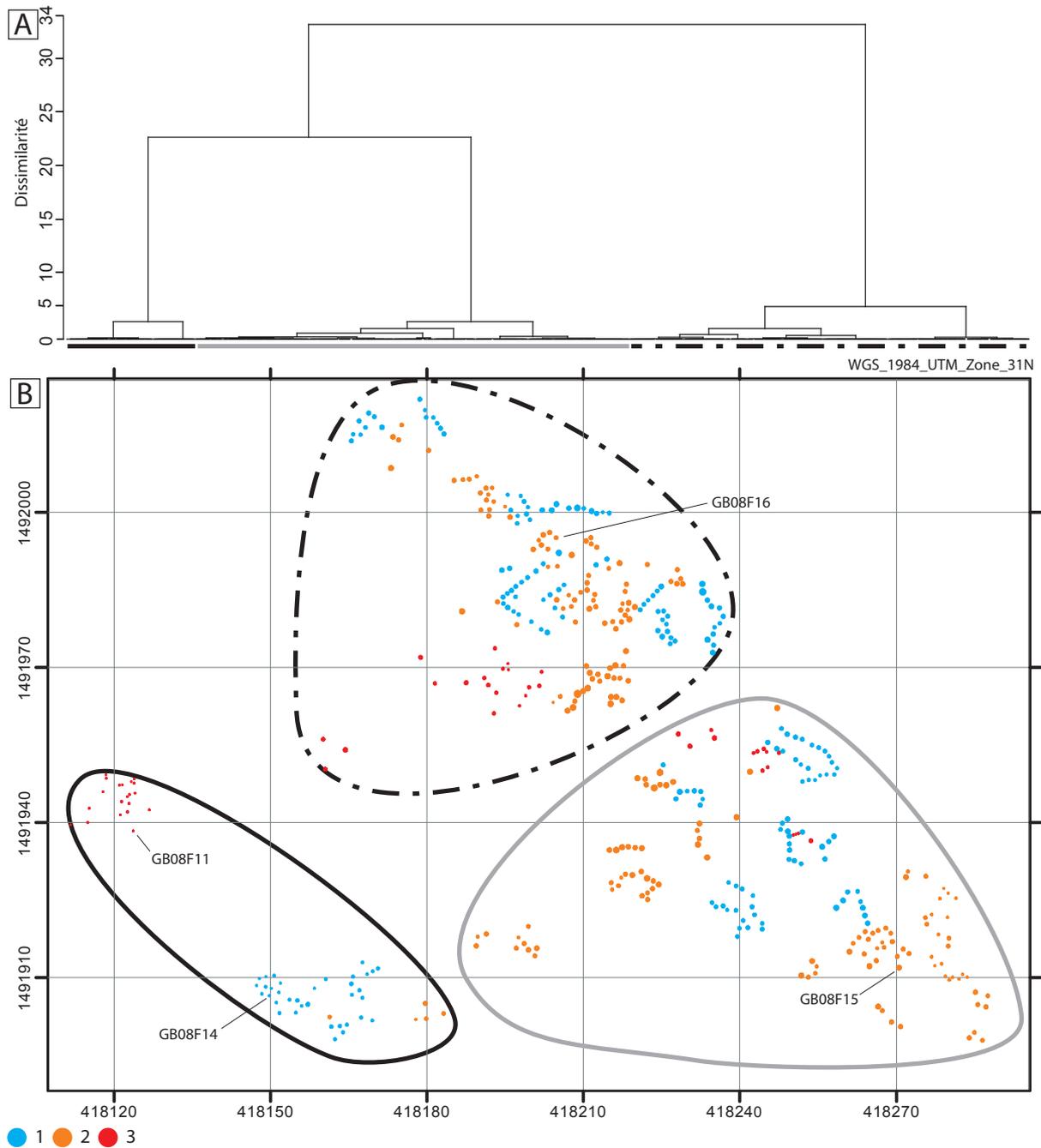


Figure III.60. Site métallurgique de Garbel

A. Dendrogramme de Ward

B. Carte de répartition des bas fourneaux et les trois groupes issus de la CAH selon la méthode de Ward

1 : Bas fourneaux SPa ; 2 : Bas fourneaux SCe ; 3 : Bas fourneaux SCpv

près d'un quart des ellipses identifiées, 90 % de ces groupes contiennent moins de 11 bas fourneaux.

L'arbre recouvrant de poids minimum permet d'établir une relation spatiale entre les bas fourneaux. Seules les relations matérialisées à l'intérieur de chaque ellipse définie par la méthode des k-moyennes ont été considérées (Figure III.58). Nous obtenons ainsi un réseau dessinant un plan d'organisation plus ou moins complexe dont la forme de base rappelle celle d'un fer à cheval ou de la lettre C ; 34 entités ont été identifiées (Figure III.59). Nous distinguons ainsi 12 entités dont le plan correspond à la forme d'un fer à cheval (forme en C simple), 13 ayant une forme en C à laquelle est ajouté en périphérie un ou deux bas fourneau(x), ce qui crée une extension, et neuf comportant deux extensions composées de plus de deux bas fourneaux. Pour le reste, les outils mathématiques ne proposent pas de modèles simples.

6.3.2 Le site de Garbel

À Garbel, où trois types de bas fourneau coexistent, la CAH selon la méthode de Ward a été appliquée à l'ensemble des bas fourneaux sans distinction typologique. Nous pouvons déterminer selon les classes du dendrogramme trois groupes de 60, 166 et 230 bas fourneaux (Figure III.60). Chacun d'eux contient les trois types de bas fourneaux, ce qui sous-entend qu'à cette échelle d'observation, la typologie des bas fourneaux est indépendante de la répartition spatiale. Toutefois, certains sous-groupes isolés sont constitués d'un seul type de bas fourneaux. Pour chacune des trois typologies, l'arbre couvrant de poids minimum permet de mettre en évidence des alignements de bas fourneaux. Ces lignes rectilignes et sinueuses rassemblent 42 % des bas fourneaux en 34 groupes (Figure III.61). Chaque ligne est composée de trois à dix bas fourneaux de typologie identique, certaines sont disposées en parallèle, en chevron ou en épingle. Parmi les 169 bas fourneaux disposés en lignes, 2/3 sont de type SPa. Quant aux bas fourneaux de type SCe, ils forment des lignes plus sinueuses, d'autres ont une disposition plus difficile à définir, qui s'apparente à des cercles ou à des fers à cheval, comme celle décelée à Bilfouda (Figure III.62). Pour le type SCpv, aucune ligne ni autre organisation n'est repérée. Chaque type est ainsi caractérisé par un ou plusieurs plan(s) d'organisation.

6.4 Discussions

6.4.1 Organisation spatiale multiscalaire

L'utilisation d'outils mathématiques permet de mettre en évidence l'existence de concentrations de bas fourneaux à différentes échelles spatiales. La localisation et la

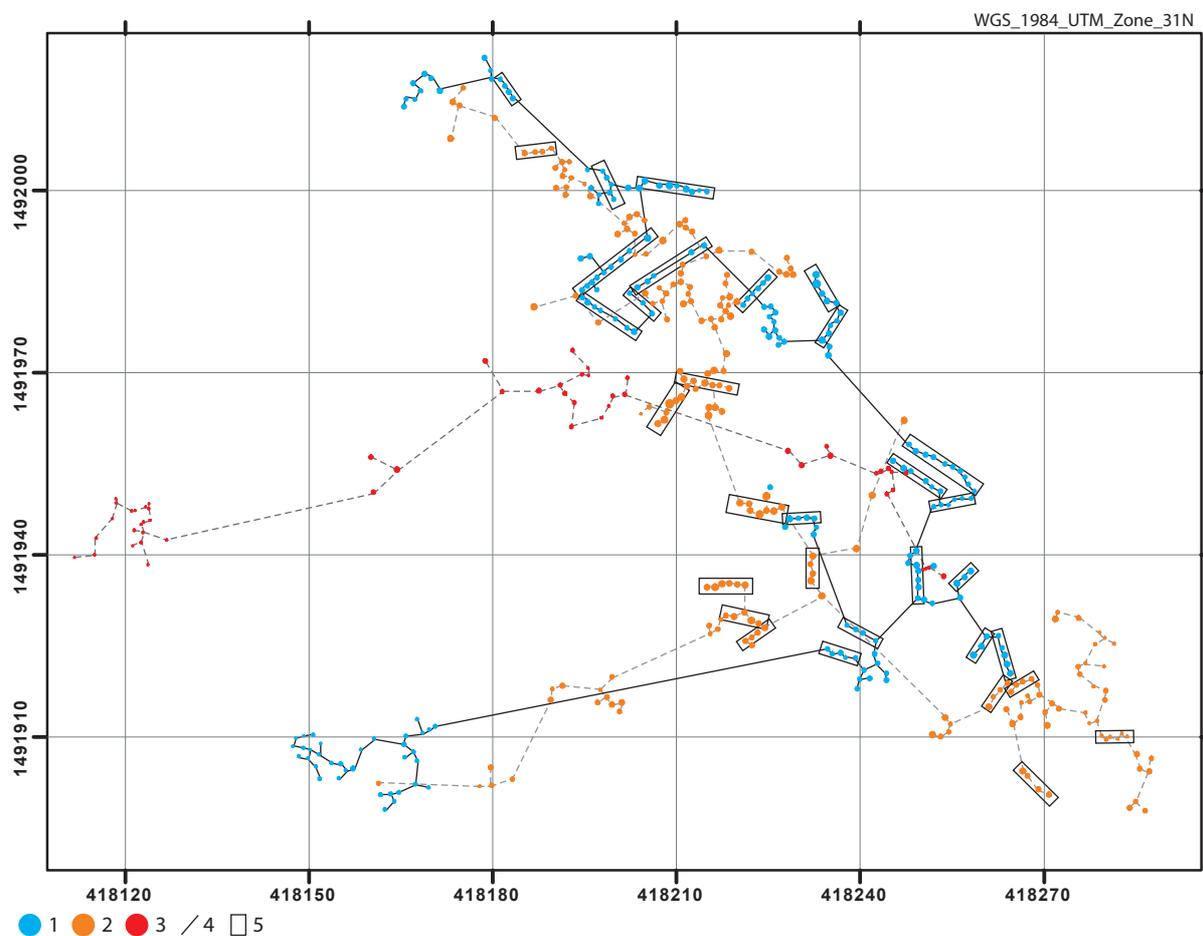


Figure III.61. Organisation des bas fourneaux du site métallurgique de Garbel.

1 : Bas fourneaux SPa ; 2 : Bas fourneaux SCe ; 3 : Bas fourneaux SCpv ; 4 : Arbre couvrant de poids minimum ; 5 : Batterie disposée en ligne.

disposition de ces bas fourneaux correspondent à un choix qui émane de la décision du métallurgiste pour répondre au protocole technique et aux contraintes sociétales (ethniques) et rituelles qu'il s'impose. Les différents regroupements correspondent à des entités géographiques dont la nomenclature n'est pas clairement établie ; nous nous contenterons alors d'utiliser des termes explicites pour les quatre niveaux de regroupements repérés, du plus global au local, soit : complexe, site, ensemble et batterie (Tableau III.2).

Tableau III.2. Terminologie, définition et interprétation de chaque niveau de regroupement.

Nomenclature	Nombre de bas fourneaux	Surface	Durée de fonctionnement	Contrôle de la production
Complexe	> à 1 million	> à 10 000 km ²	Siècles	Tradition métallurgique
Site	Environ 500	1 à 5 ha	Décennies/siècle	Géomorphologique et anthropologique (sociétal, territorial)
Ensemble	Entre 50 et 250	1 000 à 4 000 m ²	Année/décennies	Intensité et/ou chronologie
Batterie	< à 15	10 à 50 m ²	Quelques jours	Famille et/ou Coopération
Bas fourneau	Un	1 m ²	Un jour	Technique et anthropologique (rituel)

Le groupe le plus large constitue un complexe estimé à plusieurs millions de bas fourneaux et couvrant une superficie de plus de 10 000 km². Plusieurs siècles sont nécessaires à son élaboration et il se définit par une tradition métallurgique qui se caractérise par la construction de bas fourneaux à usage unique.

Au sein de ce complexe, une multitude de sites comme ceux de Bilfouda et de Garbel sont identifiés. Ils comptent environ 500 bas fourneaux qui se répartissent sur une superficie comprise entre un et cinq hectare(s). Leur fonctionnement, d'après les dates radiocarbone, s'étend sur plusieurs décennies voire quelques siècles et leur organisation est déterminée par des facteurs géomorphologiques (minerai, nature du sol) et anthropologiques (sociétal et territorial).

À l'intérieur de ces sites, des ensembles peuvent être délimités, ils regroupent entre 50 et 200 bas fourneaux sur une surface comprise entre 1 000 et 4 000 m². Leur conception est issue soit d'une main-d'œuvre nombreuse sur un temps limité, telle une saison ou une année, soit d'un groupe restreint de personnes sur un temps long (quelques décennies). Ces ensembles peuvent avoir, comme à Garbel, la particularité

de contenir des bas fourneaux de typologies différentes. Cela souligne l'indépendance des groupes de métallurgistes et de leur pratique par rapport au lieu d'implantation des bas fourneaux.

Ces ensembles sont eux-mêmes composés de batteries de bas fourneaux. Celles-ci forment le plus petit regroupement spatial et correspondent à un atelier fonctionnant pendant un temps donné. Les fours étant à usage unique, l'atelier se déplace de batterie en batterie à chaque temps de production. Elles sont constituées au plus d'une quinzaine de bas fourneaux de même typologie et couvrent entre 10 et 50 m². Leur mise en place, qui nécessite quelques jours, peut être issue de la coordination de métallurgistes pouvant appartenir à des groupes familiaux ou à une coopération. En effet, dans l'Ader près de la frontière du Nigéria, à 300 km à l'est du site d'étude, Échard (1983) décrit des concentrations semblables de bas fourneaux datant de la fin du 19^e et du début du 20^e siècles, où la coopération désigne un regroupement de métallurgistes provenant d'un même village ou d'une même région.

L'unité de base que constitue le bas fourneau fonctionne sur une journée (environ 24 heures) et occupe un espace de près d'un mètre carré, il dépend de paramètres techniques et anthropologiques (rituels) qui sont indissociables (Échard, 1983 ; Huysecom, 2001).

L'organisation des bas fourneaux est donc régie par divers paramètres, géomorphologiques, techniques et anthropologiques qui diffèrent à chacune des échelles spatiales considérées. Chaque niveau de regroupement reflète par ailleurs des durées de fonctionnement qui s'échelonnent de la journée à plusieurs siècles (Tableau II.2).

6.4.2 Organisation des batteries

Tous les bas fourneaux ne sont pas construits au sein de batteries et celles-ci ne sont pas toutes rigoureusement organisées selon un agencement précis ; si certains bas fourneaux sont disposés en ligne ou en fer à cheval, d'autres sont isolés ou regroupés sans ordre particulier. Cependant, l'agencement des batteries, tel qu'il a pu être mis en évidence pour la plupart des bas fourneaux de ces sites, traduirait une organisation correspondant à un savoir-faire du métallurgiste. En effet, dans le cas d'une production simultanée et d'une disposition en fer à cheval, l'espace libre au centre des bas fourneaux paraît adapté pour contrôler l'ensemble des bas fourneaux qui auraient alors fonctionné simultanément. L'espacement plus large entre deux structures de réduction crée une ouverture facilitant la circulation entre le cœur de l'atelier et l'extérieur. Cette

disposition peut s'apparenter à un aménagement ergonomique tout en répondant à des pratiques rituelles. Quant aux bas fourneaux présents en périphérie, ils peuvent être interprétés comme étant dévolus à une production de fer secondaire par rapport à ceux disposés en fer à cheval. Des structures de réduction disposées en ligne sont, quant à elles, connues dans l'Ader où une étude ethnographique révèle l'organisation d'ateliers de réduction du fer construits au cours de la première moitié du 20^e siècle (Échard, 1983). Selon ses enquêtes, les lignes, qui sont toutefois composées de bas fourneaux SPe et non de type SCe, ont été construites suivant un axe nord/sud. Le fer produit dans le bas fourneau central était destiné au chef de l'atelier (campement du fer), les bas fourneaux placés au sud produisaient pour les parents du métallurgiste et ceux situés au nord pour des clients. À Garbel, les alignements de bas fourneaux observés ne sont pas orientés selon une direction préférentielle et il est difficile de reconnaître une hiérarchisation au sein de l'alignement.

Selon les secteurs géographiques, l'organisation des bas fourneaux prend diverses formes. Dans l'Ader (Niger) les bas fourneaux sont agencés en lignes (Échard, 1983) alors que sur les rives du Sénégal à Silla (Mauritanie), Robert-Chaleix et Sognane (1983) décrivent une disposition des bas fourneaux en cercles avec deux fours centraux ou en longues lignes sinueuses (Figure III.62). Cependant, si la présence de lignes est incontestable, les plans relevés à Silla peuvent être interprétés différemment, le nuage de points pourrait être perçu entre autres comme des batteries de bas fourneaux organisées en fer à cheval comme cela est observé à Bilfouda.

En Afrique subsaharienne, l'organisation de batteries a été décrite comme étant dépendante de la typologie des bas fourneaux (Gouletquer, 1983), or cette relation n'est pas systématique. En effet, à Garbel, la batterie en ligne est utilisée par les métallurgistes pour deux types de bas fourneaux différents (types SCa et SPe). De plus, en comparant les deux sites, nous constatons que les bas fourneaux de type II sont disposés en fer à cheval à Bilfouda alors qu'ils sont plutôt organisés en lignes sinueuses à Garbel. Ce changement d'organisation spatiale pour une même typologie peut être le résultat d'une évolution des pratiques au cours du temps puisque le site de Bilfouda est antérieur de quelques siècles à celui de Garbel.

Dans ce bassin versant, l'organisation de ces ateliers et la typologie des bas fourneaux sont diverses. Ces pratiques, qui paraissent techniquement indépendantes, témoigneraient alors de savoir-faire différents, propres à chaque famille de métallurgistes. Les outils mathématiques (analyses spatiale et statistique) nous ont permis de reconstituer les plans d'agencement des ateliers ; ces regroupements de bas

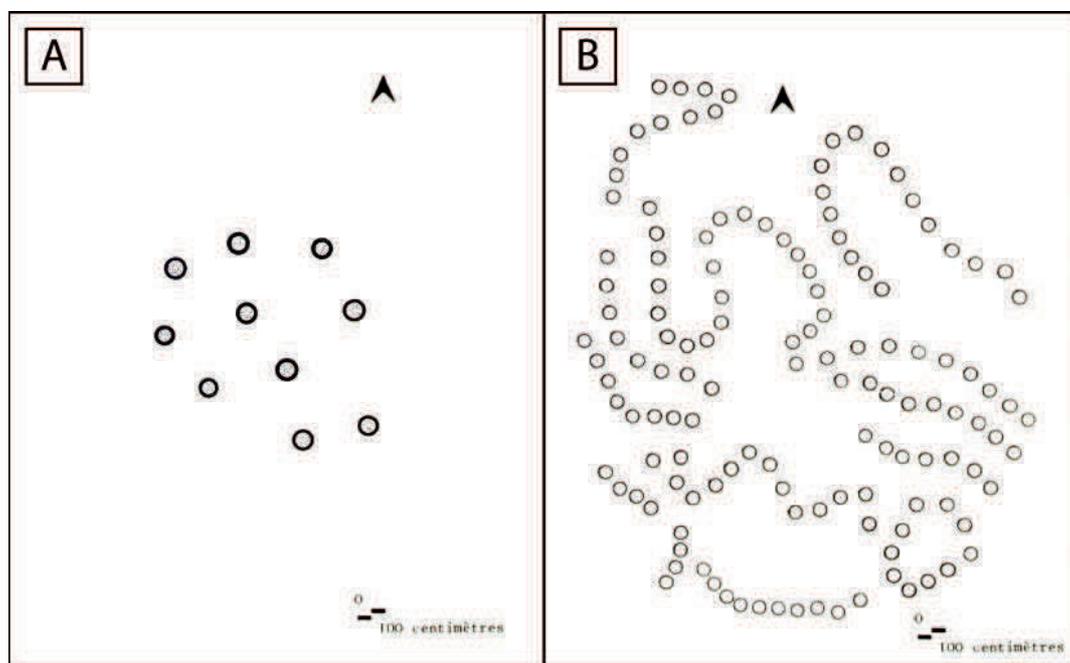


Figure III.62. Bas fourneaux dans la vallée moyenne du Sénégal

A : Bas fourneaux de Silla organisés en cercle avec deux fours centraux
B : Bas fourneaux disposés en alignements sinueux (d'après Robert-Chaleix et Sognane, 1983)

fourneaux reflètent potentiellement l'organisation mise en place par les métallurgistes. Les datations radiocarbone réalisées ne permettent pas de définir les différentes périodes de fonctionnement de ces ateliers, qui sont relativement courtes, de plus, elles restent trop peu nombreuses pour suivre la chronologie de ces différentes phases d'organisation.

7. Une production locale du fer

Le volume de la production en fer reste inconnue, mais celui des scories, les déchets, peut être évaluée en considérant le volume moyen d'une scorie proche de 0,1 m³. Le volume de scorie ne serait alors que d'environ 500 m³ dans les bassins versant de Saga Gorou, 160 m³ pour Banizoumbou, 260 m³ à Gobéri et au moins 100 m³ à Louguel. Ces données sont toutefois à pondérer avec la période de fonctionnement et l'aire d'influence de la production qui sont toutes les deux très délicates à évaluer. De plus, nous disposons de peu d'éléments de comparaison pour ce type de bas fourneaux à usage unique ; seule la production de Markoye a été partiellement évaluée (Fabre, 2009). Selon l'auteur, elle dépasserait celle d'une consommation locale, mais au regard des deux seules datations radiocarbone disponibles, un tel bilan paraît peu argumenté. À Saga Gorou, d'après les 27 dates dont nous disposons, l'activité métallurgique s'étalerait sur 1000 ans, ce qui rapporterait le volume de production à 0,5 m³ par an soit la construction de cinq bas fourneaux par an. Bien que ce résultat relativise le volume de production de la région, il ne représente qu'une moyenne. À l'échelle d'un site comme celui de Bilfouda où la période d'activité est courte (la construction des 470 bas fourneaux de même type semble s'être étalée sur environ 25 ans), la production équivaut à 2 m³ par an soit 20 bas fourneaux par an. Même si le volume de production est plus élevé, il reste modeste et compatible avec une consommation locale. Les bas fourneaux à usage unique ne peuvent concurrencer ceux construits de manière permanente comme dans la région de Bassar ou du pays dogon où le volume de scorie produit sur quelques siècles est supérieur au million de mètres cubes. Au Sud-ouest du Niger, le fer semble donc être utilisé localement pour réaliser des parures et des outils pour l'artisanat, la pêche et la chasse. Même si aucun outil agricole n'a été collecté, la mise en valeur des plateaux de Louguel à proximité de l'ancien habitat de grande envergure de Louguel Zeeno, et du site métallurgique qui compte quelques milliers de bas fourneaux témoignent très certainement de l'utilisation d'outils en fer.

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

Dixième chapitre

Un parcellaire ancien aménagé sur les plateaux de Louguel

1. Introduction

Un parcellaire est toujours le témoin d'une exploitation agro-pastorale des sols. En Europe, le découpage des parcelles que nous observons aujourd'hui, qu'il soit matérialisé uniquement par des fossés, des bornes ou qu'il soit construit en élévation, rend compte d'une longue histoire socio-environnementale (Chouquer, 1996*b*, 2008). Le parcellaire fossile peut ainsi être préservé en élévation sous couvert forestier ou dans des zones non cultivées actuellement. Cette fossilisation du parcellaire traduit toujours un arrêt de l'activité agropastorale contrôlé par des contraintes climatiques et/ou sociétales (Fleming, 1988). Au Sahel, en Afrique de l'Ouest, le parcellaire actuel est principalement visible sur les plaines et les versants sableux. Sa trame est généralement construite de matériaux périssables (végétation sur pied ou sèche) qui laissent peu de traces sur les sols sableux après abandon. En effet, les limites de parcelles anciennes sont rares, mais elles ont probablement été peu nombreuses, car la plupart des terres du continent africain ne sont pas soumises à la propriété ; cette notion est récente et s'applique principalement dans les zones proches des centres urbains (Testart, 2003 ; Gallay, 2011). Au Sud-ouest du Niger, aucune culture d'envergure n'est actuellement pratiquée sur les plateaux cuirassés. Cependant, des structures de pierres sèches disposées en lignes et en tas dessinent un réseau structuré dont la présence sur de vastes surfaces tabulaires témoigne d'une activité, aujourd'hui disparue et oubliée de la population actuelle.

Ce chapitre¹² a pour objectifs de proposer une première caractérisation de ces structures de pierres sèches et de comprendre leur organisation spatiale et leur place dans l'économie générale d'un territoire tel que Louguel situé sur la rive droite du fleuve Niger.

12] Les paragraphes 1, 2, 3, 5 (sauf 5.3.3 et 5.3.4) et 7 ont été soumis à publication sous la référence : Guillon R., Petit C., Rajot J.L., Abdourhamane Touré A., Bichet B., Garba Z., Quiquerez A., Sebag D.. Stone lines and heaps on south-western Niger plateaus as remains of ancient agricultural land. *British archaeological reports* (XX)

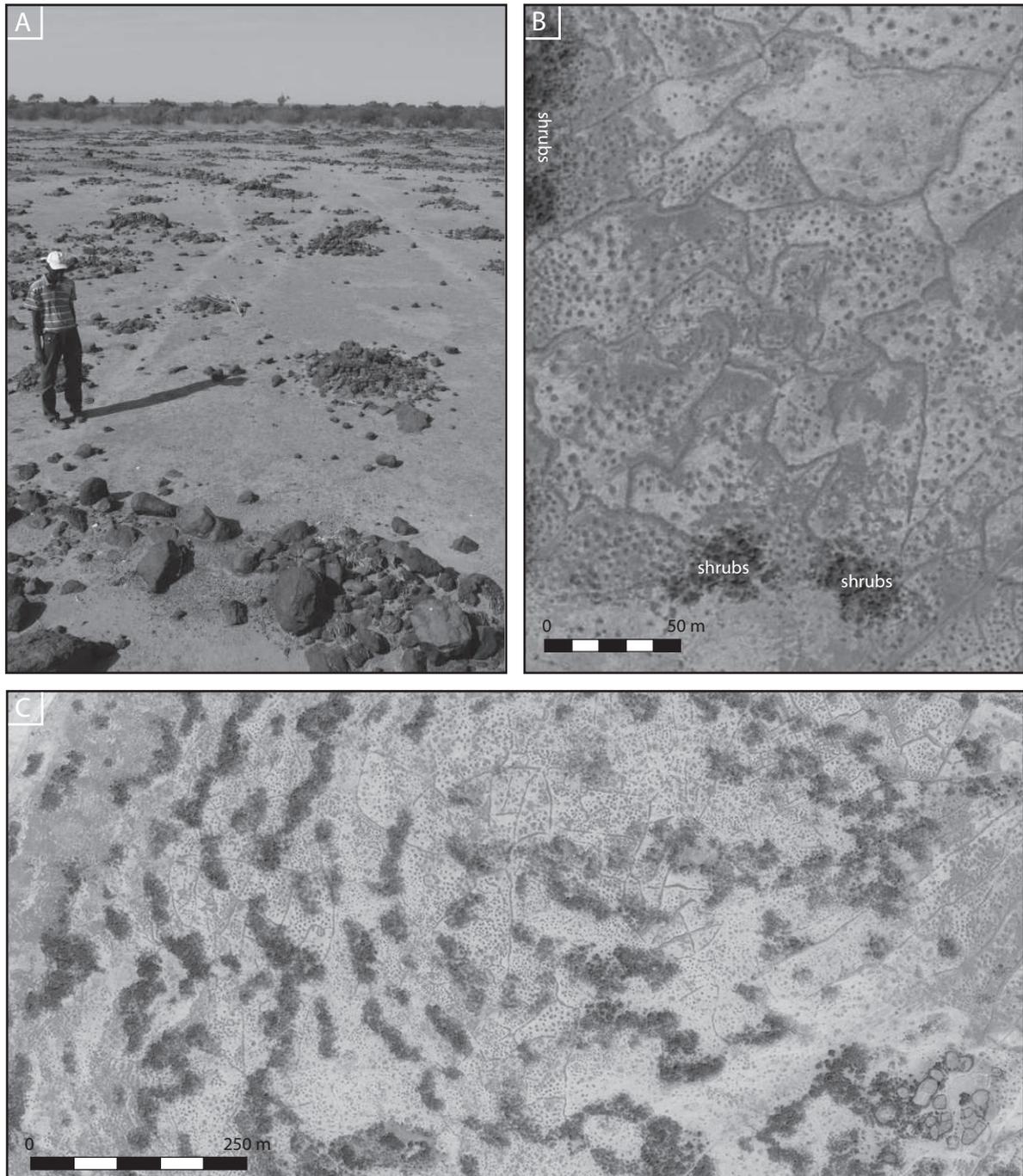


Figure III.63. Structures de pierres sèches

A. Vue au sol (photographie J. L. Rajot)

B. Vue satellitaire (Google Earth, 28 novembre 2008)

C. Image satellite montrant les structures de pierres sèches associées à une brousse tigrée dégradée, la végétation naturelle des plateaux. Les bandes végétalisées recouvrent les structures de pierres sèches (Google Earth, 28 novembre 2008)

2. Cadre géographique et localisation

Les structures de pierres sèches observées dans un premier temps sur le terrain (Figure III.63-A) ont été par la suite clairement identifiées sur de grandes surfaces à partir d'images satellitaires (Google Earth) dont la définition est correcte à l'échelle métrique (Figure III.63-B). Ces aménagements ont pu être repérés de façon non exhaustive sur une grande partie des plateaux cuirassés situés principalement sur la rive droite du fleuve Niger (Figure III.64). Ces plateaux sont actuellement peu peuplés et essentiellement recouverts de « brousse tigrée », (cf chap1 §5.4.4) (Figure III.63-C).

À 10 km au sud-ouest de Niamey, les plateaux de Louguel sont incisés par un réseau hydrographique très ramifié (Figure III.65). C'est sur cette zone représentative des paysages de la rive occidentale du fleuve que nous avons concentré notre étude. Les structures de pierres sèches dessinent des polygones ouverts de formes et de tailles très diverses ainsi que des tas circulaires (Figure III.63-B). Les structures couvrent une superficie d'environ 23 km² et s'étendent préférentiellement en bordure de plateaux (Figure III.65). Au sein de cette étendue, une zone d'étude de 6,7 km² a été cartographiée de façon systématique de part et d'autre d'un talweg. Au nord de la zone, la surface de plateau forme un large éperon sur lequel les structures se développent. Au sud, le plateau forme trois éperons séparés par quatre incisions d'orientation sud et sud-ouest.

Les structures sont globalement bien conservées. Cependant, quelques zones sont affectées par des structures de terres constituées d'une fosse et d'un remblai en forme d'agrafes. Elles ont été construites au cours de la dernière décennie pour lutter contre le ruissellement (Da, 2008).

3. Un sol et des structures de pierres sèches

3.1 Caractéristiques pédologiques et morphologiques

En dehors des zones où les structures en pierres sèches sont présentes, le profil du sol ne présente qu'un seul horizon d'une trentaine de centimètres d'épaisseur reposant sur la cuirasse compacte et continue qui arme le plateau. Cet horizon est formé de blocs décimétriques dans une matrice argilo-sableuse riche en gravillons centimétriques et correspond au démantèlement de la cuirasse latéritique. Si aucune trace de végétation n'est visible en surface, quelques racines mortes de ligneux sont repérées à 25 cm de profondeur. Le sol est très peu cohérent, il est essentiellement constitué de micro-agrégats d'origine biologique issus de l'activité des termites.

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

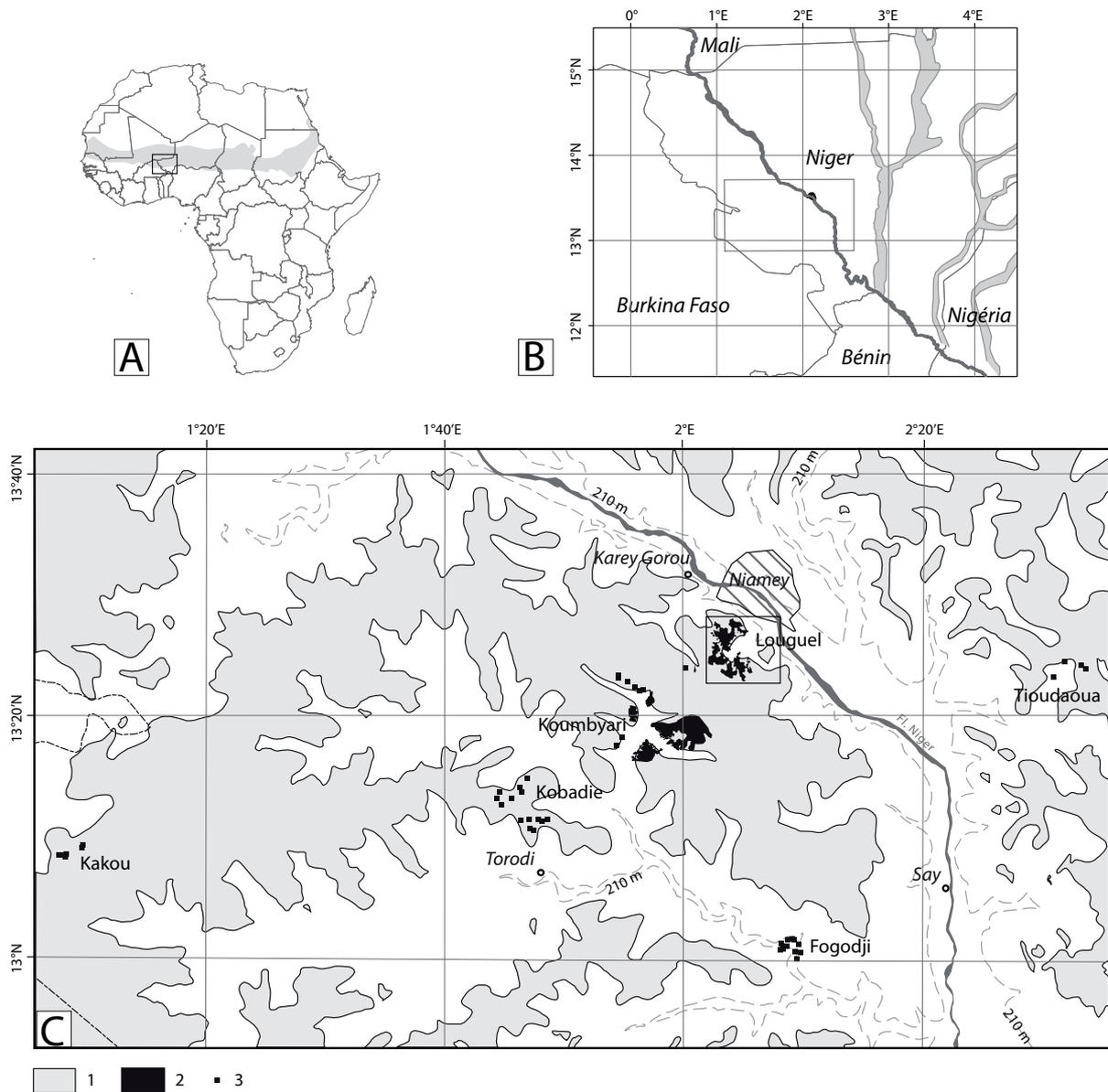


Figure III.64. Localisation du site d'étude

A. Continent africain et zone sahélienne

B. Le Sud-ouest du Niger

C. Localisation et relevé non exhaustif des structures de pierres sèches à partir d'observations satellitaires

1 : Plateaux supérieurs à 250 m d'altitude ; 2 : Extension du parcellaire ; 3 : Parcellaire isolé

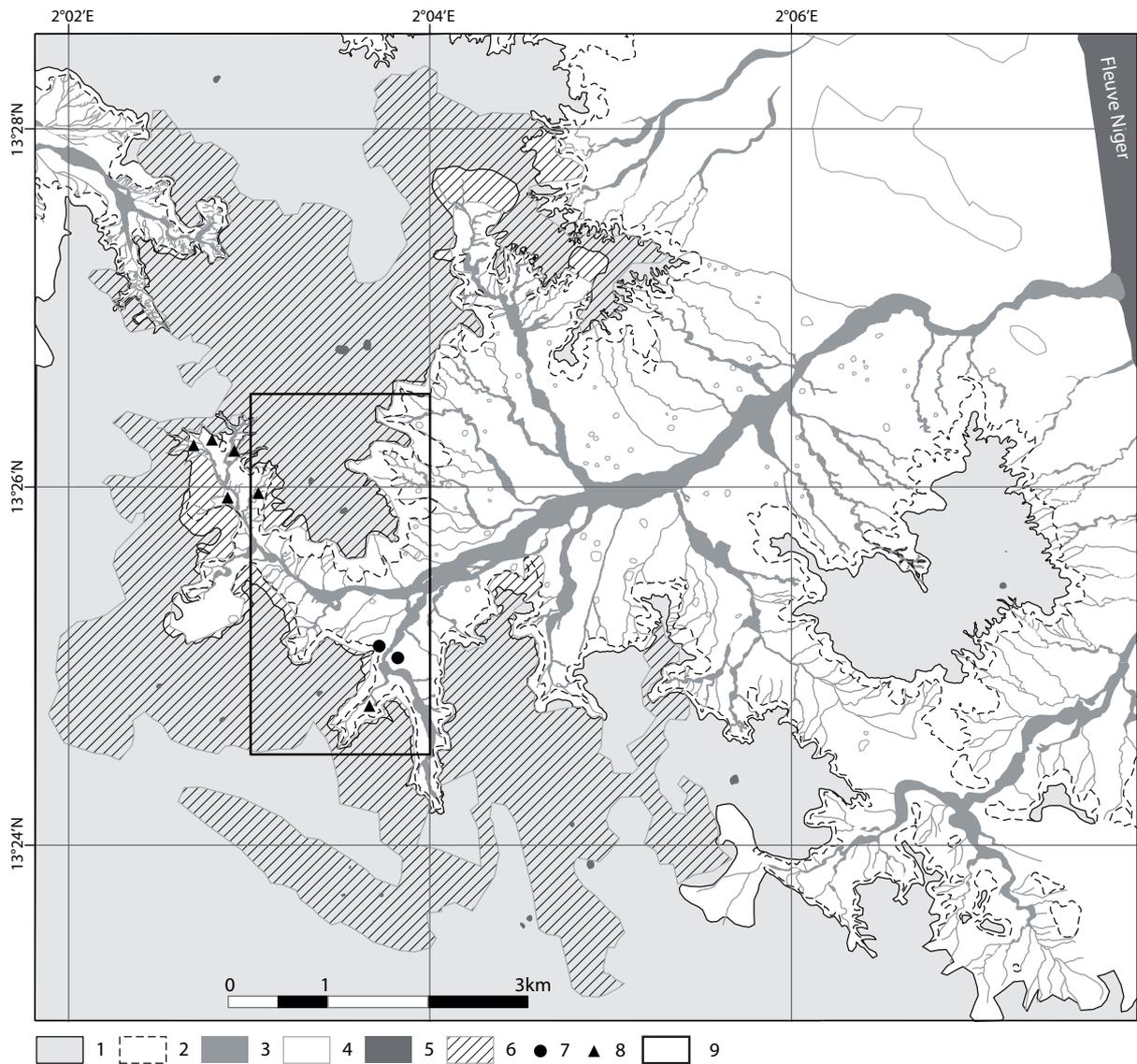


Figure III.65. Parcellaire de Louguel

1 : Plateaux ; 2 : Talus ; 3 : Ravines ; 4 : Habitats actuels ; 5 : Mares ; 6 : Zone couverte par le parcellaire ancien ; 7 : Habitats anciens ; 8 : Bas fourneaux de réduction du fer ; 9 : Zone d'étude

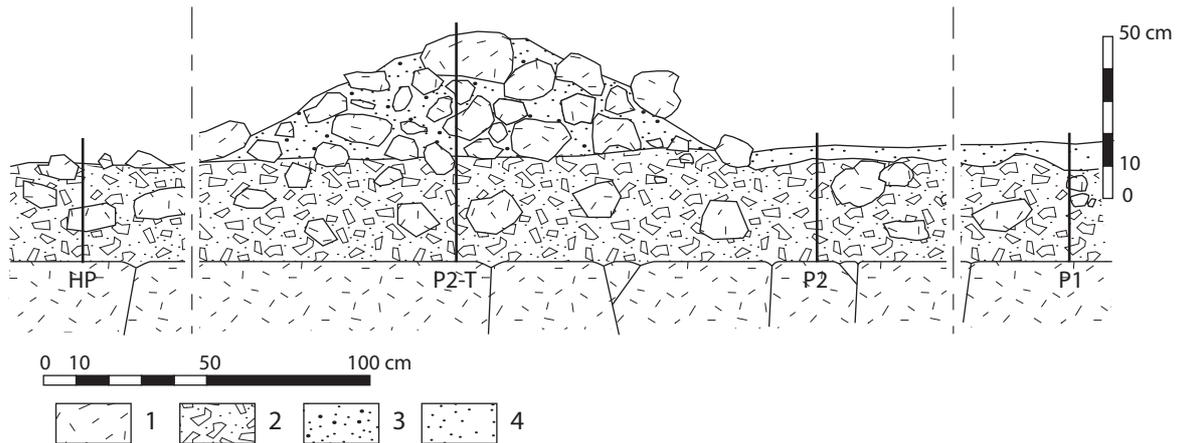


Figure III.66. Coupe schématique de la surface du plateau et position des profils pédologiques

De gauche à droite : surface initiale sans structure de pierres sèches, structure de pierres sèches sur un horizon de démantèlement de la cuirasse et sol nu près d'une structure de pierres sèches.

HP : Hors Parcelle ; P1 ; Parcelle 1 ; P2 : Parcelle 2 ; P2-T : Parcelle 2 Tas

1 : Cuirasse latéritique compacte et continue ; 2 : Horizon de démantèlement avec des blocs de cuirasse dans une matrice sablo-argileuse ; 3 : Sable éolien ; 4 : Horizon sablo-argileux sans bloc ni gravier

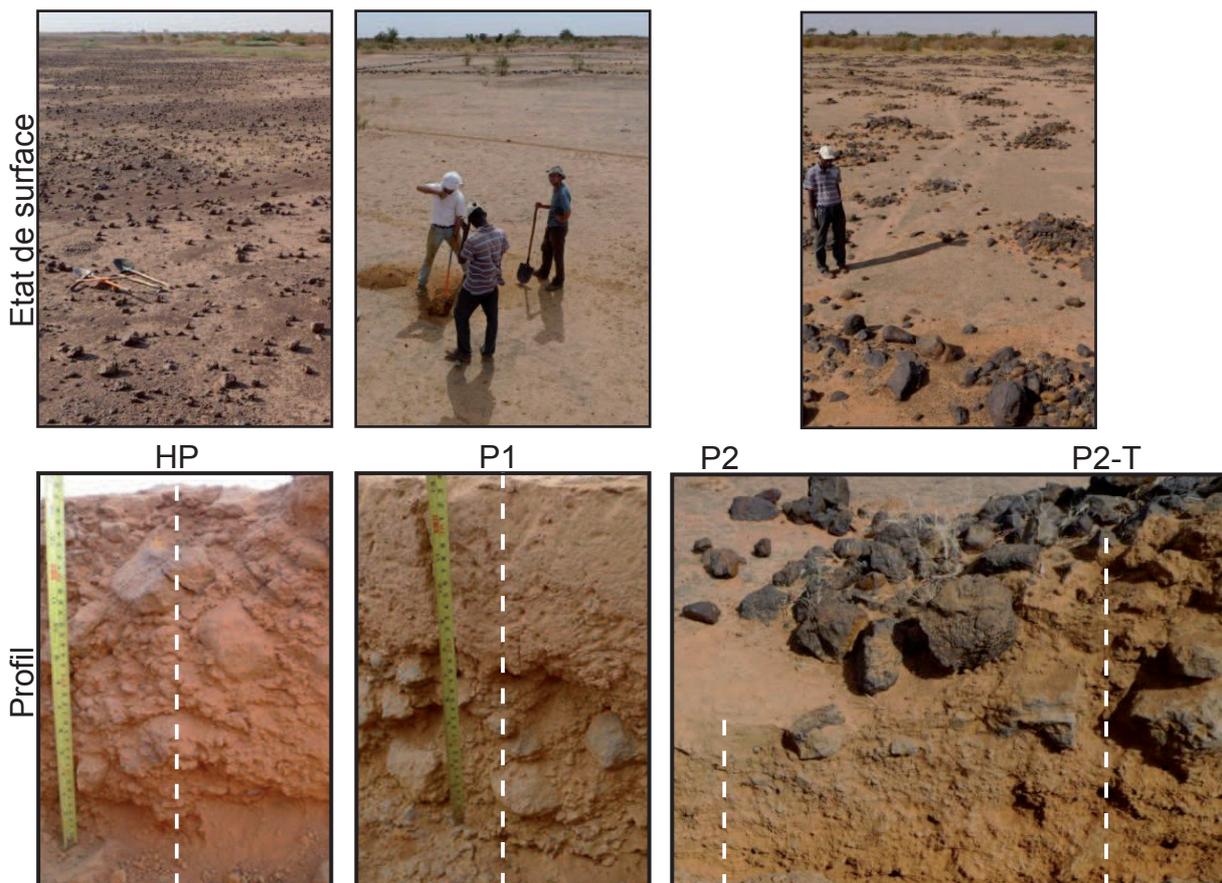


Figure III.67. Illustration des fosses pédologiques sur les plateaux : à gauche, état initial des plateaux (HP) ; au centre, surface épierrée sans tas (P1) ; à droite, surface épierrée avec tas (P2 et P2-T)

Sur les surfaces délimitées par les pierres sèches, ce même horizon de démantèlement est surmonté d'un second de 5 à 10 cm d'épaisseur constitué d'une matrice argilo-sableuse pour laquelle la limite est progressive sur 2 cm et ondulée. Cet horizon est totalement dépourvu de blocs et de graviers, toutefois quelques rares racines sèches sont repérables. Quant à l'activité biologique, elle est marquée par une forte macroporosité et des microagrégats biologiques typiques des termites. Des fentes de retrait polygonales d'une vingtaine de centimètres de diamètre et de faible ouverture structurent également cet horizon. Sous les structures de pierres, celui-ci est absent (Figure III.66) ; elles reposent donc directement sur l'horizon de démantèlement de la cuirasse.

Les lignes de pierres sèches, dont la largeur est comprise entre 50 et 110 cm (80 cm en moyenne), peuvent atteindre 300 m de long, mais ne dépassent pas 35 cm d'élévation. Les tas sont de forme subcirculaire d'environ un mètre de diamètre et d'une cinquantaine de centimètres de hauteur. Les structures sont constituées de blocs de latérite de taille pluricentimétrique qui sont entassés sans agencement particulier, ni tri granulométrique ni maçonnerie, et entre lesquels des sables d'origine éolienne colmatent les interstices (Figure III.66). Des racines d'herbacées vivantes et une forte activité biologique de termites (macroporosité, boulettes fécales) sont généralement observables. La limite entre la surface du sol d'origine et les monticules est assez diffuse, sans doute du fait de cette activité biologique. Les deux types de structures reposent directement sur l'horizon de démantèlement de la cuirasse. Ces observations montrent bien que les structures de pierres, c'est-à-dire lignes et tas, correspondent à des accumulations de blocs issus de l'épierrement de surface de ces sols. L'horizon argilo-sableux dépourvu de blocs et de gravillons correspond sans doute à un horizon de travail du sol.

3.2 Un horizon anthropique ?

La présence d'un horizon constitué uniquement d'une matrice argilo-sableuse au-dessus du niveau de démantèlement de la cuirasse dans les zones épierrées est encore difficile à expliquer. L'absence de particules grossières suggère une mise en œuvre particulière. En effet, dans les cinq premiers centimètres les éléments supérieurs à 2 mm représentent moins de 3% en masse (Figure III.68).

Trois hypothèses peuvent être émises pour expliquer la présence de cet horizon à texture fine. La première serait l'apport, d'origine soit anthropique soit éolienne ou hydrique, de sédiments fins sur le plateau après épierrement. L'étendue des surfaces

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

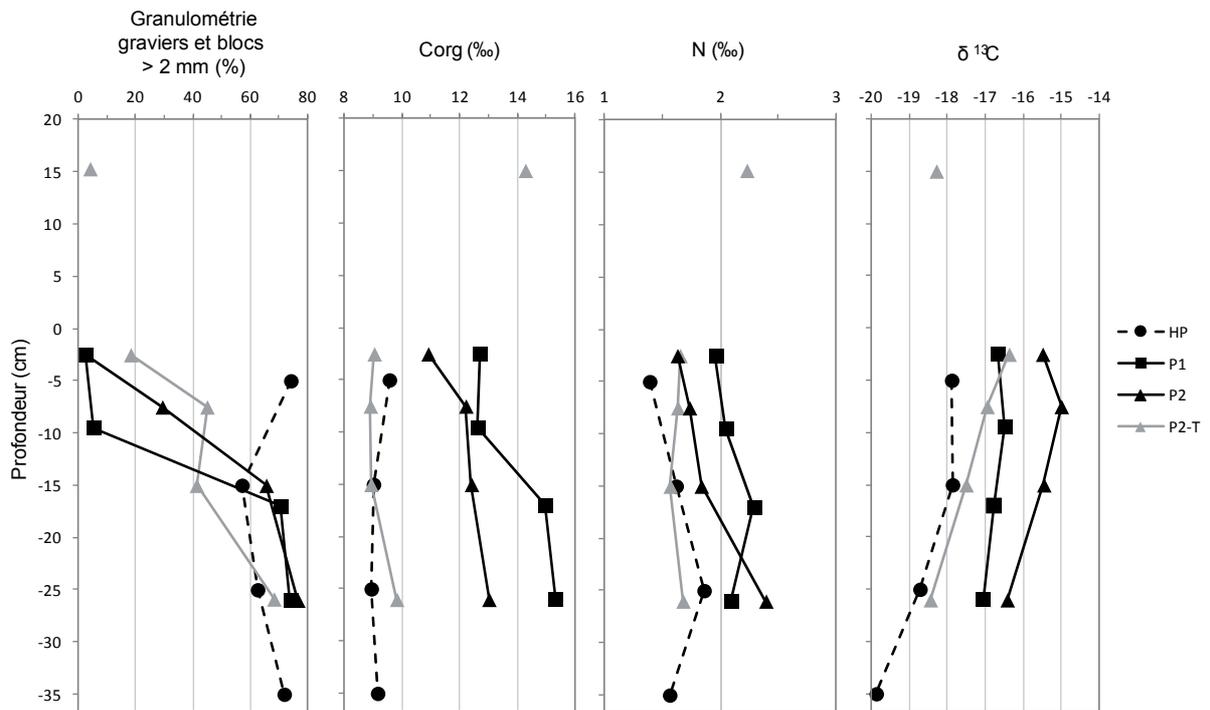


Figure III.68. Granulométrie, teneur en carbone organique, teneur en azote et valeur δ¹³C en fonction de la profondeur provenant de quatre profils : HP, sol en dehors du parcellaire ; P1, sol du parcellaire 1 ; P2, sol du parcellaire 2 ; P2-T, tas du parcellaire 2

concernées ne paraît pas compatible avec l'hypothèse anthropique comme cela a pu être le cas dans le Dhar Tichitt en Mauritanie (Amblard-Pison, 2011) où les surfaces cultivées ne représentent que 1 000 m². Quant aux apports détritiques, la géomorphologie des plateaux ne permet pas de tel dépôt. La deuxième hypothèse serait un épierrement extrêmement minutieux des dix premiers centimètres de la surface du sol, qui nécessiterait un fin tamisage pour ne conserver que la matrice du sol. Ceci semble donc tout aussi improbable. La troisième hypothèse fait appel à l'activité des termites, leur rôle est, en effet, bien connu sur les sols ferrallitiques par exemple : leur activité fait remonter à la surface du sol des particules fines, ce qui participe à la formation de l'horizon supérieur, situé au-dessus de la *stone line* (Eschenbrenner, 1987). Ce processus impliquerait, pour l'horizon étudié, un temps long et certainement l'absence de travail du sol. En effet, un labour, même très léger aurait pour effet de mélanger à nouveau les particules fines remontées par les termites avec les gravillons sous-jacents. Pourtant, la mise en culture de ces sols très sensibles à l'encroûtement paraît impossible sans un minimum de travail du sol. La formation de cet horizon reste difficile à expliquer et nécessiterait d'autres investigations pour la comprendre.

4. Utilisation des sols¹³ : essai de détermination par dosage du ¹³C

4.1 Le carbone dans les plantes

Le dosage de l'isotope stable du carbone (¹³C) est une technique connue pour distinguer les matières organiques des sols issues de différents types de végétaux. En effet, les plantes assimilent différemment cet isotope en fonction de leur métabolisme. Tous les arbres emploient un cycle photosynthétique de type C₃ qui s'accompagne d'un très fort enrichissement isotopique en ¹²C entre le CO₂ de l'atmosphère et le carbone de la matière organique (C_{org}) végétale. Inversement les plantes dites en C₄, comprenant l'essentiel des graminées, ont un fractionnement isotopique beaucoup plus faible. Ainsi les plantes en C₃ produisent des matières organiques dont le δ¹³C varie de -30 à -22‰ avec une valeur moyenne de l'ordre de -26‰ alors qu'il est de l'ordre de -12‰ pour les plantes en C₄ (Mariotti, 1991). Si la matière organique tend classiquement à s'enrichir très légèrement en ¹³C avec la profondeur dans les sols (le δ¹³C augmente de quelques ‰), sa composition isotopique reste très proche de celle de la végétation en équilibre sur les sols. Cette propriété permet donc d'utiliser le rapport isotopique du carbone organique des sols pour tracer un éventuel changement de végétation, soit naturel comme l'évolution de la limite forêt/savane en zone tropicale

13] Ce paragraphe a été réalisé avec le concours de Sylvain Huon (UPMC-BIOEMCO) et Jean Louis Rajot (IRD UMR 211 BIOEMCO)

(Peterschmitt, 1991) soit anthropique comme la mise en culture des sols en zone tempérée (Balesdent *et al.*, 1987).

Au Niger, une étude a déjà été menée par Guillaume *et al.* (2001) sur une brousse tigrée bien structurée à 60 km à l'est de Niamey. Un transect a été réalisé perpendiculairement à un motif typique de brousse tigrée depuis le cœur d'une bande nue en amont d'une bande de végétation jusqu'au cœur de la bande nue en aval. Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ varient de -24 à -21‰. Au vu de la composition isotopique de la végétation actuelle, ces valeurs correspondent à une contribution des herbacées en C_4 qui varient en masse de 29 à 45% entre le front pionnier, actuellement composé uniquement d'herbacées, et le cœur du fourré où les arbres sont largement majoritaires. Ce résultat est en contradiction avec la composition actuelle de la végétation sur la brousse tigrée où les plantes en C_4 ne représentent que 0,5% de la matière organique produite. Les auteurs expliquent cette différence par une stabilisation différente de la matière organique dans les sols.

4.2 Hypothèse et stratégie d'échantillonnage

Dans le cas des plateaux à l'ouest de Niamey, le parcellaire observé est interprété comme le vestige d'une mise en culture. Si les plantes cultivées sont de type C_4 comme le mil ou le sorgho, elles ont marqué la composition isotopique de la matière organique des sols. L'objectif est donc de rechercher le signal isotopique de cette mise en culture dans des prélèvements de sol effectués sur les plateaux étudiés.

Pour tester cette hypothèse, quatre profils ont été réalisés (Figures III.66 et III.67).

- Le profil HP est situé en dehors du parcellaire, la répartition aléatoire de gros blocs de cuirasse à la surface du sol et l'absence de tas suggèrent que la zone n'a jamais été cultivée.
- Le profil P1 est localisé au cœur d'un parcellaire bien individualisé présentant des limites de parcelles sans tas.
- Le profil P2 est réalisé dans une zone nue où des limites et des tas sont aménagés.
- Le profil P2-T est effectué sous un tas de pierres. Il permet ainsi de tester l'hypothèse selon laquelle la matière organique issue de la végétation naturelle avant la mise en culture a été partiellement conservée sous le tas d'épierrement qui, a priori, n'a jamais été cultivé.

Toutes les zones échantillonnées sont dépourvues de végétation et couvertes de

croûtes physiques de type Érosion ou Grossière (Casenave & Valentin, 1989) typiques des sols nus de brousse tigrée (Valentin *et al.*, 1999). Les prélèvements ont respecté les limites d'horizons lorsqu'il a été possible d'en reconnaître. La profondeur maximale des fosses pédologiques (entre 30 et 40 cm) est contrainte par l'apparition de la cuirasse ferrallitique continue qu'il n'est pas possible de traverser.

4.3 Résultats et discussions

Quatre paramètres sont à mettre en corrélation : les teneurs du carbone organique (C_{org}) et de l'azote (N), le $\delta^{13}C$ et la granulométrie (Figure III.68).

Globalement, la teneur en carbone organique de la fraction $< 50 \mu m$ des sols est voisine de 1%. Cette valeur est relativement élevée pour des sols sahéliens. A titre de comparaison, les horizons de surface des sols sableux cultivés est de l'ordre de 0,3%. Dans un milieu similaire, Guillaume *et al.* (2001) relèvent une teneur moyenne de 0,43% pour des bandes nues d'une brousse tigrée non dégradée. Il s'agit dans ce cas de l'ensemble de la terre fine qui contient environ 50% de particules inférieures à $50 \mu m$. Si toute la matière organique était dans la fraction limono-argileuse, les teneurs resteraient donc encore inférieures à celles mesurées dans notre cas. Les valeurs du rapport C/N obtenues varient entre 5,4 et 7,3, ce qui correspond à une matière organique très évoluée. De telles valeurs sont en accord avec une matière organique ancienne fortement liée aux argiles du sol. Contrairement aux profils classiques, les teneurs en carbone et en azote ne diminuent pas en fonction de la profondeur. Ceci donne encore l'image d'un sol où la dynamique de la matière organique (MO) n'est pas très active, ce qui est en accord avec l'absence actuelle de végétation sur ces plateaux où les sols sont très encroûtés.

En comparant les différents profils analysés, nous remarquons que les teneurs en carbone des deux sols « non cultivés » (HP et P2-T) sont semblables et que celles des deux sols « cultivés » (P1 et P2) sont très voisines. De plus, les teneurs en carbone organique sont systématiquement plus élevées pour les sols « cultivés » que pour les sols « non cultivés ». La même tendance est observable pour l'azote, mais la différence est un peu moins marquée, si bien que les valeurs de C/N sont en moyenne plus élevées pour les sols « cultivés » (6,5) que pour les sols « non cultivés » (5,7).

Les teneurs en carbone et en azote de l'échantillon prélevé dans le tas (P2-T), soit au-dessus du sol initial, diffèrent sensiblement des teneurs du profil sous-jacent et sont tout-à-fait comparables aux valeurs mesurées dans les profils « cultivés » (P1 et P2).

Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ varient entre -15 et -20‰ ; elles sont systématiquement plus élevées que celles mesurées par Guillaume *et al.* (2001) dont la plus forte valeur obtenue est de -21‰. De plus, cette gamme de variation est plus élevée que celle mesurée dans leur transect qui recoupe un fourré dense et une bande nue. Or dans notre cas, seuls des sols actuellement non végétalisés sont comparés, ce qui correspond à la seule bande nue étudiée par Guillaume *et al.* (2001) où les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ sont très stables et ne varient que de -21,3 à -22,3‰.

De la même manière que pour les teneurs en matière organique, les teneurs en ^{13}C montrent une différence entre sol « cultivé » (P1 et P2) et « non cultivé » (HP et P2-T) : les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ sont plus faibles pour une même profondeur dans les sols « non cultivés » (HP et P2-T). Seule la valeur de l'échantillon situé juste sous le tas (P2-T) est du même ordre de grandeur que pour l'horizon de surface du profil « cultivé » (P1). Mais il reste inférieur de plus de 1‰ à la valeur de l'échantillon situé à la même profondeur dans le profil P2 prélevé à moins de 2 m de distance. La différence entre ces deux profils voisins dépasse d'ailleurs 2‰ en profondeur. Enfin, nous pouvons remarquer que les teneurs en ^{13}C tendent à diminuer systématiquement avec la profondeur pour tous les profils, ce qui est en contradiction avec les observations des études précédentes (Mariotti, 1991). Ce constat pourrait s'expliquer par l'absence actuelle de végétation à la surface des sols.

4.4 Conclusion

L'ensemble de ces résultats confirmerai notre hypothèse initiale concernant la mise en culture des plateaux. En effet, les sols « cultivés » sont plus riches en ^{13}C que les sols « non cultivés », ce qui traduit bien la présence à une certaine période d'une végétation plus riche en plantes de type C_4 telles que les céréales (mil et sorgho). Cette différence est remarquable entre les profils situés sous le tas et en dehors du tas où la très faible distance permet de s'affranchir d'éventuelles différences de nature de sol.

Il faut noter que la valeur moyenne des teneurs en ^{13}C de ces sols ne reflète absolument pas la composition de la végétation actuelle des brousses tigrées largement dominée par les arbres et les plantes de type C_3 . Guillaume *et al.* (2001) ont fait le même constat sur leur terrain où aucune trace de mise en culture n'est visible. Ces observations sont à rapprocher des témoignages de la population locale : les plus vieux habitants de la zone, révèlent que les plateaux étaient couverts de grandes herbes de type andropogon au milieu du 20^e siècle. Ainsi les fortes valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ s'expliqueraient plus par un changement majeur de la végétation des plateaux au cours du 20^e siècle

que par une dynamique différente de minéralisation de la matière organique comme le proposent Guillaume *et al.* (2001).

5. Organisation spatiale des structures de pierres

5.1 Méthode

À partir de la vue satellitaire de la zone d'étude (Google Earth, 28 janvier 2008), les structures empierrées, lignes et tas, ont été digitalisées et intégrées à un SIG à l'aide du logiciel ArcGis. Chaque type de structure a été traité séparément. Les lignes ont été vectorisées manuellement puis transformées en polygones pour obtenir une surface. La largeur moyenne appliquée à l'ensemble des lignes après mesure sur le terrain est de 0,8 m. Au nord de la zone, un parcellaire récent constitué de petites parcelles quadrangulaires jointives délimitées par des haies mortes ceinture les mares temporaires du plateau. Il est destiné au maraîchage de saison des pluies. Cette activité agricole est très récente et n'a pas été prise en compte pour l'analyse des linéaments empierrés. La reconnaissance des tas d'épierrement a été effectuée à partir de la segmentation d'images à l'aide du logiciel ENVI, ce qui a permis d'analyser un grand nombre de ces structures de forme circulaire qui se comptent par dizaines de milliers (Figure III.69). Ce procédé est basé sur les différences de réflectance entre les tas sombres et le sol clair (Figure III.69-A). Ces contrastes ont été amplifiés puis l'image a été binarisée (Figure III.69-B). Les formes circulaires ont été, par la suite, extraites à l'aide d'un filtre, avant d'être vectorisées (Figure III.69-C). Seules les structures circulaires qui correspondent à des tas d'épierrement et non à des arbres ou arbustes

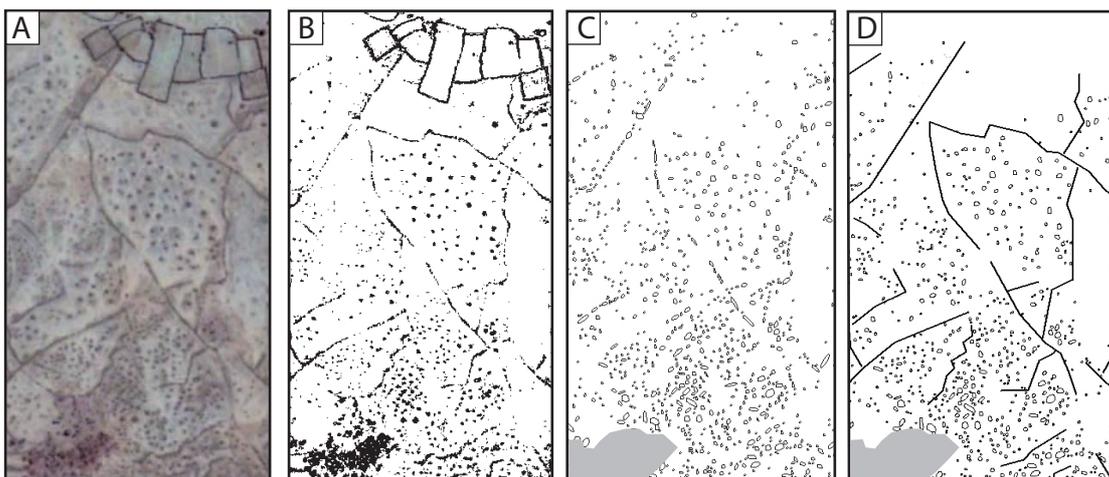


Figure III.69. Processus de vectorisation des structures de pierres sèches

A. Image aérienne originale (Google Earth, 28 nov 08) ; B. Image binarisée ; C. Filtre sur les formes circulaires et cache sur les zones arborées ; D. Nettoyage des tas et ajout des lignes vectorisées

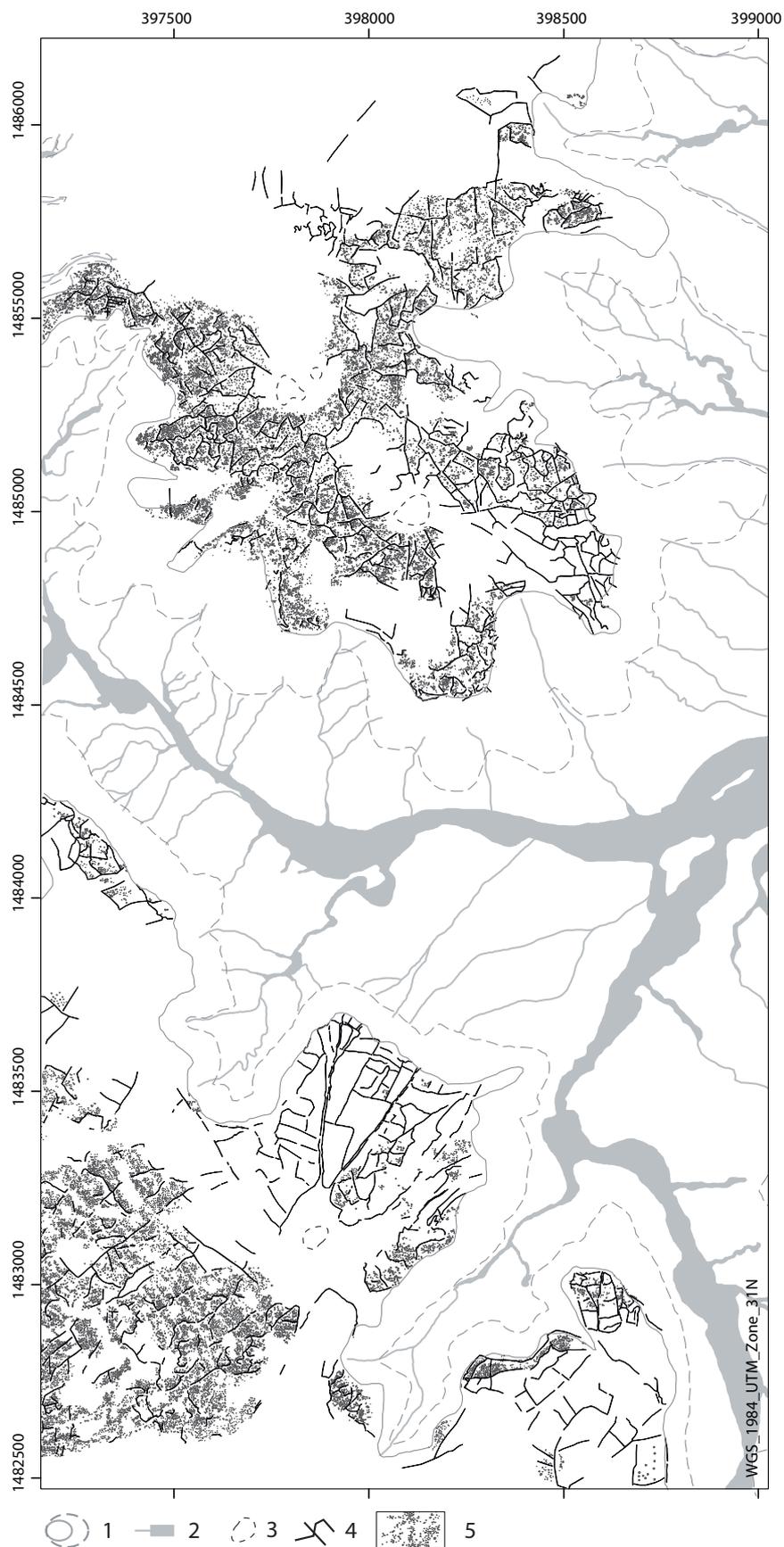


Figure III.70. Zones d'étude du parcellaire de Louguet.

1 : Plateaux et talus ; 2 : Koris, ravines ; 3 : Mares de plateaux ; 4 : Lignes empierrées ; 5 : Tas de pierres sèches

ont été retenues (Figure III.69-D). L'estimation du nombre de tas correspond ainsi à une valeur minimale ; en effet certaines structures sont masquées par la végétation et ne peuvent donc pas être comptabilisées.

5.2 Résultats

Ce traitement permet d'individualiser au moins 28 500 tas et 54 km de lignes d'épierrement réparties sur une surface de 2 km². En estimant le volume hémisphérique des tas à 0,25 m³ et celui des lignes à 0,3 m³ par mètre linéaire, le volume total des matériaux déplacés sur la zone d'étude peut être évalué à 25 000 m³, soit une moyenne de 125 m³ par ha. Si nous estimons la densité de la latérite¹⁴ entre 2,5 et 3,6 et un coefficient de foisonnement¹⁵ de 1,3 nous obtenons une masse de matériau déplacée comprise entre 240 et 346 tonnes/ha.

L'organisation spatiale des structures d'épierrement peut être caractérisée. Dans la partie sud de la zone d'étude détaillée, deux paires de lignes parallèles forment très vraisemblablement deux chemins reliant une mare de plateau aux zones densément occupées (cf. chap9 §2.2) reconnues en pied de versant (Figures III.65 et III.70). Toutes les autres lignes sont simples et dessinent un réseau dendritique sans organisation orthonormée ; de rares enclos fermés sont observés. Trois dépressions paraissent être le centre d'une organisation radioconcentrique qui est structurée par les grands axes de ce réseau de lignes (Figure III.70). Elles sont aujourd'hui occupées par des mares et des cultures de maraîchage.

À première vue, la densité des tas semble indépendante du réseau de lignes. Pour confirmer cette observation et mieux comprendre l'organisation des structures de pierres, un traitement d'analyse spatiale a été engagé. La surface couverte par les lignes et les tas d'épierrement a été calculée à partir du SIG. Un taux de recouvrement a été estimé par unité de surface. Nous avons choisi arbitrairement de découper l'espace selon une maille élémentaire correspondant à une seconde géographique (30 m x 30 m soit 900 m²).

Pour chaque cellule, une densité de lignes et de tas a été calculée. Elle est définie comme le rapport de la surface recouverte par la structure sur la surface totale de la

14] Valeur de densité provenant des travaux de thèse suivant : Bohi Z.P.B. (2008). Caractérisation des sols latéritiques utilisés en construction routière : le cas de la région de l'Agnéby (Côte d'Ivoire). Thèse, École Nationale des Ponts et Chaussées, Champs sur Marne, le 24 novembre, 2008. 143p.

15] Le coefficient de foisonnement est le rapport entre le volume déplacé et le volume initial d'un matériau. Il est admis qu'il est de 1,3 pour les terres argileuses ou caillouteuses et les gravas.

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

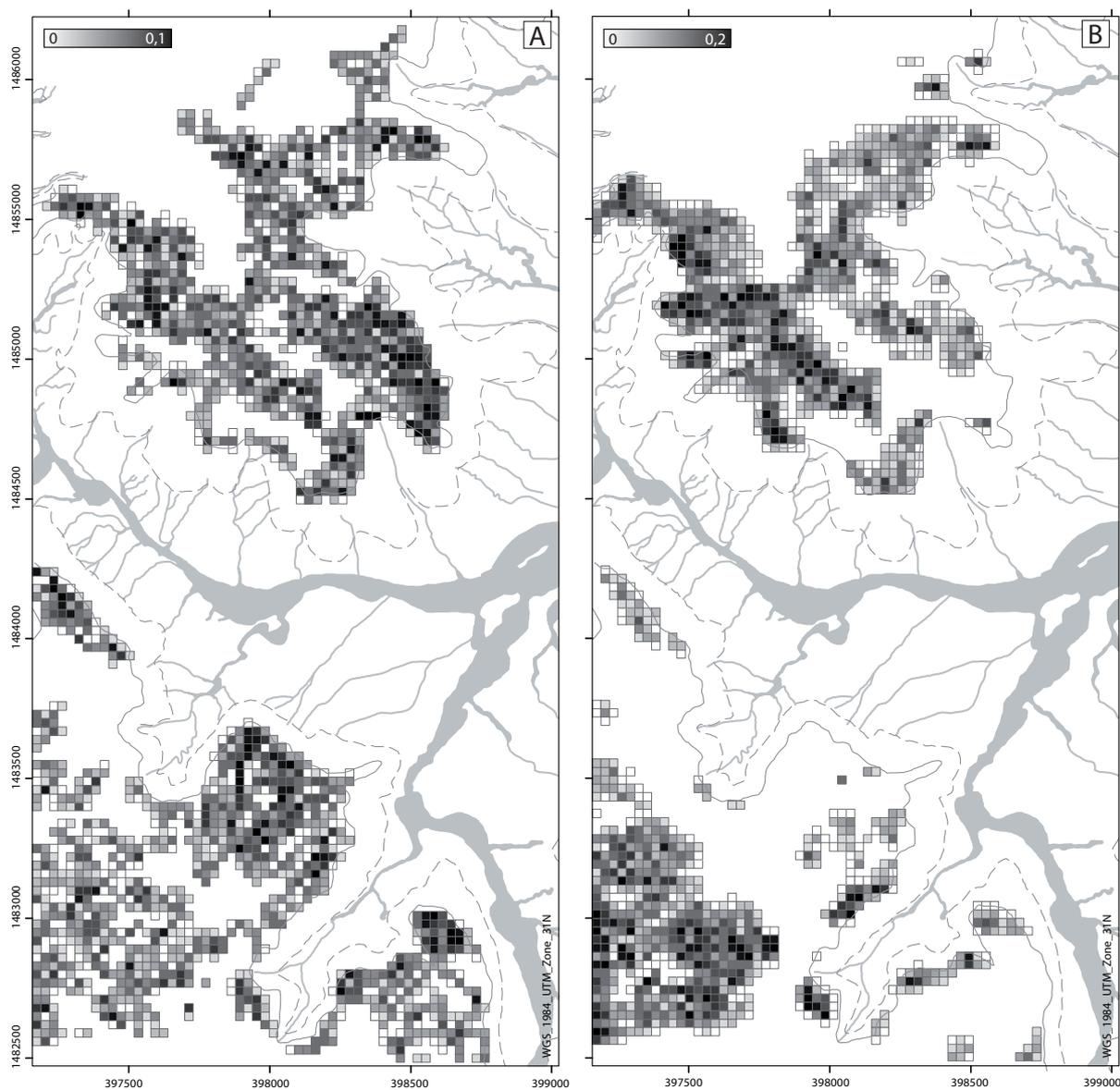
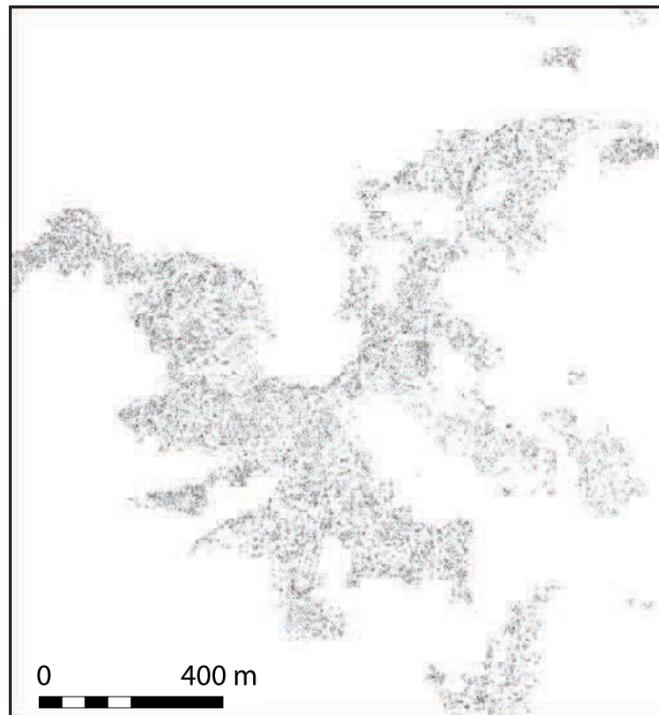


Figure III.71. Cartographie de densités des structures de pierres sèches définies par le ratio entre la surface couverte par les structures et celles de la cellule (30x30m)

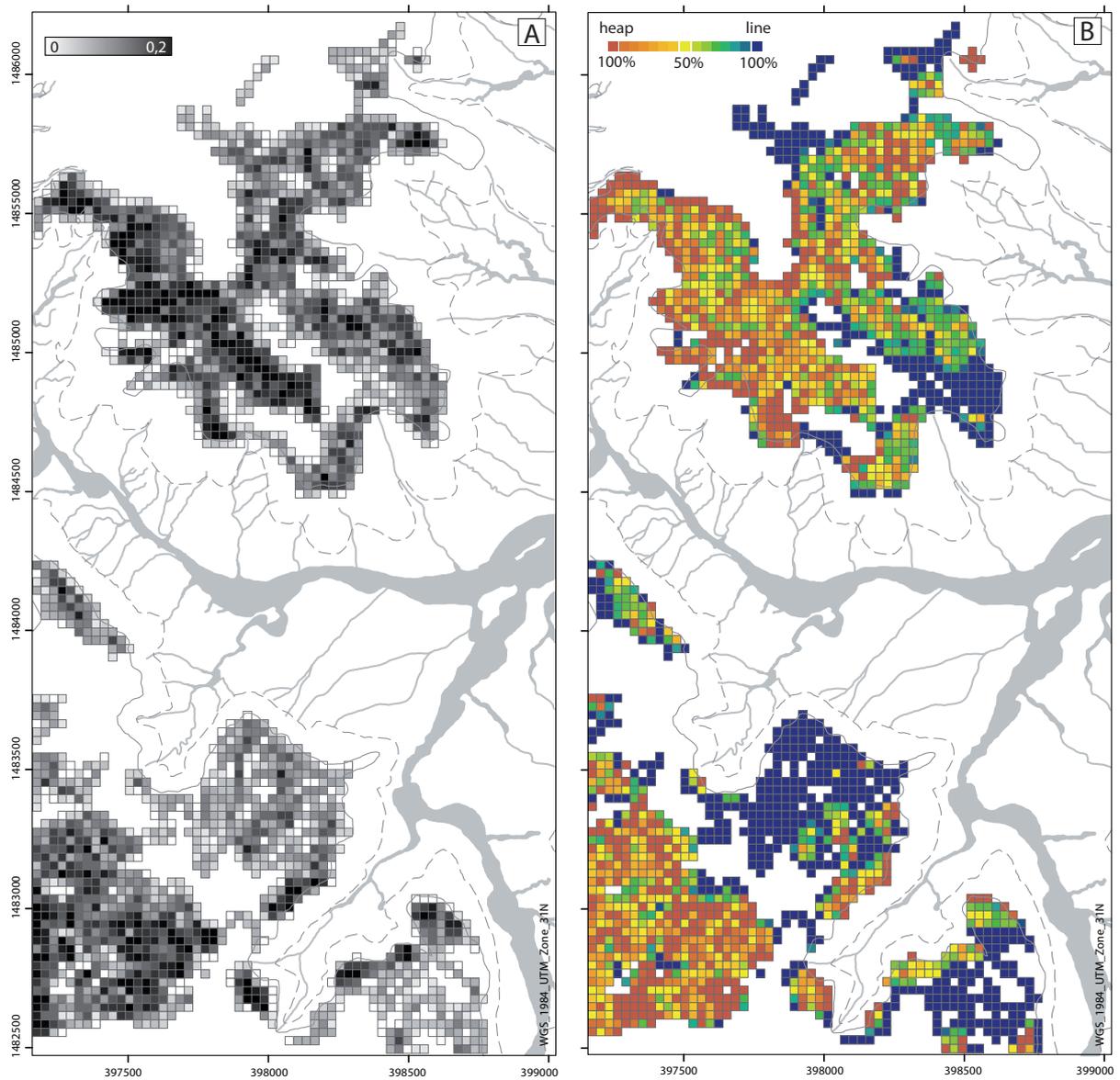
A. Densité de lignes

B. Densité de tas



Scale	Number of heap	Area (km ²)	Z ₀	p-value	Distribution
Plateau	16740	2,26	0,52	<0,01	Cluster
Plot	1184	0,041	1,07	<0,01	Dispersed

Figure III.72. Distribution spatiale des tas en fonction de l'échelle d'observation



cellule. Il est donc possible de cartographier indépendamment la variabilité spatiale de ces deux types de structures.

La répartition des structures empierrées n'est pas homogène sur la surface du plateau. Avec la grille d'analyse choisie, la densité maximale des tas atteint 20% et est deux fois supérieure à celle des lignes, or le nombre de cellules comprenant au moins une ligne s'élève à 1879 ; il est supérieur à celui des tas qui est de 1573. La figure III.71 montre que les fortes densités de tas ne sont pas situées aux mêmes endroits que celles des lignes. En effet, au nord du talweg, les structures linéaires (Figure III.71-A) sont nettement plus abondantes à l'est, où des enclos de petites surfaces engendrent un linéaire élevé, alors qu'au centre, une bande d'une centaine de mètres de large de direction SE/NO est totalement dépourvue de lignes. Au sud du talweg, les lignes sont principalement concentrées à l'extrémité de chaque éperon où les parcelles sont le plus souvent fermées et de petite superficie.

La répartition des tas d'épierrement présentent peu de points communs avec celle des lignes (Figure III.71-B). Au nord du talweg, les plus fortes densités sont situées à l'ouest, contrairement aux lignes. D'une façon générale, les lignes sont plus abondantes dans la partie orientale de la zone d'étude.

L'organisation spatiale des tas a été caractérisée à partir d'une analyse géostatistique du plus proche voisin (Zaninetti, 2005). Il apparaît qu'à l'échelle de la parcelle, la répartition des tas est très significativement dispersée. En revanche, à l'échelle du plateau, les tas dessinent très significativement des concentrations (Figure III.72).

La combinaison des cartes de densités des tas et des lignes montre que les bandes dépourvues de structures d'épierrement s'individualisent en dessinant une orientation SE/NO. L'explication de cette répartition est sans doute géologique : de légères ondulations du toit de la latérite conduisent dans les points hauts à l'affleurement de cuirasses, occasionnant plus de blocs de démantèlement à la surface des plateaux, alors que les secteurs en creux en sont dépourvus. Cette direction SE/NO correspond aux principales orientations structurales qui affectent cette région (Willems *et al.*, 1996).

Lorsque la carte de la somme de densité des tas et des lignes (Figure III.73-A) est comparée à celle du rapport de densité entre les tas et les lignes (Figure III.73-B), nous constatons que les plus fortes valeurs du cumul sont associées à la présence concomitante des tas et des lignes. *A contrario*, seules les lignes sont présentes dans les secteurs où les valeurs de cumul sont les plus faibles. Ce résultat indique qu'en

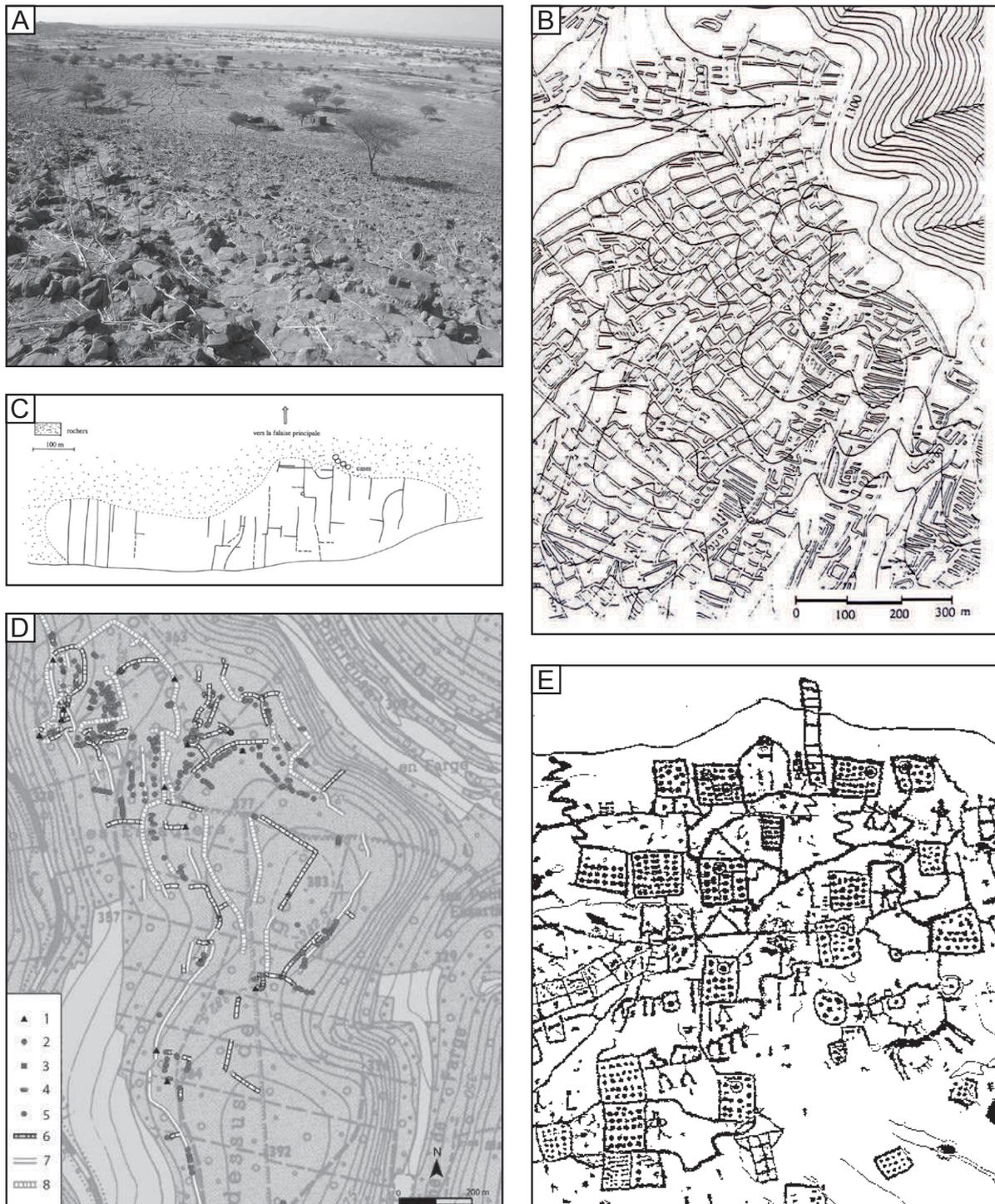


Figure III.74. Exemple de parcelles en Afrique et en Europe

A. Les aménagements en terrasse d'Hombori (Mali), 15°16'50"N - 1°40'40"O (Photographie J.L. Rajot)

B. Parcelle de Tazbent (Algérie), 35°24'20"N - 7°57'30"E (d'après Camps, 1960)

C. Parcelle du Tagant (Mauritanie), 18°N (Ould Khattar et al., 1994)

D. Parcelle du Chatillonnais (Bourgogne, France), 47°43'15"N - 4°39'05"E

1 : Pierres dressées ; 2 : Terre rond ; 3 : Terre quadrangulaire ; 4 : Terre allongé ; 5 : Terre indéterminé ; 6 : Murée ; 7 : Épaulement ; 8 : Murée/épaulement (Goguy et al., 2010)

E. Extrait de la gravure de la carte de Bedolina (Italie) (Turconi, 1997)

cas d'épierrement, les lignes sont systématiquement présentes et que les tas sont construits dans un second temps si la densité de blocs présents sur les surfaces à épierrier est élevée.

5.3 Discussions

L'étendue des surfaces aménagées sur les plateaux du Sud-ouest du Niger et les volumes de pierres déplacées témoignent d'un très important travail de mise en valeur des sols par une société agricole dynamique.

5.3.1 Mise en place d'un parcellaire

Les structures de pierres proviennent de l'épierrement du sol ; pour stocker les matériaux, les bâtisseurs ont tout d'abord réalisé des lignes qui *in fine* subdivisent la surface du plateau, puis dans un deuxième temps des tas si l'épierrement complet du sol le nécessitait. La répartition dispersée de ces tas, à l'échelle de la parcelle, suggère une mise en œuvre méthodique, selon laquelle chaque tas constituerait le centre d'une surface épierrière.

Outre le fait de servir de stockage, la fonction des lignes est difficile à cerner. Elles ne s'organisent pas selon les courbes de niveau, leur objectif n'est donc pas de lutter contre le ruissellement comme c'est le cas actuellement avec le système d'agrafes (Da, 2008) (cf chap1 §5.4.6). En effet, les sols argileux des plateaux sont très sensibles à l'encroûtement qui entraîne un fort ruissellement lorsque la végétation naturelle de brousse tigrée n'existe plus (Leblanc *et al.*, 2008). Le parcellaire décrit dans cette étude, qui s'étend sur des surfaces planes, se différencie des rares parcellaires délimités par des structures en pierres qui sont le plus souvent implantés sur des talus, comme celui d'Hombori au Mali encore exploité aujourd'hui (Figure III.74-A), ou fossiles comme celui de Tazbent en Algérie (Camps, 1960) (Figure III.74-B). Seul le parcellaire de Tagant en Mauritanie pour lequel nous disposons de très peu d'informations, s'organise en bandes parallèles sur des surfaces planes (Ould Khattar *et al.*, 1994) (Figure III.74-C).

Puisqu'elles n'ont pas de fonction antiérosive, ces lignes s'organisent plutôt sous forme de parcelles, même si elles ne sont pas toujours fermées. Elles indiqueraient une appropriation de l'espace par une communauté agropastorale qui dispose sans doute d'une main d'œuvre importante.

Les enquêtes menées auprès de la population actuelle qui parcourt les plateaux montrent la méconnaissance de la fonction de ces lignes et de ces tas de pierres. Ces aménagements sont donc au moins antérieurs aux années 1940, période à laquelle

les populations peules se sont installées dans la région à l'instigation du gouvernement suite à une sécheresse sévère. Les plateaux, qui étaient alors largement couverts de brousse tigrée et de savane, servaient de pâturage extensif.

En contrebas du plateau, nous avons pu identifier une zone d'habitat ancien associée à des milliers de bas fourneaux à usage unique. Deux de ces bas fourneaux (LG09F1 et LG09F2) ont fait l'objet de datations radiocarbone qui ont révélé une période de fonctionnement comprise respectivement entre 647 et 770 AD (Poz 39926) et entre 669 et 862 AD (Poz 41637) (Tableau III.2 et Figure III.49). Semblables à celles obtenues sur le site à statuettes voisin de Kareygorou (Gado, 1980), elles permettent de placer cette occupation au cours de la deuxième moitié du premier millénaire.

Sur des arguments de cohérence spatiale, il nous semble possible de rattacher ces structures de pierres aux occupations des versants sableux. La présence d'un chemin matérialisé par un doublet de lignes d'épierrement rejoignant les mares de plateau et le talus surplombant les habitats de pied de versant (Figure III.65) laisse supposer une même phase d'occupation du milieu. Bien qu'aucun élément datable n'a été retrouvé sur le parcellaire, la proximité des habitats et des bas fourneaux permettant la confection d'outils agraires offre un ensemble cohérent.

La mise en culture des sols de manière intensive est déjà attestée à l'Âge du fer au nord du Burkina Faso. En effet, des études anthracologiques ont mis en évidence la mise en place d'une alternance de champs et de jachères sur des dunes sableuses (Höhn & Neumann, 2011).

5.3.2 Fonctionnement du parcellaire

L'épierrement de la surface du plateau qui a conduit à la transformation des sols suggère une mise en culture de ces terres pour la production de céréales telles que le mil (*Pennisetum glaucum*) et le sorgho (*Sorghum bicolor*), plantes adaptées aux conditions climatiques ouest-africaines. Cependant, la texture argilo-limoneuse de ces sols s'oppose à la culture du mil réservée aux sols sableux. Ils pourraient en revanche avoir supporté la culture de sorgho, sous réserve d'une pluviométrie plus élevée, comme c'est le cas sur ces mêmes plateaux à plus de 80 km au sud de Niamey. La pluviométrie actuelle y est en effet de l'ordre de 650 mm et permet d'obtenir de bons rendements.

Cependant, le fort encombrement des surfaces où les densités de pierres étaient les plus élevées ne permet pas d'envisager un labour par traction animale comme c'est

généralement le cas actuellement pour la culture du sorgho. Ces sols pourraient avoir été mis en valeur avec un outil proche de la *daba*, sorte de houe à large fer et à manche court servant à cultiver les sols argileux. De manière générale, ces surfaces ne peuvent pas être sarclées avec l'*iler*, outil réservé à la culture sur sol sableux. Dans tous les cas, la texture très lourde de ces sols implique l'utilisation d'outils en fer pour les exploiter.

Si les lignes semblent bien matérialiser des limites parcellaires, en l'état actuel, elles ne sont pas assez élevées pour avoir eu un rôle de protection contre le bétail, sauf si elles étaient surmontées de branchages ou de haies vives.

5.3.3 Exemples de parcellaires européens

Étant donné la rareté des exemples de parcellaires africains, nous proposons d'élargir nos investigations vers l'Europe. Les recherches sur le parcellaire ancien européen se sont principalement concentrées sur les structures arasées et fossoyées, leur détection a grandement été facilitée par l'analyse de photographies aériennes et par les méthodes de décapage de grandes surfaces en archéologie préventive lors de travaux de génie civil (Chouquer & Favory, 1980 ; Chouquer, 1996a). Quant à l'étude du parcellaire ancien en élévation, elle est relativement peu fréquente car les structures ont été soit éliminées par les générations d'agriculteurs qui se sont succédées, soit arasées ou enfouies sous la végétation sur des terres agricoles aujourd'hui totalement abandonnées.

En Angleterre, dans la région du Dartmoor, Fleming (1988) a étudié des limites empierrées qui dessinent de larges parcelles. Ces limites sont totalement préservées sur près de 500 km² dans un paysage actuellement constitué de landes. La construction et l'organisation des limites parcellaires sont très semblables à celles de Louguel, il s'agit bien d'un épierrement du sol, mais nous constatons l'absence des tas.

En France, en Lorraine (Lafitte, 2002) et plus particulièrement en Bourgogne, dans le Chatillonnais, (nord Côte d'Or), des prospections pédestres ont permis de mettre au jour la présence d'anciens parcellaires sous couverture forestière. En Bourgogne, ils ont été découverts en bordure des plateaux calcaires aujourd'hui recouverts de forêt, au sein de zones d'habitat dont les structures et les objets retrouvés (métaux, céramiques, monnaies) ont été datés entre la Tène et la période Gallo-romaine (Goguey *et al.*, 2010). Les lignes sont des murets constitués de pierres brutes, elles délimitent aussi bien des zones d'habitat que des terres agricoles. Les formes du parcellaire sont très variées et les lignes sont le plus souvent discontinues (Figure III.74-D). Certains

murets forment des terrasses sur les zones les plus pentues. De nombreux « tertres » sont recensés, si certains sont indéniablement des structures construites (tombes, bornes,...) la plupart peut être considérée comme des tas d'épierrement (Goguey & Bénard, 2002).

Le parcellaire en élévation est encore trop peu étudiée, mais les nouveaux moyens de prospection et d'exploration (photographies aériennes de haute résolution, GPS, LIDAR,...) facilitent aujourd'hui le recensement de ces constructions qui restent toutefois difficiles à appréhender sans un contexte archéologique connu. Ces parcellaires européens ont de grandes similitudes avec celui de Louguet ; l'intention d'épierrer les terres y est attestée pour améliorer la qualité du sol. Quant aux formes du parcellaire, elles sont également assez souvent incomplètes, soit les lignes se sont dégradées soit le parcellaire était exploité sous cette forme, ce qui contraste avec l'idée de parcelles rectilignes, régulières et fermées. Les lignes empierrées peuvent alors être perçues comme des zones de stockages de matériaux qui ont comme autres fonctions, mais non des moindres, de délimiter des parcelles, de maintenir un sol arable ou faciliter l'irrigation.

5.3.4 Et les tas d'épierrement ?

Rares sont les tas d'épierrement mentionnés et cartographiés lors de la découverte d'un parcellaire ancien. Nous pouvons penser qu'ils ne sont pas présents parce qu'ils n'ont jamais existé. Toutefois, nous pouvons nous poser la question du maintien de ces tas au milieu des parcelles et la gêne que cela occasionne pour les travaux des champs. Au Proche-Orient et en Europe, l'apparition de l'araire dès le Néolithique a contraint les agriculteurs à travailler de manière linéaire, ce qui a nécessité d'éliminer dans la mesure du possible tout élément qui y faisait obstacle. Les tas d'épierrement ont sans doute été supprimés lors de la généralisation de l'araire. Toutefois, des représentations visuelles de parcelles agricoles anciens nous sont parvenues. Il s'agit des gravures rupestres représentant des parcellaires et des planimétries agraires datant des périodes de l'Âge du Bronze et de l'Âge du Fer, principalement découvertes dans les Alpes italiennes. Depuis la description de la plus célèbre gravure appelée « carte de Bédolina » dans le Valcamonica en Lombardie, de nombreux auteurs ont émis diverses hypothèses pour expliquer chaque incision gravée dans la roche. Outre les lignes et les polygones qui peuvent être facilement interprétés comme des chemins et des champs, la présence de points à l'intérieur des polygones est source de nombreuses théories (Figure III.74-E). Selon Arcà (1997), les hypothèses les plus probables pour interpréter ces points répartis de manière régulière ou aléatoire sont soit une information numérique

telle qu'un comptage des récoltes, soit une représentation schématique d'éléments matériels lors d'un moment particulier au cours de l'année (pieds de céréales ou de légumineuses, meules de foins). L'hypothèse de tas d'épierrement n'a jamais été proposée. L'épierrage paraît pourtant une pratique possible pour rendre les terres alpines cultivables sur les surfaces caillouteuses. La présence de gravures d'aires attelées sur certaines roches est bien attestée, mais cela ne permet pas de confirmer la pratique d'une mise en culture linéaire généralisée. De plus, la contemporanéité entre les gravures de parcellaires tachetés et celles d'aires tractées n'est pas établie.

6. Érosion des talus

Contrairement aux plateaux où se développe le parcellaire ancien, les hauts de versants de la vallée de Louguel présentent des indices manifestes d'érosion. Comme sur le bassin versant de Saga Gorou, à Banizoumbou et à Gobéri, nous observons des blocs de scories déchaussés qui correspondent à des bas fourneaux de type S_{Ce} (Figure III.75). Nous avons démontré dans le chapitre 9, que ces scories se mettent en place dans une fosse creusée à près de 1 m de profondeur sous la surface du sol. Leur affleurement témoigne donc d'une perte en terre de près d'un mètre d'épaisseur. Or ces scories très clairement en place se trouvent sous des arbres de grande taille dont l'âge peut être estimé à plus de 50 ans (Figure III.75). Or, les racines de ces arbres ne sont pas déchaussées, ce qui indique que la surface sur laquelle ils se sont développés n'a pas subi d'érosion au cours de leur croissance. Une ou plusieurs phase(s) d'érosion s'est (se sont) donc produite(s) entre la date de fonctionnement des bas fourneaux et la date de germination de l'arbre. Par ailleurs, l'étude des photographies aériennes des années 50 de la région de Niamey révèlent clairement un paysage très végétalisé qui ne présente aucun indice d'érosion importante (Abdourhamane Touré, 2011).

Une phase d'érosion récente a également été mise en évidence par le déchaussement de certains arbres situés à proximité et par la présence de nombreuses ravines actives. Cette phase d'érosion actuelle qui a débuté dans la deuxième moitié du 20^e siècle est décrite et mesurée par de nombreux auteurs (Leblanc *et al.*, 2008 ; Abdourhamane Touré, 2011 ; Mamadou, 2012).

Au moins deux phases érosives ont ainsi été enregistrées dans la région de Niamey, l'une ancienne, après le fonctionnement des bas fourneaux datés entre le 7^e et 9^e siècles et l'autre récente toujours en cours actuellement (Figure III.76). Pour cette dernière phase, les auteurs s'accordent pour dire que l'érosion des versants est directement liée au ruissellement. Celui-ci est la conséquence du défrichement de la



Figure III.75. Surface où les blocs massifs sont mis à nu témoignant d'une perte de sol de plus d'un mètre alors que les arbres à proximité, âgés de plusieurs décennies, ne sont pas déchaussés (Photographie : V. Bichet)

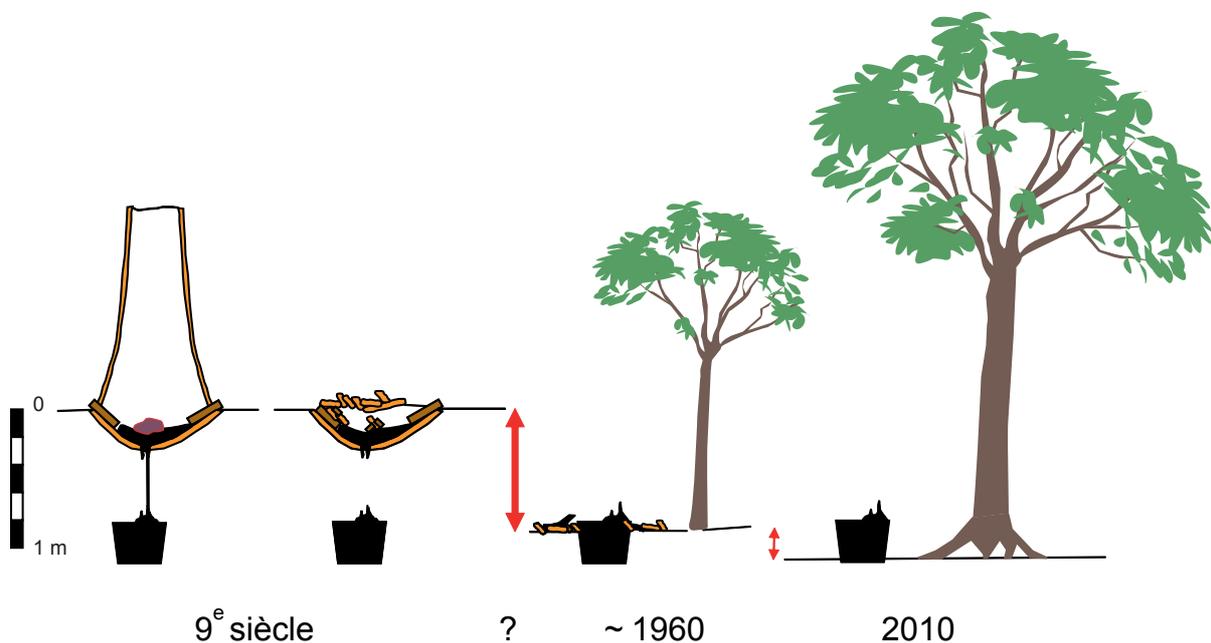


Figure III.76. Érosion des sols sur les talus de plateau

Après le fonctionnement des bas fourneaux de type SCe vers le 9^e siècle, une première phase érosive a lieu sur les talus du plateau. Après la stabilisation des sols, la végétation s'est développée. Au milieu du 20^e siècle, des arbres ont pu germer et croître. Or, après les années 70, la couverture végétale des plateaux est fortement dégradée suite à une sécheresse de grande ampleur et à la pression anthropique. Une nouvelle phase érosive en nappe est alors décelée en observant le déchaussement des arbres âgés d'une cinquantaine d'années.

brousse tigrée sur les plateaux depuis près d'un demi-siècle, pour satisfaire les besoins en bois de cuisson et de construction. Ce lien de causalité entre le défrichement et l'érosion des sols peut être transposé à la période à laquelle les blocs de scorie sont mis au jour. Si nous considérons, comme nous l'observons actuellement, que le milieu répond rapidement à la pression à laquelle il est soumis, nous pouvons proposer un scénario similaire. Après l'abandon des cultures sur les plateaux, le sol subit un encroûtement rapide, ce qui favorise le ruissellement sur la surface subhorizontale du plateau et génère une érosion hydrique intense sur les talus et les versants. La première phase érosive des versants se serait alors produite peu de temps après l'abandon du parcellaire agricole sur les plateaux.

7. Conclusion

La présence en surface des plateaux de blocs de cuirasse latéritique issus d'un épierrement permet de visualiser aisément une phase de mise en culture ancienne dans ces régions. Jusqu'à présent, la végétation de brousse tigrée occupant les plateaux était considérée comme une végétation n'ayant jamais été influencée par les activités humaines (d'Herbès *et al.*, 1997), or nos observations sur ce parcellaire ancien montrent que ce couvert arbustif s'est réinstallé sur d'anciennes terres agricoles, au moins localement. Au Sahel comme dans les forêts denses équatoriales, la végétation souvent considérée comme primaire fossilise des sols agricoles anciens (Guillaumet, 1996 ; Clement & Horn, 2001 ; van Gemerden *et al.*, 2003).

La question se pose de la date et des raisons de l'abandon de ce système agraire. Au Sahel où le climat est extrêmement variable et influence si gravement l'économie des sociétés actuelles, cette exploitation agricole des plateaux pourrait être contemporaine d'une phase climatique plus humide, comme cela est globalement contestée dans la région au cours du premier millénaire de notre ère (Ballouche & Neumman, 1995 ; Höhn, 2004 ; Waller *et al.*, 2007).

Cette proposition de forçage climatique ne doit pas empêcher de considérer également le rôle des changements sociétaux ayant affecté les populations d'Afrique de l'Ouest (esclavagisme, guerres, développement des grands empires, migrations de populations). Sous réserve d'un inventaire à large échelle et de datations plus précises, ces témoins de mise en valeur agricole devraient désormais être pris en compte pour mieux comprendre l'histoire socio-environnementale de cette région.

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

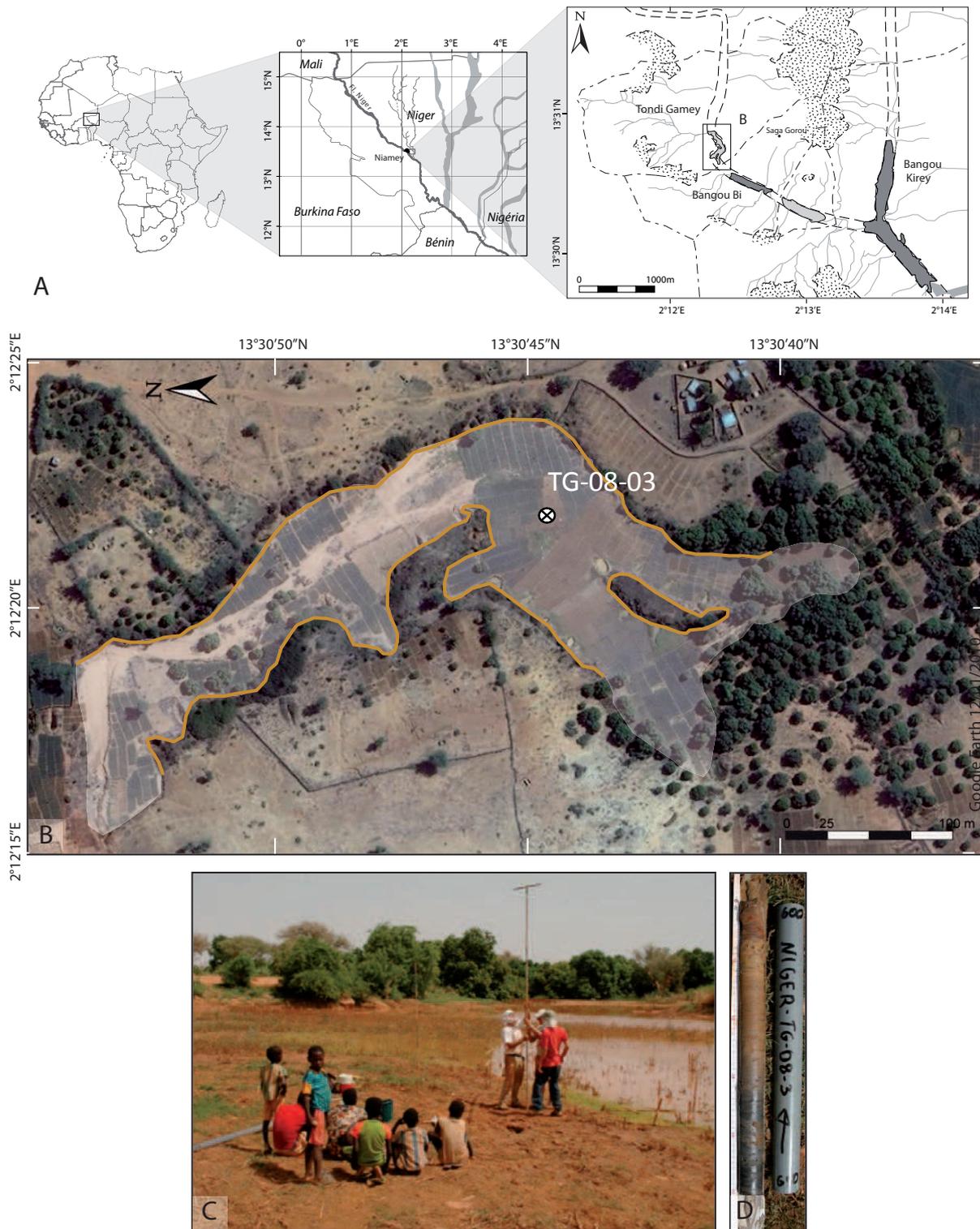


Figure III.77. Localisation de Tondi Gamey et du prélèvement sédimentaire

A : Complexe limnique de Saga Gorou

B : Extension du lac de Tondi Gamey au cours des dernières années et position du carottage. Le liseré brun matérialise les berges constituées du banc basal d'oolithes ferrugineuses du Continental terminal

C : Vue du carottage à l'aide d'une sonde russe

D : Séquence sédimentaire illustrant les changements de faciès entre -600 et -650 cm

Onzième chapitre

Archives sédimentaires : Etude de la séquence de Tondi Gamey

1. Introduction

Un lac est un piège sédimentaire qui a le potentiel d'enregistrer les variations environnementales de son bassin versant. C'est pourquoi les études de ces remplissages contribuent à la compréhension de l'évolution des écosystèmes et de leur interaction avec les activités anthropiques (Battarbee & Bennion, 2011). Les Hommes ont par le passé modifié le paysage sahélien en pratiquant l'agriculture ou en développant les activités métallurgiques (cf chap 9 et 10). Ces pratiques ont engendré le défrichement de grandes surfaces, or la perte du couvert végétal naturel, comme elle est constatée actuellement au Sahel pour la mise en culture des sols, favorise une érosion intensive des terres arables (Leblanc *et al.*, 2008 ; Abdourhamane Touré, 2011) et génère une modification majeure du paysage sahélien (Amogu *et al.*, 2010 ; Bouzou Moussa *et al.*, 2011). Le ravinement contribue alors à la destruction des sols et au comblement progressif des bas fonds.

À Saga Gorou, la vallée est parcourue par le Kori de Ouallam dans lequel se sont formés des lacs permanents depuis les années 60. Ces dépressions inondées constituent aujourd'hui un rare point d'eau au sein d'un paysage sahélien essentiellement steppique. Trois sites ont été sondés, Bangou Kirey et Bangou Bi, des lacs en eau permanente et Tondi Gamey qui est totalement comblé et aménagé aujourd'hui en jardins maraîchers (Figure III.77-B). Alors que nous avons pu mettre en évidence que l'Homme occupe le Sud-ouest du Niger de manière plus ou moins continue depuis le 2^e millénaire avant notre ère, nous avons envisager l'étude de l'ancien lac de Tondi Gamey, un remplissage sédimentaire pour lequel le potentiel d'un enregistrement cohérent et contemporain de lac accessible en son centre à pied sec et dont le niveau de remplissage laisse supposer un enregistrement plus dilaté que dans les lacs encore en eau. Situé au centre de notre zone d'étude, il permet de répondre à nos interrogations qui portent sur l'évolution de l'état de surface des sols et sur les principaux changements environnementaux d'ordre local voire régional. L'objectif de cette étude est de comprendre la mise en place des dépôts sédimentaires et de déterminer les différentes phases d'érosion du bassin versant qui ont conduit au comblement du lac. L'étude de ce remplissage est menée sur une séquence sédimentaire datée, sur laquelle sont mesurées les variations

granulométriques et de susceptibilité magnétique afin de déterminer et de différencier l'origine des matériaux érodés. Alors que la fraction minérale est largement dominée par les sables, une étude spécifique est menée sur la fraction argileuse et organique, elle a pour but de définir l'origine et la qualité de la matière organique (MO).

Ces données sont par la suite confrontées au contexte archéologique dans le but de tester si les activités anciennes importantes dans la région ont également eu un impact sur la couverture végétale et sur l'érosion des sols.

2. Le complexe limnique de Saga Gorou

Le Kori de Ouallam, paléo-rivière affluent en rive gauche du fleuve Niger, est entrecoupé de cônes d'épandage issus de larges oueds qui draînent le bassin versant. Ces cônes constituent des seuils topographiques qui bloquent l'écoulement des eaux. Plusieurs dizaines de lacs se sont ainsi formés le long du kori. Actuellement, la nappe phréatique affleure dans les dépressions les plus profondes. Le plan d'eau peut atteindre 5 m de profondeur à l'étiage à Bangou Bi et à Bangou Kirey et s'élever de près de 2 m lors de la saison des pluies, jusqu'à déborder ponctuellement et couler jusqu'au fleuve.

La date de l'incision du Kori de Ouallam reste inconnue, elle peut toutefois être mise en parallèle à celle du Dallol Bosso qui serait datée du Pléistocène moyen (Sombroek & Zonneveld, 1971). La profondeur de l'incision a été sondée par une méthode géophysique basée sur la résistivité des sols (TDEM¹⁶) (cf Annexe 2). Une première limite horizontale est observée aussi bien dans le remplissage que sur les berges à une profondeur respective de 21 et 24 m. La résistivité de ce niveau est très mal définie en TDEM, car il est trop résistant. Le niveau sous-jacent est, quant à lui, très conducteur, il pourrait être interprété comme étant les altérites kaolinisées du socle. La continuité du toit de ce niveau montre que l'épaisseur du remplissage sédimentaire du Kori de Ouallam serait au maximum d'une vingtaine de mètre.

Le Kori de Ouallam constitue donc l'un des meilleurs pièges sédimentaires que nous ayons pu identifier et sonder dans la région.

16] La méthode TDEM (Time Domain Electro-Magnetism) est basée sur l'induction électromagnétique par la coupure brusque d'un champ magnétique statique. Elle a été réalisée en mai 2009 par M. Boucher (IRD Niamey) et interprétée par M. Descloitres (LTHE, Grenoble).

3. Méthodes

3.1 Prélèvement sédimentaire et ré-échantillonnage

Le prélèvement a été réalisé manuellement à l'aide d'un carottier russe de 63 mm de diamètre au centre du bassin (13°30'44,80"N – 2°12'21,85"E) (Figure III.77-B). La profondeur maximale atteinte est de 675 cm (Figure III.77-C-D). Un ré-échantillonnage a été réalisé en laboratoire en tenant compte des limites lithologiques. Les échantillons, épais de 1 cm, ont été prélevés de manière ponctuelle dans les niveaux sableux homogènes et de manière continue dans les niveaux argileux. Ils ont été par la suite subdivisés pour réaliser les différentes analyses. Au cours de ces prélèvements, sept charbons de bois et un fragment de bois ont été collectés pour être datés par radiocarbone.

3.2 Les analyses réalisées

La séquence a été soumise à une série d'analyses afin d'identifier les sources des matériaux. Pour cela, une mesure de la susceptibilité magnétique (SM) (susceptibilitémètre Bartington MS2E, Besançon) a été effectuée sur l'ensemble de la séquence avec un pas de 1 cm. Celle-ci révèle la faculté d'un échantillon à s'aimanter sous l'application d'un champ magnétique faible. Elle permet ainsi d'évaluer les différents flux détritiques qui sont, en région intertropicale, plus ou moins riches en oxyde de fer. Afin de caractériser les sédiments, une étude granulométrique (granulomètre laser LS 230, Beckman Coulter, Besançon) a été engagée après destruction de la matière organique pour l'ensemble de la séquence (67 échantillons) ; le pas et le volume d'échantillonnage diffère selon la lithologie.

Pour la fraction organique, nous avons procédé à la mesure du rapport C/N (analyseur varioMax CNS Elementar, Besançon) sur l'ensemble de la séquence (50 échantillons) afin d'évaluer la teneur en carbone et en azote. En fonction des valeurs obtenues, nous avons complété l'étude par une analyse par pyrolyse Rock-Eval (Lausanne) sur 10 échantillons provenant des niveaux argileux inférieurs. Les composés volatiles (hydrocarbure, dioxyde et monoxyde de carbone) émis lors de la pyrolyse ont fourni des indices permettant d'identifier l'origine et à la qualité de la MO (Lafargue *et al.*, 1998 ; Sebag *et al.*, 2006).

De plus, des tests palynologiques¹⁷ ont été réalisés sur 10 échantillons ; ils se sont tous révélés négatifs, tous les éléments observés étaient en effet très dégradés et inidentifiables.

17] E. Gauthier, UMR 6249Chrono-environnement, Besançon

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

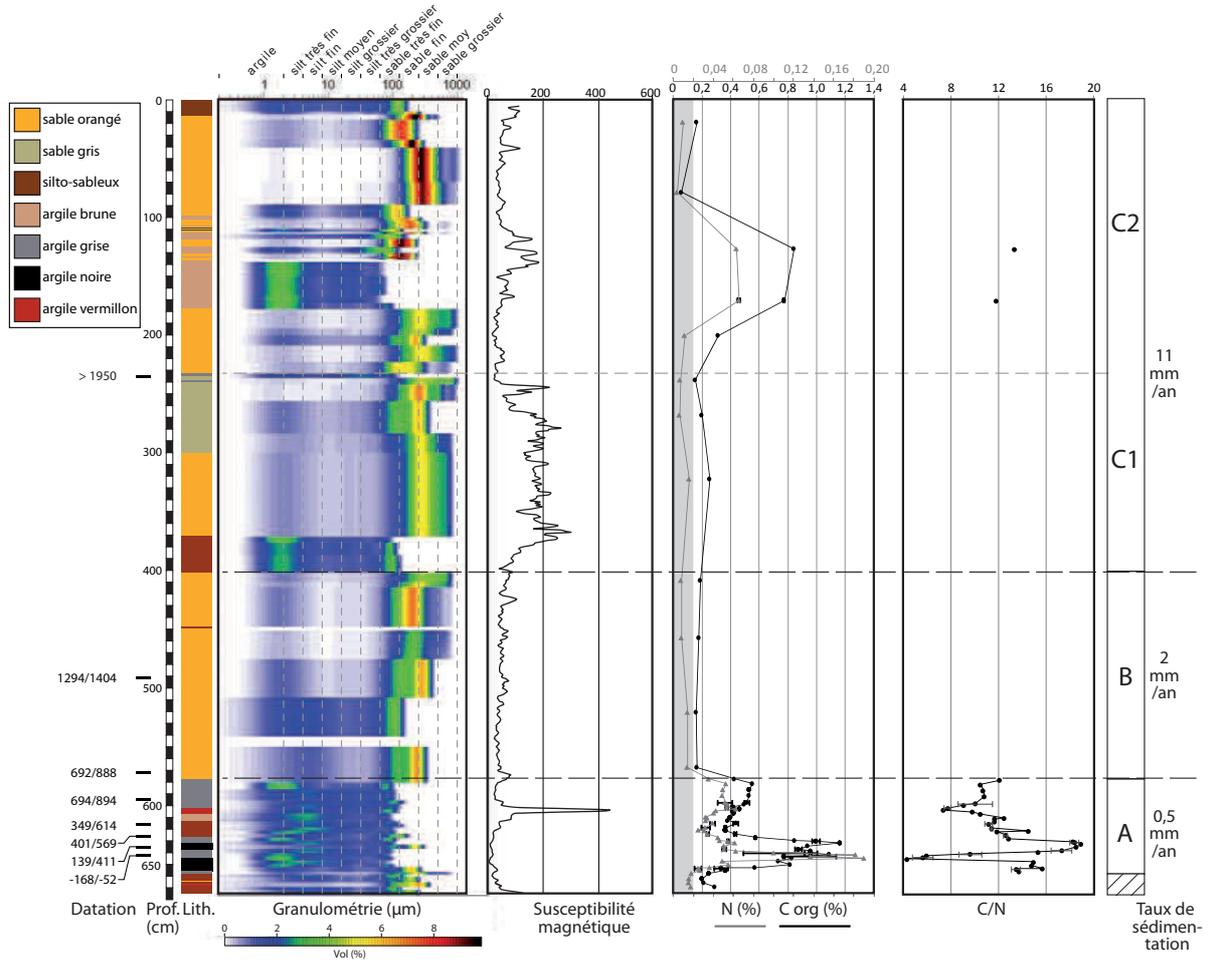


Figure III.78. Lithologie, granulométrie, susceptibilité magnétique, teneurs en azote (N) et en carbone organique (C org), rapport C/N

4. Résultats

4.1 Lithologie, granulométrie et susceptibilité magnétique

La séquence de Tondi Gamey est constituée de trois ensembles lithologiques qui reposent sur un sable fin argileux et pour lesquels les variations de la susceptibilité magnétique (SM) sont notables (Figure III.78).

La partie inférieure du remplissage (A) entre -660 et -580 cm présente un faciès argilo-silteux comportant de nombreuses variations colorimétriques, mais sans lamination. Un pic de SM met en évidence à -605 cm un fin niveau argileux de couleur rouge vermillon.

La partie intermédiaire (B) entre -580 et -400 cm est principalement composée de sables fins et moyens de teinte orangée. Les valeurs de SM sont relativement faibles et globalement homogènes tout le long de ce niveau.

La partie supérieure (C) entre -400 cm et la surface est constituée de formations sableuses entre lesquelles s'intercalent des niveaux argileux plus ou moins épais. Les valeurs de SM permettent de distinguer deux dépôts distincts. Le premier (C1) entre -400 et -230 cm est caractérisé par des valeurs de SM très variables et relativement élevées. Pour le second niveau (C2), les valeurs de SM sont nettement plus faibles, à l'exception du niveau compris entre -150 et -100 cm.

4.2 Datations et taux de sédimentation

Huit datations radiocarbone ont été réalisées, sept sur charbons de bois et une, la plus récente, sur un fragment de bois (Tableau III.6), leur répartition est très irrégulière. Elles se concentrent dans la partie inférieure de la séquence où certaines dates se chevauchent (celles situées à -626 et -616,5 cm puis à -595 et -571 cm) ; Dans ces conditions, une seule des deux dates voisines est prise en compte pour la construction du modèle d'âge (Figure III.79). Pour la partie supérieure épaisse de 580 cm, nous ne disposons que de deux dates dont l'une est postérieure à 1950 ($121,83 \pm 0,36$ pMC) à -233 cm. Pour le 20^e siècle durant lequel la sédimentation semble très rapide, des essais de datation par ^{137}Cs ont été effectués. Cependant les teneurs de ces éléments isotopiques sont trop faibles pour obtenir une courbe cohérente. À défaut de nouveaux indices chronologiques, nous appliquons une large marge d'erreur à cette section.

Le taux de sédimentation, révélateur de la dynamique sédimentaire du lac est présenté à l'aide d'une échelle logarithmique (Figure III.80) ; il est très contrasté et

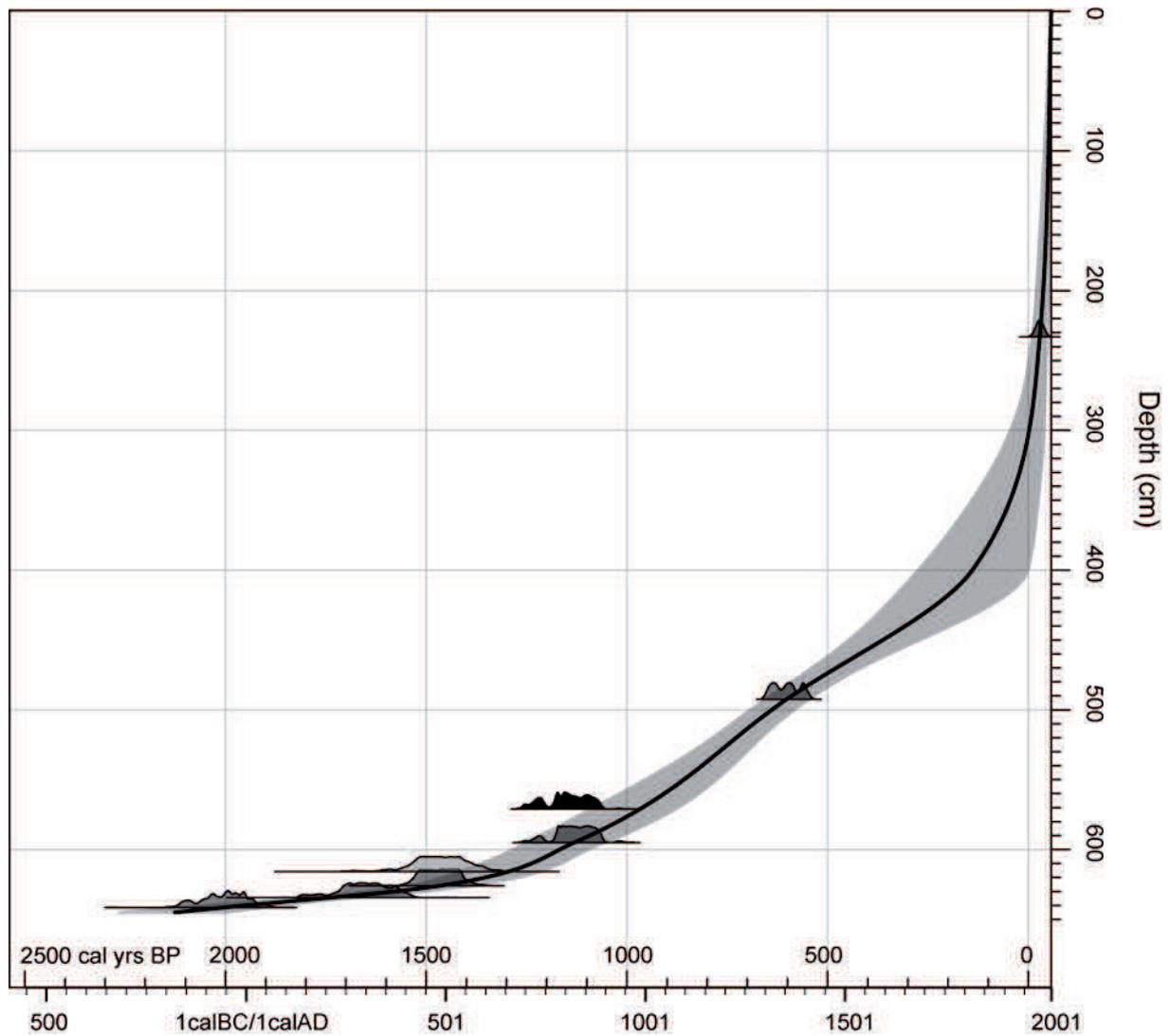


Figure III.79. Modèle âge/profondeur du remplissage de Tondi Gamey avec une marge d'erreur provenant de la calibration des dates ¹⁴C et du manque d'éléments de datation pour la période la plus récente (réalisation : C. Massa)

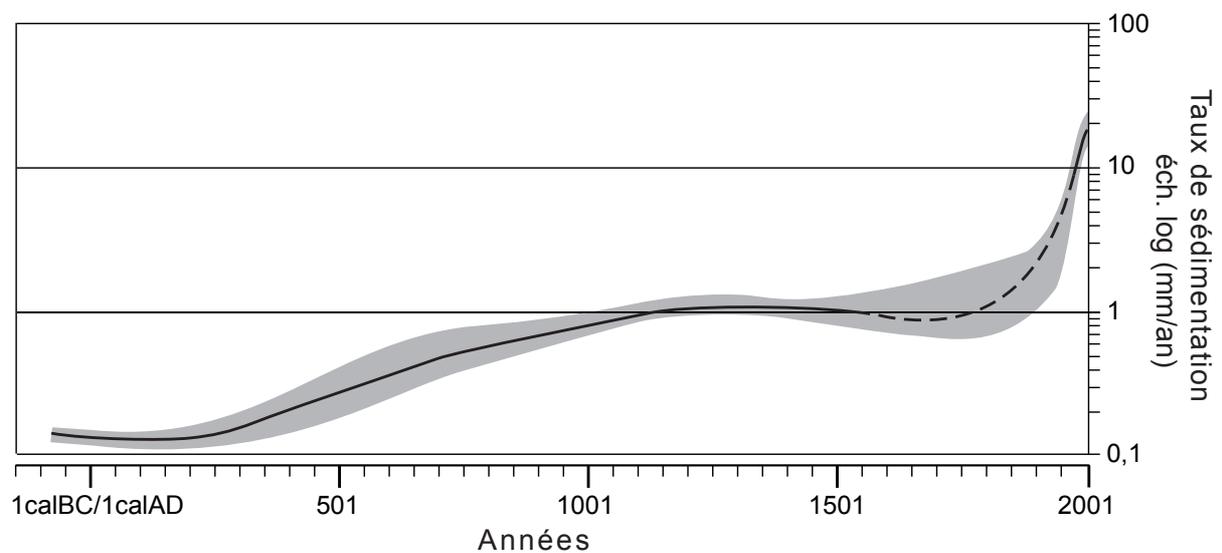


Figure III.80. Taux de sédimentation du remplissage de Tondi Gamey.(échelle log)

croît très fortement à partir de la seconde moitié du deuxième millénaire, bien qu'une incertitude demeure au début de cette période au vu de la marge d'erreur de la date radiocarbone. En effet, durant le premier millénaire, le taux de sédimentation augmente progressivement, mais il reste relativement faible avec une valeur moyenne proche de 0,5 mm/an. Par la suite, après une certaine stabilité jusqu'au milieu du 2^e millénaire, il augmente notablement pour atteindre 2 mm/an en moyenne. Au-delà, le 20^e et le début du 21^e siècles marquent un changement brutal de sédimentation, le taux moyen est de l'ordre de 11 mm/an, dont un taux de près de 25 mm/an ces dernières décennies. Toutefois, ces variations couvrent de longues périodes durant lesquelles le caractère événementiel des dépôts n'est pas pris en compte, il est donc prudent de relativiser ces taux de sédimentation qui ne représentent qu'une valeur moyenne.

Tableau III.3. Datations radiocarbone provenant du remplissage sédimentaire du paléo-lac de Tondi Gamey

Cote (cm)	N° labo	Matériel	Date ¹⁴ C BP	Date cal BP (μ)	Date cal BC/AD (2σ)
-233	Poz-29589	Bois	moderne	--	> 1950*
-492,5	Poz-39992	Charbon de bois	610 ± 30	600	1294 / 1404
-571	Poz-39944	Charbon de bois	1220 ± 30	1150	692 / 888
-595	Poz-39991	Charbon de bois	1205 ± 30	1130	694 / 894
-616,5	Poz-43573	Charbon de bois	1570 ± 60	1460	349 / 614
-626	Poz-29590	Charbon de bois	1580 ± 40	1465	401 / 569
-634,5	Poz-43574	Charbon de bois	1740 ± 50	1655	139 / 411
-641,5	Poz-39946	Charbon de bois	2040 ± 40	2005	-168 / 52

Curve IntCal 09, Oxcal 4.1. Bronk Ramsey, 2009

* la teneur en pourcentage de carbone moderne (pmC) fournit pour une calibration à 2σ deux intervalles de dates 1959/1961 (et 1983/1985 (0,43).

La calibration du carbone moderne est réalisée selon la méthode de Hua et Barbetti (2004). module de calibration disponible à l'adresse <http://calib.qub.ac.uk/CALIBomb/>

4.3 La fraction organique

L'étude la fraction organique a pour but de définir l'origine de la matière organique (MO) observée dans les sédiments lacustres, dont la production est soit autochtone (algue) soit détritique (couvert végétal du bassin versant), et sa qualité, à savoir sa maturation ou sa biodégradation.

Les valeurs du rapport C/N sont fiables uniquement dans les niveaux argileux ; dans les niveaux sableux la teneur en azote est inférieure à la marge d'erreur. Seule la base de la séquence, sous la côte de 580 cm, est alors exploitable (Figure III.81), le modèle d'âge est appliqué à cette section, les cotes de profondeur sont retranscrites en âge

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge de fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

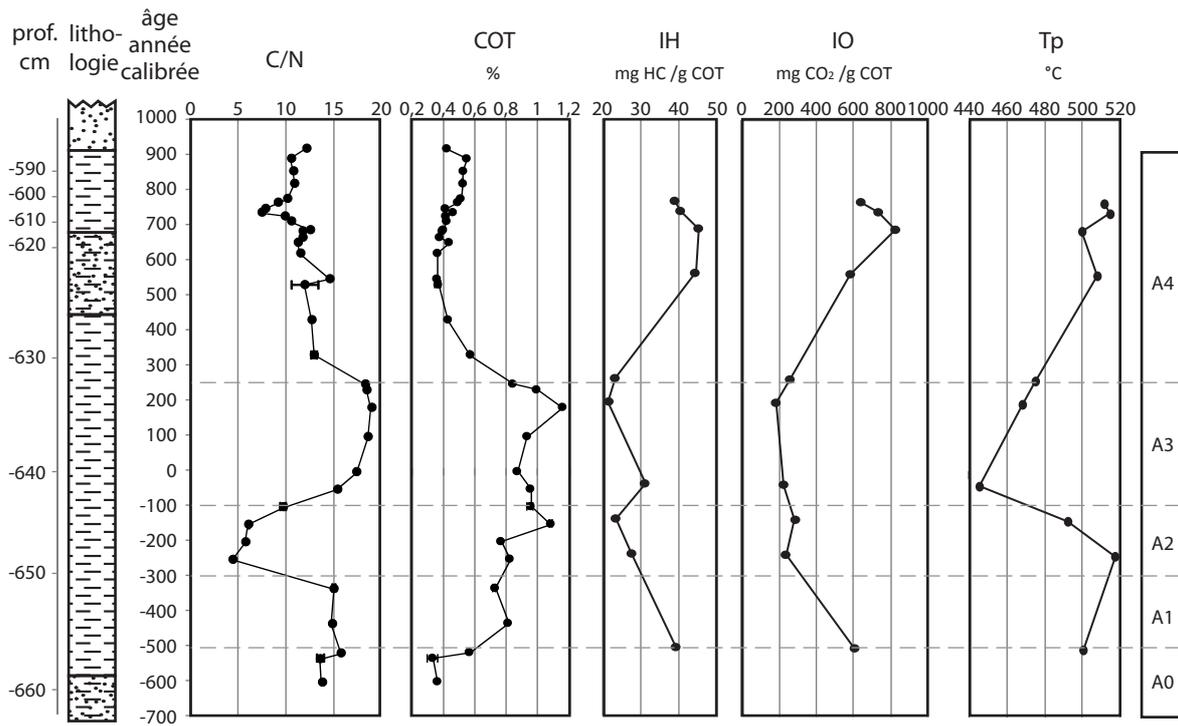


Figure III.81. Lithologie et proxy issu de l'analyse Rock-Eval en fonction de l'âge calibré

calibré afin de mieux observer l'évolution de la MO. Quatre indices issus de l'analyse Rock-Eval ont été exploités : la teneur en carbone organique total (COT en %), la quantité de composés hydrocarbonés (IH en mg HC g⁻¹ COT), le degré d'oxygénation de la MO (OI en mg CO₂ g⁻¹ COT) et la température à laquelle la quantité maximale de composés hydrocarbonés est libérée (TpS2 en °C) (Figure III.81). Dans les premiers niveaux argileux, entre 600 et 320 cal BC, la teneur du rapport C/N est de 15. Elle n'est plus que de 5 entre 250 et 150 cal BC, cette chute rapide est liée au taux d'azote très élevé. S'ensuit entre 50 cal BC et 250 cal AD une augmentation progressive où la teneur du rapport C/N reste inférieure à 20. Au-delà, entre 300 et 920 cal AD, le rapport chute légèrement puis se stabilise progressivement à 11. Après le premier millénaire, les valeurs ne sont plus fiables, seul un niveau argileux daté postérieurement à 1950 et compris entre -180 et -100 cm révèle une teneur comprise entre 12 et 14.

La teneur en carbone organique est globalement très faible, elle augmente de 0,4 à 1,2% entre 600 cal BC et 200 cal AD et diminue progressivement pour atteindre de nouveau 0,4% vers 550 cal AD. La valeur restera stable entre 0,4 et 0,6 jusqu'en 800 cal AD.

Les courbes d'indices d'hydrogène (IH) et d'oxygène (IO) ont un profil similaire. Vers 500 cal BC, l'IH est de 40 mg HC g⁻¹ COT et n'est plus que de 25 mg HC g⁻¹ COT entre 250 cal BC et 300 cal AD. Au-delà, entre 550 et 800 cal AD, il s'élève et se stabilise entre 39 et 47 mg HC g⁻¹ COT. Au cours de ces mêmes périodes, la valeur de l'IO chute de 600 à 200 mg CO₂ g⁻¹ COT puis atteint des valeurs comprises entre 600 et 800 mg CO₂ g⁻¹ COT. Quant à la température, elle s'élève de 500 à 520°C entre 500 et 250 cal BC et chute à 445°C en 50 cal BC. Elle augmente ensuite progressivement pour atteindre environ 510°C entre 550 et 800 cal AD.

5. Discussions

5.1 Un mise en eau jusqu'à la fin du 1^{er} millénaire AD

La première phase (A) du comblement de Tondi Gamey comprise entre 600 cal BC et 900 cal AD est constituée de plusieurs niveaux argileux et sablo-argileux qui atteignent 80 cm d'épaisseur. Les valeurs de susceptibilité magnétique (SM) sont faibles et montrent peu de variations. Seul le niveau rouge vermillon, vers 750 cal AD, marque un événement particulier qui reste difficile à identifier, des analyses complémentaires devront être réalisées lors d'un nouveau carottage.

Ces dépôts possèdent les niveaux les plus riches en MO de la séquence. La teneur en carbone organique total (COT) est toutefois globalement faible ; les valeurs maximales

sont proches de celles provenant des sols sahéliens (Mabicka Obame *et al*, soumis). Ces successions de dépôts argileux et faiblement organiques n'auraient pu se développer que par décantation sous une certaine tranche d'eau, ce qui aurait également permis de les conserver en place. Bien que certaines datations radiocarbone ne soient pas rigoureusement ordonnées le long de la séquence, leur faible écart chronologique laisse supposer que cette distribution est liée aux matériaux datés (bois carbonisés plus anciens) et non à une bioturbation du dépôt.

Malgré la faible quantité d'échantillon au sein de ce niveau, nous observons une MO très dégradée comme en témoignent les faibles valeurs d'indice d'hydrogène (IH). La comparaison entre les valeurs d'IH et celles d'indice d'oxygène (IO), laisse penser que la MO est essentiellement terrestre ou qu'elle a été soumise à une forte diagénèse. Cependant les valeurs du rapport C/N montrent des variations notables qui indiqueraient des changements environnementaux au sein du dépôt. Celles-ci sont particulièrement observables entre les phases A2 et A3 entre 300 cal BC et 250 cal AD. En effet, alors que le COT est relativement constant, la MO serait principalement dans le niveau A2 d'origine à dominance lacustre (C/N faible) puis évoluerait vers une MO à dominance terrestre (C/N élevé) dans le niveau A3.

La tendance à la hausse du taux de sédimentation durant cette période confirmerait que les apports détritiques aient augmenté (MO d'origine terrestre). Toutefois, le taux de sédimentation moyen de 0,5 mm/an au cours de cette période, du milieu du premier millénaire AD à l'an 1000, semble indiquer une stabilité du bassin versant où l'érosion des sols paraît peu intense.

5.2 Après l'an 1000, un milieu instable

À partir de l'an mille, le manque d'éléments de datation rend le modèle d'âge plus fragile. Cependant, les observations actuelles qui montrent un très fort ravinement des sols depuis le milieu du 20^e siècle (Abourhamane Touré, 2011) sont en cohérence avec la datation post 1950 du bois retrouvé à -233 cm dans les niveaux sableux qui constituent les dépôts supérieurs du comblement. Une chronologie des événements peut alors être établie à partir de ce modèle d'âge.

La phase B, entre -580 et -400 cm, est très majoritairement constituée de sables moyens avec des valeurs de SM homogènes. L'intervalle chronologique qui correspond à la mise en place de ces dépôts peut difficilement être défini, nous pouvons seulement affirmer qu'il débute vers 900 cal AD et qu'il se terminerait entre le 15^e et le milieu du 20^e siècles. Le taux de sédimentation moyen de l'ordre de 2 mm/an montre un changement

de dynamique. Ces dépôts résultent probablement d'apports événementiels comme ceux qui se produisent actuellement lors d'une pluviométrie de très forte intensité ; le ruissellement des eaux en surface engendre le ravinement et l'érosion des sols où le couvert végétal est le moins dense (Leblanc *et al.*, 2008 ; Abdourhamane Touré, 2011 ; Mamadou, 2012). Les conditions environnementales du bas-fond à cette période restent inconnues ; aucun élément ne nous permet de le définir avec précision, l'assèchement et/ou l'envolement partiel ou temporaire de Tondi Gamey peuvent être envisagés.

La dernière phase (C) est similaire à la précédente, mais avec une intensité nettement plus forte, comme en témoigne le taux de sédimentation moyen de 11 mm/an. La datation d'un morceau de bois post 1950 à -233 cm constitue le seul repère chronologique dans ces dépôts que nous pouvons considérer comme non remaniés, étant donné que l'érosion hydrique devait être très limitée au sein de cette dépression sans exutoire. Ces dépôts sont majoritairement sableux avec quelques niveaux argileux. Ceux-ci peuvent être liés à la hausse saisonnière du niveau de la nappe phréatique qui engendre la formation d'un lac temporaire ou de petites dépressions localisées et envoiées, comme cela est constaté depuis le milieu du 20^e siècle (Abdourhamane Touré, 2011). Les dépôts sableux qui caractérisent cette phase montrent de fortes variations de susceptibilité magnétique. Les niveaux C1 et C2 seraient issus de l'érosion de matériaux plus ou moins ferrugineux. Ces changements minéralogiques témoigneraient ainsi de la dynamique d'érosion du bassin versant ; la présence de nouvelles sources de matériau marquerait une intensification du ravinement des sols.

6. Conclusion

L'étude du comblement de Tondi Gamey révèle la complexité de la dynamique sédimentaire sahélienne et la difficulté d'obtenir un enregistrement régulier des variations paléoenvironnementales holocène en milieu aride. Le carottage du remplissage de Tondi Gamey n'a pas permis de reconstruire complètement la dynamique fluviale holocène du Kori de Ouallam. En effet, les plus anciens dépôts atteints témoignent déjà d'un milieu lacustre, ce qui suggère que le cours d'eau, affluent du fleuve Niger, est interrompu depuis au moins 2500 ans. Dans cette entaille étroite et encaissée qu'est le Kori de Ouallam, les cônes de déjection issus du ravinement des versants ont rapidement créé des seuils sableux naturels qui ont divisé le lit de la rivière en une succession de plans d'eau. Même si la période à laquelle ces seuils se sont mis en place reste inconnue, nous pouvons affirmer qu'ils étaient déjà érigés au 6^e siècle BC, date de la base des dépôts lacustres dans la séquence de Tondi Gamey. Un point d'eau perdurerait jusqu'à la fin du 1^{er} millénaire AD, bien que des changements

environnementaux semblent l'affecter. Les dépôts argileux sont recouverts à partir du 9^e siècle AD par des niveaux sableux issus du ruissellement des versants. Ces dépôts événementiels, qui sont difficilement datables, laissent ainsi supposer des arrêts de sédimentation plus ou moins longs. En l'absence de données organiques, les conditions environnementales de Tondi Gamey deviennent nettement plus difficiles à évaluer. Au cours du 20^e siècle, le ravinement des sols s'intensifie ; le bas-fond est entièrement comblé.

L'étude du remplissage de Tondi Gamey révèle des changements de dynamiques sédimentaires majeurs au cours des deux derniers millénaires. Ces données peuvent alors être confrontées aux contextes archéologiques afin de comprendre et de définir l'anthrosystème qui lie les processus environnementaux aux dynamiques sociétales.

Douzième chapitre

Evolution de l'anthroposystème de la vallée du Niger dans les environs de Niamey au cours de l'Âge du Fer

1. Du néolithique à l'Âge du fer

La transition entre le Néolithique et l'Âge du fer est difficile à percevoir dans la région de Niamey. Elle est en effet, jusqu'à ce jour, dépourvue d'indice archéologique concernant la période entre la fin du 1^{er} millénaire BC et le début du 1^{er} millénaire AD, ce qui laisse présager une faible densité de population. Or les causes de ce déclin démographique restent inconnues. La phase de transition perceptible à Tondi Gamey, site d'occupation stratifié et couvrant la période du Néolithique à l'Âge du fer, semble marquée un hiatus d'occupation. Il est caractérisé par une diminution du nombre de tessons et révèle un changement dans la production de la céramique. En effet, à la fin du Néolithique, la céramique est fine et majoritairement à dégraissant à chamotte alors qu'aux 1^{er} et 2^e millénaires AD, la céramique toujours à chamotte est de facture nettement plus grossière, comme nous avons pu l'observer sur les nombreux autres sites d'occupations de cette période (cf chap8).

Au pied du site archéologique, la base de la séquence sédimentaire provenant du remplissage du Kori de Ouallam recouvre le milieu du dernier millénaire BC et révèle la présence d'un environnement lacustre qui se met en place au fond de l'incision. Ces premiers dépôts qui semblent indiquer un milieu relativement fermé font suite à des niveaux pour lesquels la dynamique sédimentaire n'a pas pu être clairement datée ni identifiée. Cependant, une hypothèse peut être proposée : le contexte géomorphologique de ce kori et l'occupation de ces rives par les hommes néolithiques nous conduisent à penser que le bas-fond était parcouru par un cours d'eau, saisonnier ou continu. L'interruption de cet écoulement aurait été occasionnée par la mise en place de cônes de déjection issus d'un fort ravinement des versants ; le ou les facteur(s) déclencheur(s) d'une telle érosion (agropastoralisme intensif, sécheresse successive,...) reste(nt) toutefois à déterminer dans cette région du Sahel particulièrement fragile (cf chap1 §5.4 et 6.3).

Si la pratique de la métallurgie est attestée en Afrique de l'Ouest depuis 800 cal BC (cf chap2 §3.1.1), elle ne semble atteindre le nord de la région que vers 500 cal BC, selon les datations obtenues par Vernet (1996). Cependant, le premier indice d'activité

Troisième partie

Les sociétés de l'Âge du fer dans leur cadre environnemental depuis le premier siècle de notre ère

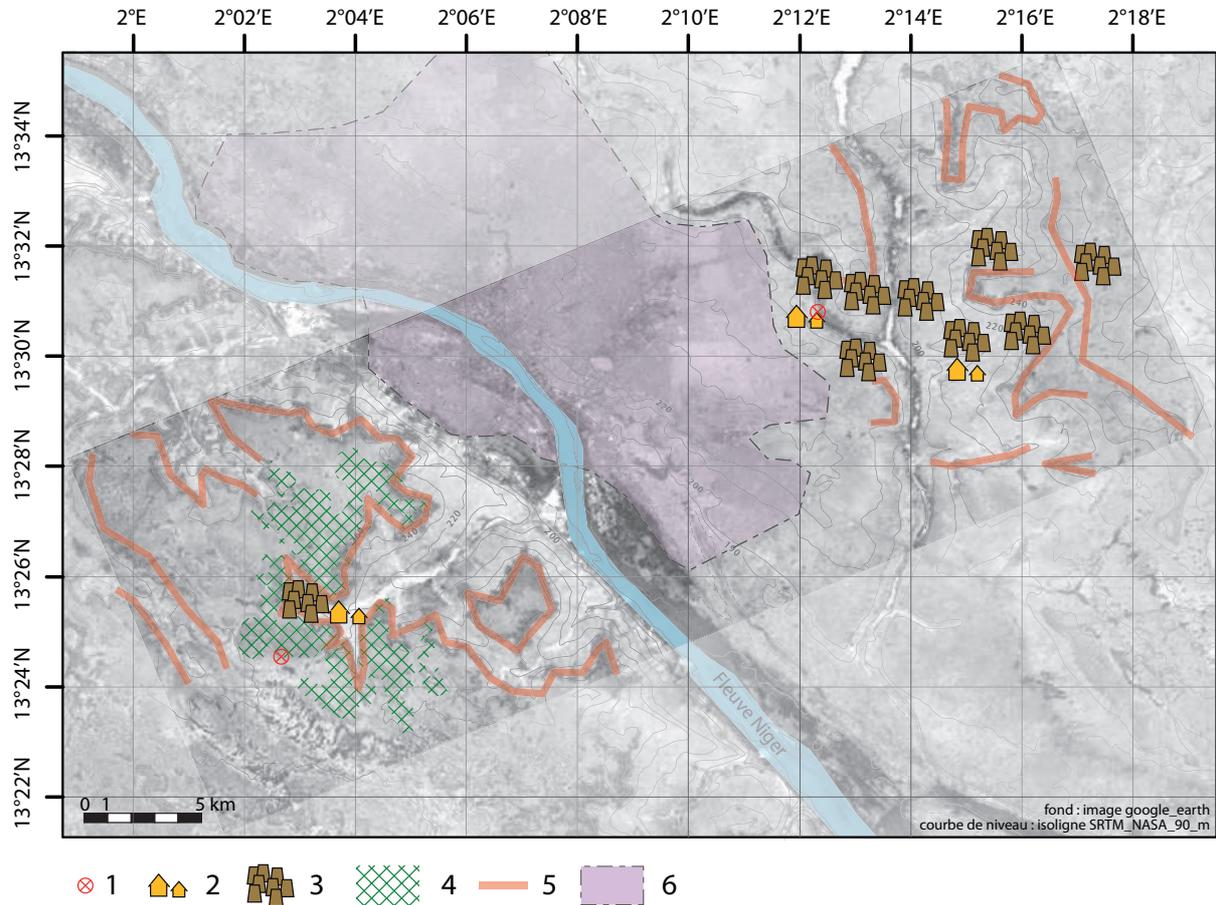


Figure III.82. Carte de synthèse des données archéologiques couvrant la période de l'Âge du fer au sein de notre fenêtre d'étude entre les plateaux de Louguel et Saga Gorou

1 : Position des sondages et des relevés de coupe ; 2 : Site d'occupation de grande ampleur ; 3 : Concentration de bas fourneaux ; 4 : Parcellaire constitué de lignes et de tas en pierres sèches ; 5 : Bancs d'oolithes ferrugineuses ; 6 : Zone urbanisée actuelle de Niamey

métallurgique recueilli dans notre secteur d'étude n'est daté que du 3^e siècle AD. Il s'agit d'un bas fourneau à usage unique appartenant à un large site sidérurgique situé en bordure du Dallol Bosso à 100 km à l'est du fleuve Niger. C'est vraisemblablement près de deux siècles plus tard que ces procédés de réduction du fer sont appliqués dans les environs de Niamey.

2. 300-1400 AD : une période et une région marquées par la métallurgie du fer

2.1 Des métallurgistes au savoir-faire multiple

La pratique de la métallurgie du fer n'apparaîtrait dans la région de Niamey qu'à partir du 4^e siècle. Les datations les plus anciennes également obtenues à proximité de bas fourneaux ne peuvent être retenues au regard des conditions d'enfouissement et du contexte archéologique environnant. La réduction du fer est une pratique qui se développe au sein de la région où l'approvisionnement en minerai est facilité par l'affleurement de bancs d'oolithes ferrugineuses sur les talus de plateaux, qui sont nombreux entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso. La réduction du fer est exclusivement réalisée à l'aide de bas fourneaux à usage unique dont plus de 5000 unités ont été construites au cours de mille ans de pratique sur une surface de 32 km² sur les bassins versant de Saga Gorou. L'utilisation de tels modes de production est également connue dans la vallée du Sénégal et celle du Béni, mais la particularité de la région de Niamey est l'existence de plusieurs procédés de séparation de la scorie et de l'éponge de fer. L'étude typologique menée sur ces structures de réduction a ainsi révélé la construction d'au moins six types de bas fourneaux différents. Les 27 dates radiocarbone disponibles sur le site de Saga Gorou ne permettent pas de déceler une évolution typonchronologique durant les mille ans d'activité métallurgique.

La répartition spatiale des bas fourneaux montre que l'espace de travail est structuré et organisé, que ce soit à l'échelle du complexe sidérurgique ou de la batterie de production. À Garbel, plusieurs types de bas fourneaux coexistent, mais chaque batterie est toujours composée du même type. Cette diversité de bas fourneaux traduit des savoir-faire différents, issus de groupes de métallurgistes qui proviendraient probablement d'une région et/ou d'une ethnie différente(s).

Les raisons qui ont conduit les métallurgistes à se regrouper dans les environs de Saga Gorou durant près de mille ans sont probablement liées à l'abondance et à la qualité des ressources en minerai de fer et à l'approvisionnement aisé en eau et en bois, mais les croyances et les rites culturels qui animent la fabrication du fer ne peuvent être pas écartés.

2.2 La métallurgie, un facteur de développement agricole

La production du fer dans la région de Niamey reste d'ordre local. Les forgerons produisent des outils et ustensiles divers et variés, des armes et des parures selon les demandes de la population, mais l'activité principale des forgerons est probablement la confection et la réparation d'outils à usage agricole. Alors que l'agriculture est probablement pratiquée sur les surfaces sableuses, l'utilisation d'outils en fer au lieu d'outils en pierre permet d'augmenter considérablement l'efficacité des travaux de défrichage et de désherbage. Les terres cultivées peuvent ainsi s'étendre sur de nouveaux types de sols, comme nous avons pu le constater sur le plateau de Louguel où a été aménagé un parcellaire constitué de lignes et de tas composés de blocs de cuirasse. Ces structures de pierres sèches sont issues de l'épierrement de la surface du plateau. Ces travaux ont nécessité des outils robustes pour aérer le sol et éliminer les nombreux blocs qui affleurent sur le toit de la cuirasse. La mise en culture de ces sols rocaillieux et probablement boisés, qui s'étend au-delà de Louguel et qui couvre près de 23 km², témoigne d'une volonté forte de la population d'exploiter ces terres. Les raisons qui l'ont motivée à mettre en œuvre un tel chantier pourraient être liées à la pénurie et à l'appauvrissement des terres agricoles conventionnelles sur le glacis sableux ou à un besoin spécifique comme la recherche de sols argileux pour la culture du sorgho. La mise en culture de ces sols compacts et très sensibles à l'encroûtement et au dessèchement, suggère alors que la région était suffisamment pluvieuse pour garantir le développement des semences, ce qui n'est pas le cas actuellement.

La période de mise en place de ce parcellaire est difficile à identifier, seule la datation de bas fourneaux que nous considérons contemporains de ces travaux agricoles, nous fournit une fenêtre de fonctionnement vers le 8^e siècle. L'aménagement et la mise en culture de ces grandes surfaces rocailleuses sur le plateau suggère une densité de population suffisamment élevée pour cultiver ces terres et l'existence d'une structure sociale hiérarchisée. Cette dynamique sociétale semble être confirmée par la présence de grandes et riches zones d'habitat et par l'abondance des sites funéraires dans la vallée du fleuve Niger.

2.3 Un paysage modifié et des sols érodés

Le fonctionnement d'un bas fourneau demande une quantité importante de bois afin d'apporter l'énergie et le CO₂ nécessaires à la réduction du minerai de fer. La consommation de bois conduit alors à l'exploitation de la couverture végétale. Dans le bassin versant de Saga Gorou où plus de 5000 bas fourneaux ont été construits sur une surface 32 km² et sur une période de mille ans, l'impact sur le couvert forestier

est probablement faible. Cependant, la production de métal et la fabrication d'outils permettent le développement d'autres activités comme l'agriculture qui est nettement plus consommatrice en surfaces végétalisées naturelles que la métallurgie du fer. En effet, la mise en culture nécessite le défrichage et la mise à nu des sols afin de ne pas entraver la croissance des plantes céréalières. Le plateau de Louguel offre l'un des meilleurs exemples d'exploitation intensive passée des sols dans la bande sahélienne. Les travaux agricoles, rendus plus efficaces par l'utilisation d'outils en fer ont largement contribué à transformer et à façonner le paysage sahélien.

Alors que l'Homme occupe de nouveau la région depuis plus d'un demi-millénaire, un changement de dynamique sédimentaire a pu être mis en évidence par l'étude du remplissage de Tondi Gamey, dans le bassin versant de Saga Gorou, au cours de la première moitié du deuxième millénaire AD. Le retour de la population et le développement des activités métallurgiques et agricoles sur les glacis sableux sont contemporains d'un bas-fond en eau dont le remplissage correspondrait à un environnement lacustre et/ou palustre avec de très faibles apports détritiques. Or, après l'an 1000, les versants du lac sont soumis à un ravinement des sols de plus en plus fort, ce qui engendre l'accumulation de niveaux sableux au fond de l'incision. L'augmentation de ce ruissellement et l'érosion des sols qu'il entraîne pourraient être associées à une dégradation du couvert végétal.

En effet, ce même phénomène est actuellement observé au Sahel et plus particulièrement au Sud-ouest du Niger depuis les décennies 1970. La perte du couvert végétal résulte d'une longue sécheresse conjuguée à une exploitation accrue des sols et du couvert arbustif et forestier, engendrée par une forte pression démographique (Leblanc *et al.*, 2008 ; Bouzou Moussa *et al.*, 2011 ; Abdourhamane Touré, 2011 ; Mamadou, 2012). De plus, les sols de cette région sont particulièrement fragiles, de faibles changements environnementaux suffisent pour les déstabiliser, et leur restauration, pour un retour à l'état de surface initial, est lente (Hiernaux & Ayantunde, 2004). Ces mêmes causes peuvent alors être transposées au cours de la première moitié du deuxième millénaire AD. Même si, durant cette période, le contexte climatique ne peut être clairement défini, la pratique d'une agriculture de plus en plus intensive sur les versants sableux de Tondi Gamey aurait amplement contribué à ce changement d'état de surface des sols.

Bien que nous ne disposons pas d'enregistrement sédimentaire dans la vallée de Louguel, le déchaussement ancien des blocs de scorie enfouis initialement sous près d'un mètre de sols témoigne à lui seul d'un très fort ravinement du talus. Si le

défrichage suivi d'une mise en culture annuelle des sols argileux du plateau ont pu limiter le ruissellement de surface, l'abandon ou le déclin des travaux agricoles sur le plateau ont probablement entraîné un encroûtement des sols, favorisant le ruissellement et le ravinement des talus en aval.

L'occupation du milieu et les activités humaines développées au cours du premier millénaire dans la vallée moyenne du fleuve Niger ont probablement contribué à la prospérité de la région, mais la pression démographique et l'intensité de ces pratiques ont pu avoir des conséquences environnementales irréversibles. Si celles-ci ne sont pas directement perceptibles à courte échelle, elles peuvent affecter l'équilibre environnemental sur le temps long. Cependant, le facteur climatique ne peut évidemment pas être négligé. S'il paraît difficile de définir une tendance climatique pour la région au cours de cette période, nous ne pouvons exclure la présence d'anomalies, comme une sécheresse de plusieurs années, qui affecteraient considérablement les ressources alimentaires de la population. Quoi qu'il en soit, la région entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso est marquée à la fin de la première moitié du deuxième millénaire par un déclin de l'activité métallurgique puisqu'aucune date radiocarbone n'est plus récente que le 15^e siècle.

3. L'empire songhay

L'arrêt, à partir du 15^e siècle, de la production de fer, activité majeure pour l'économie d'une société, laisse supposer que la région de Niamey a été progressivement délaissée par la population.

Pour cette même période dans les bassins versants de Saga Gorou, l'incertitude est de mise sur le contexte environnemental de Tondi Gamey. Seuls de grands niveaux sableux probablement issus d'une succession de dépôts événementiels au cours de la première moitié du premier millénaire AD comblent le bas-fond. Celui-ci serait vraisemblablement à sec au 15^e siècle. La datation de la période durant laquelle ont lieu ces événements est difficile à établir, mais si nous considérons que le bassin versant est progressivement abandonné par l'Homme et que le milieu a pu de nouveau se stabiliser, nous pouvons estimer que le comblement de Tondi Gamey s'est interrompu entre le 17^e et le 20^e siècles, comme le laisse supposer le niveau argilo-sableux entre -400 et -370 cm (chap 11 Figure III.79).

Le déclin démographique de ce territoire pourrait correspondre aux grands événements sociopolitiques qui marquent la région à partir du 15^e siècle ; l'empire songhay succède en effet à celui du Mali. Si ce changement géopolitique peut paraître à première

vue sans incidence sur la région de Niamey située aux confins du nouvel empire, il semblerait que l'ensemble de la vallée moyenne du Niger soit affecté par l'abandon du territoire (cf chap2 §4). Toutefois, nous ne pouvons pas confirmer que la région soit totalement dépeuplée ; il est fort probable que de petits groupes de personnes l'aient occupé sans avoir laissé une grande empreinte de leur passage. L'Homme semble en effet avoir la capacité de s'adapter aux contraintes du milieu sahélien, aussi fortes soient-elles (Reenberg *et al.*, 2013).

4. La chute de l'empire et la période précoloniale

Aux 16^e et 17^e siècles, nous ne disposons d'aucune donnée archéologique. Quelques dates radiocarbone couvrant cette période ont été obtenues au cours de sondages sur des bas fourneaux. Elles ont toutes été rejetées, tant pour des raisons archéologiques (position et contexte d'enfouissement des charbons de bois peu fiables) que chronologiques (large intervalle de confiance lié à la calibration du ¹⁴C atmosphérique). Cette phase durant laquelle aucun indice d'occupation n'est observé est synchrones avec la période trouble définie par les historiens. En effet, les 16^e et 17^e siècles sont marqués dans la région par la chute de l'empire songhay en 1591 et par le morcellement de son territoire. De plus, la région sahélienne est affectée par des calamités agricoles et sanitaires de grande ampleur (cf chap2 §4). L'Homme semble ainsi avoir eu peu de conséquence sur son environnement durant ces deux siècles.

5. Du 19^e siècle à 1950 : un territoire nouvellement conquis

Si nous possédons toujours peu de données pour le début de cette période, les récits des premiers explorateurs européens nous livrent des renseignements précieux sur les pratiques et le mode de vie de la population établie dans la région depuis peu. En effet, Olivier de Sardan (1984, p. 20) précise que de nouveaux groupes étrangers ont migré vers le sud-ouest du Niger pour se mêler aux autochtones que nous supposons peu nombreux. De ce fait, les recherches ethnographiques réalisées dans la région au cours du 19^e et du 20^e siècles, nous informent sur la vie de ces nouvelles populations qui pratiquent à leur tour la métallurgie du fer. Cette activité est en effet confirmée par les données archéologiques recueillies sur les bassins versants de Saga Gorou et à Banizoumbou où deux nouveaux types de bas fourneaux à usage unique ont été utilisés. L'un est un nouveau mode de séparation entre la scorie et l'éponge de fer, dit de type « scorie piégée en entonnoir » (SPe) que l'ethnologue Échard a pu décrire dans les années 60. L'autre est une variante du type « scorie piégée en fond de four » (SPff) qui se caractérise par une cuve hémisphérique et non à fond plat. Aucun type de bas fourneau construit antérieurement au 14^e siècle n'a été réalisé par cette

nouvelle population. Toutefois, bien qu'une rupture technologique soit identifiable, ces nouveaux métallurgistes ont construit leurs bas fourneaux sur les mêmes lieux que leur prédécesseur, signe que le choix du minerai et les critères d'implantation soient restés identiques. Les pratiques rituelles ont également pu jouer un rôle significatif.

Les trois bas fourneaux à usage multiple sur le plateau de Louguel semblables à celui reconstitué par Celis (1994) sur les rives du fleuve face à Tillabéry sont probablement aussi construits par cette nouvelle population comme semble le confirmer la datation radiocarbone.

Les indices d'occupation à cette période restent toutefois assez peu nombreux, la région de Niamey est de toute évidence encore très peu peuplée, ce n'est qu'en 1924 que la ville, capitale du Niger, sera créée à l'emplacement d'un petit village de pêcheurs sur la rive gauche du fleuve. Jusqu'au milieu du 20^e siècle, la ville se développe très progressivement, l'impact sur le milieu environnant est encore modeste.

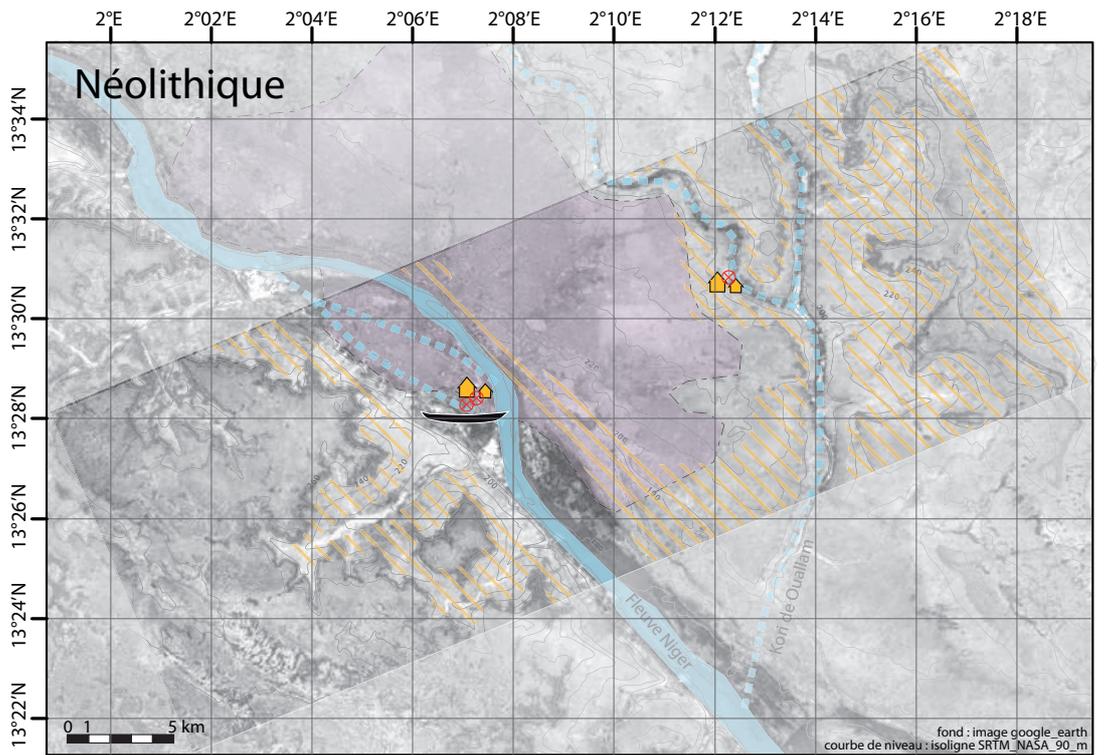
À Tondi Gamey, les enquêtes menées sur le terrain auprès de la population locale nous confirment la présence d'un bas-fond asséché avec probablement peu d'apport sableux comme le montrent les clichés aériens des campagnes de l'IGN de 1950.

La fin de la première moitié du 20^e siècle marque un tournant dans l'histoire de la métallurgie du fer. Les premiers véhicules motorisés à l'abandon fournissent en effet la matière première en fer aux forgerons qui découpent et forgent les pièces en acier afin de les transformer en nouveaux objets. Après 1950, les bas fourneaux ne seront construits qu'exceptionnellement pour des demandes spécifiques et pour les européens intéressés. Depuis, le savoir-faire de ces métallurgistes s'est petit à petit perdu avec les nouvelles générations.

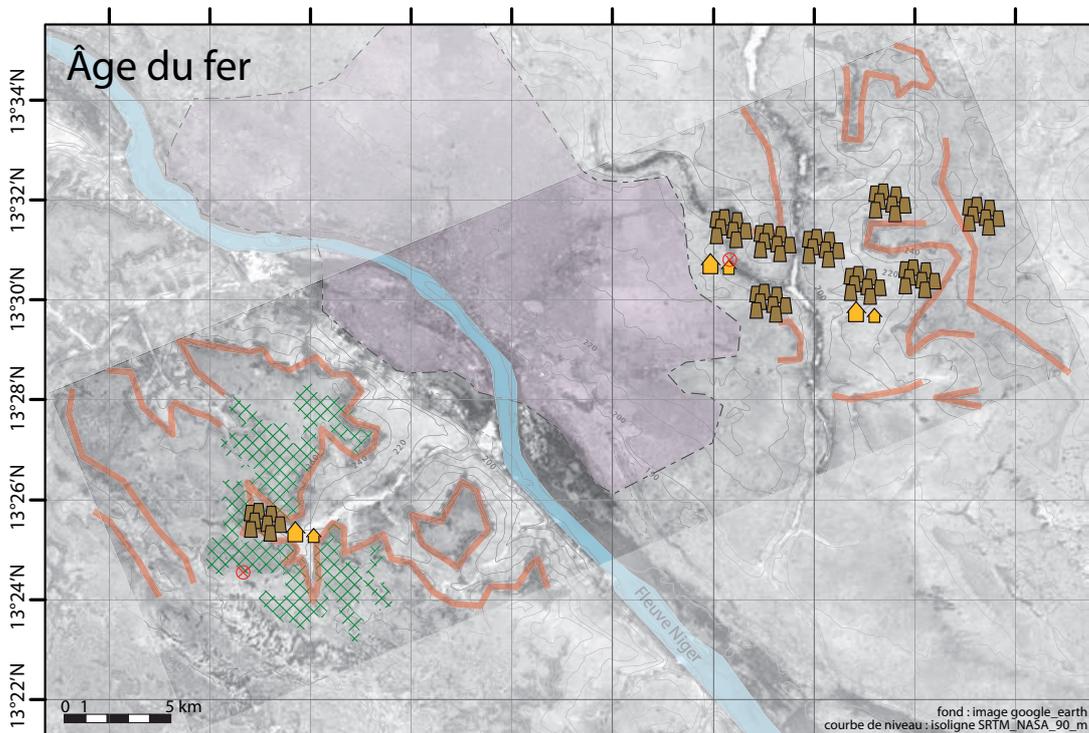
6. 1950-2010 : une pression anthropique très élevée

Si la pratique de la réduction du minerai de fer a complètement disparu, l'occupation de la région n'en est pas moins élevée. En effet, à partir de l'indépendance du pays en 1960, Niamey constitue le pôle économique et politique du Niger. La ville croît et s'étend rapidement, jusqu'à atteindre en 2013 les limites des bassins versants de Saga Gorou. Outre le développement des champs agricoles pour subvenir à la demande alimentaire de la population, le couvert forestier dans les environs de Niamey est rapidement détruit pour les besoins en bois de construction et de chauffage. Conjugué à une chute des précipitations à partir des années 1970-80, la couverture végétale a aujourd'hui totalement disparu (Abdourhamane Touré, 2011) (cf chap1 §5.4.5). La

dénudation des sols, essentiellement due aux activités humaines, favorise l'érosion éolienne, l'encroûtement des sols et l'érosion hydrique. (Abdourhamane Touré *et al.*, 2011 ; Abdourhamane Touré, 2011). L'augmentation généralisée du ruissellement dans une zone endoréique conduit à la remontée de la nappe, phénomène nommé « paradoxe de Niamey » (cf chap1 §6.3). À Tondi Gamey, le bas-fond est ainsi périodiquement en eau suite à la hausse de la nappe phréatique et de grands niveaux sableux comblent totalement l'incision formée par le Kori de Ouallam. Ces dépôts événementiels sont issus du ruissellement des eaux de pluies et du ravinement des sols sur les versants sableux dénudés.



- ⊗ Position des sondages et relevé de coupe
- 🏠 Site d'occupation de grande ampleur
- 🚣 Bois identifié comme une pirogue
- 🟡 Zone privilégiée pour une occupation diffuse
- 🔵 Bras et affluent du fleuve Niger probablement en eau
- 🟣 Zone urbanisée actuelle de Niamey



- ⊗ Position des sondages et relevé de coupe
- 🏠 Site d'occupation de grande ampleur
- 🏠 Concentration de bas fourneaux
- 🟩 Parcelle agricole
- 🟠 Banc d'oolithes ferrugineuses
- 🟣 Zone urbanisée actuelle de Niamey

Figure IV.1. Cartes de synthèse des données archéologiques couvrant notre fenêtre d'étude entre le plateau de Louguet et Saga Gorou

Conclusion générale

Les travaux menés dans le cadre de cette thèse ont apporté un nouvel éclairage sur la dynamique sociétale de la région de Niamey et plus globalement au Sud-ouest du Niger. Encore très peu exploité, le potentiel archéologique de cette région est insoupçonné. Plusieurs sites d'occupation des périodes du Néolithique et de l'Âge du fer, dont certains sont stratifiés, ont été recensés. L'étude de ces dépôts permettrait de reconstituer plus finement l'histoire complexe et encore largement méconnue de cette région sahélienne traversée par le fleuve Niger et en lien avec le désert du Sahara au nord et la forêt au sud. Cette bande climatique semble posséder au premier abord tous les avantages (précipitation annuelle suffisante et densité de végétation moyenne) pour que l'Homme puisse développer l'agriculture et s'installer durablement, cependant le milieu sahélien reste fragile et vulnérable.

Le contexte sédimentaire et géomorphologique de la région sahélienne rend difficile l'enregistrement des variations paléoenvironnementales. Néanmoins, le Sahel constitue un milieu idéal pour l'étude de la dynamique environnementale car, de par sa position entre le désert et la forêt, cette zone climatique a la potentialité de réagir très rapidement dès que son équilibre est affecté par la variation d'éléments abiotiques ou anthropiques.

La confrontation des données archéologiques aux paramètres environnementaux dans un cadre géographique limité (Figure IV.1) a ainsi permis de dresser un bilan diachronique des interactions société-milieu (Figures IV.2 et IV.3). L'étude de cet anthroposystème a ainsi mis en évidence des discontinuités de l'occupation, ce qui était jusqu'alors peu observé.

Nous pouvons ainsi proposer une histoire des sociétés sahéliennes au Sud-ouest du Niger en plaçant nos données dans le contexte archéologique connu de cette région.

Le Néolithique dans la région sahélienne est relativement tardif. Venant du Sahara, les hommes dont les pratiques se définissent comme étant celles du Néolithique (céramique, sédentarité, agriculture,...) atteignent le Sud-ouest du Niger vers **2000 cal BC**. Poussée par le recul des isohyètes vers le sud, une nouvelle population s'établit

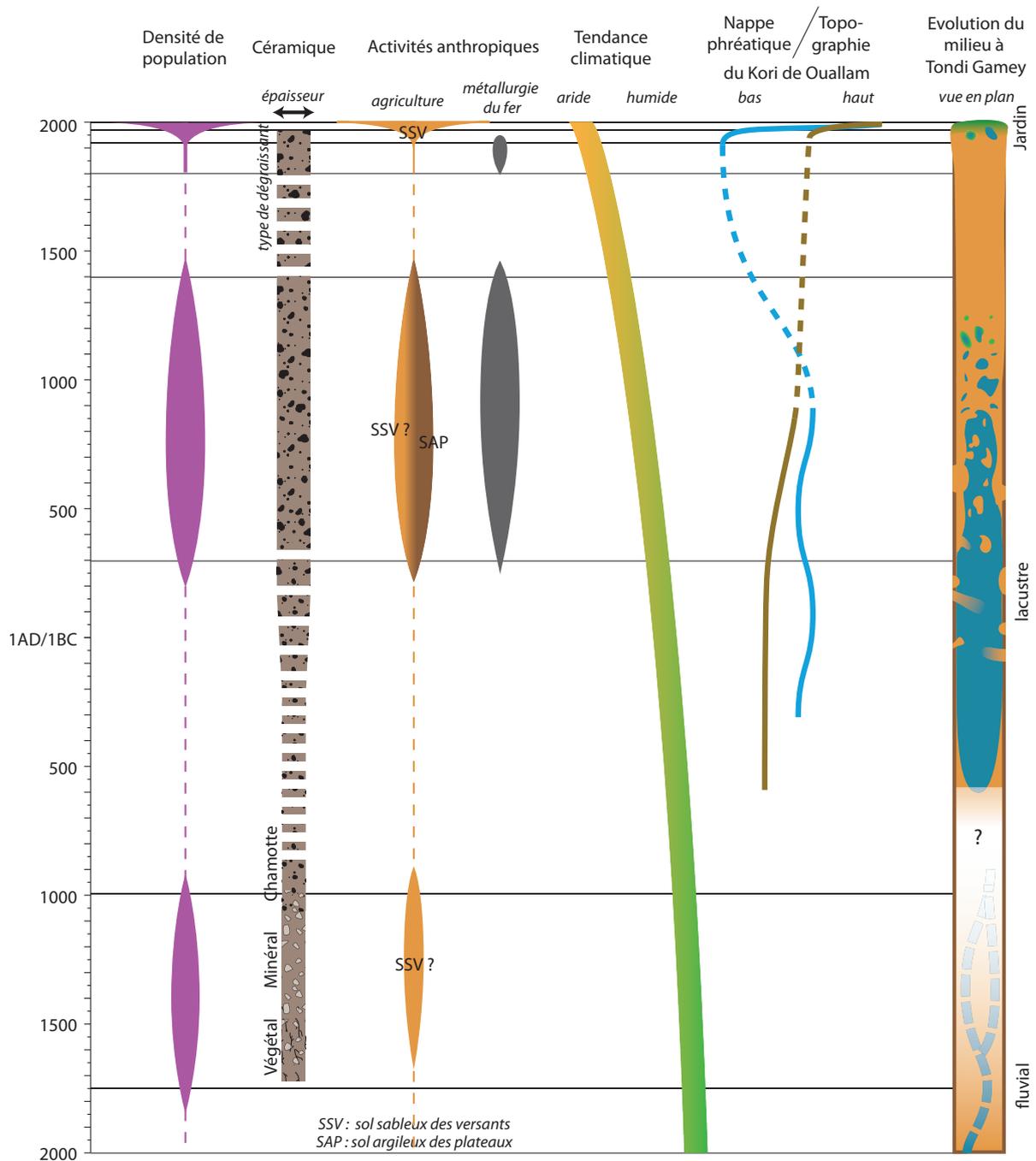


Figure IV.2. Synthèse des données archéologiques, climatiques et environnementales des environs de Saga Gorou (Sud-ouest du Niger)

dans la région sahélienne. L'Homme néolithique s'installe durablement dans la vallée du fleuve Niger à la latitude de Niamey quelques siècles plus tard. L'occupation est globalement diffuse, elle est principalement marquée par des zones de débitage de quartz isolées, auxquelles des tessons de céramique, du matériel de broyage et des haches polies peuvent être associés. Outre ces campements temporaires installés sur les hauts versants sableux difficilement datables, plusieurs pôles d'occupation ont été identifiés sur l'axe du fleuve Niger et de ses affluents jusqu'alors inhabités. Les Hommes se concentrent sur les îles du fleuve comme à Kirkissoy et à Boubon ou sur les dunes en bordure du Kori de Ouallam comme à Tondi Gamey. Bien que ces sites restent encore mal connus, ils semblent avoir été occupés de manière contemporaine entre 1800 et 1300 cal BC. Leur occupation semble alors stratégique, les îles permettent à la population de mieux contrôler les points de franchissement du fleuve et les dunes hautes facilitent la surveillance de la vallée. L'abondance de tessons à Kirkissoy et la centaine de polissoirs et de meules dormantes à Boubon, montrent la présence d'une très forte activité économique sur l'axe du fleuve. La céramique fine à dégraissant principalement minéral, caractéristique d'un ensemble stylistique qui s'entend jusqu'au delta intérieur du Niger, témoigne d'échanges importants le long de cet axe. La présence supposée de la pirogue à Kirkissoy confirmerait l'usage du fleuve comme voie de communication.

Plus au sud, comme dans la vallée de la Mekrou et les Monts Gobnangou (sud-est du Burkina Faso), l'origine des populations néolithiques est plus délicate, car des occupations plus anciennes seraient présentes dans cette région et une influence méridionale pourrait être envisagée.

Les trois pôles d'occupation identifiés constituent alors une concentration d'activité autour desquelles l'impact anthropique est probablement le plus fort. Cependant, ils ne sont vraisemblablement pas des cas isolés, nous pouvons envisager que de nombreux autres sites d'occupation d'importance soient présents sur les îles et les rives hautes du fleuve et de ses affluents.

La fin de l'occupation néolithique dans la région du Sud-ouest du Niger est difficile à déterminer, elle semble toutefois marquée par une évolution dans la production de la céramique pour laquelle le dégraissant minéral laisse peu à peu place à un dégraissant à chamotte. Ce changement est observable aussi bien à Kirkissoy qu'à Tondi Gamey. Après cette évolution, l'absence de données archéologiques nous laissent supposer un hiatus d'occupation entre le Néolithique et l'Âge du fer, dont les causes restent à définir. Les données paléoenvironnementales disponibles à ce jour sont insuffisantes

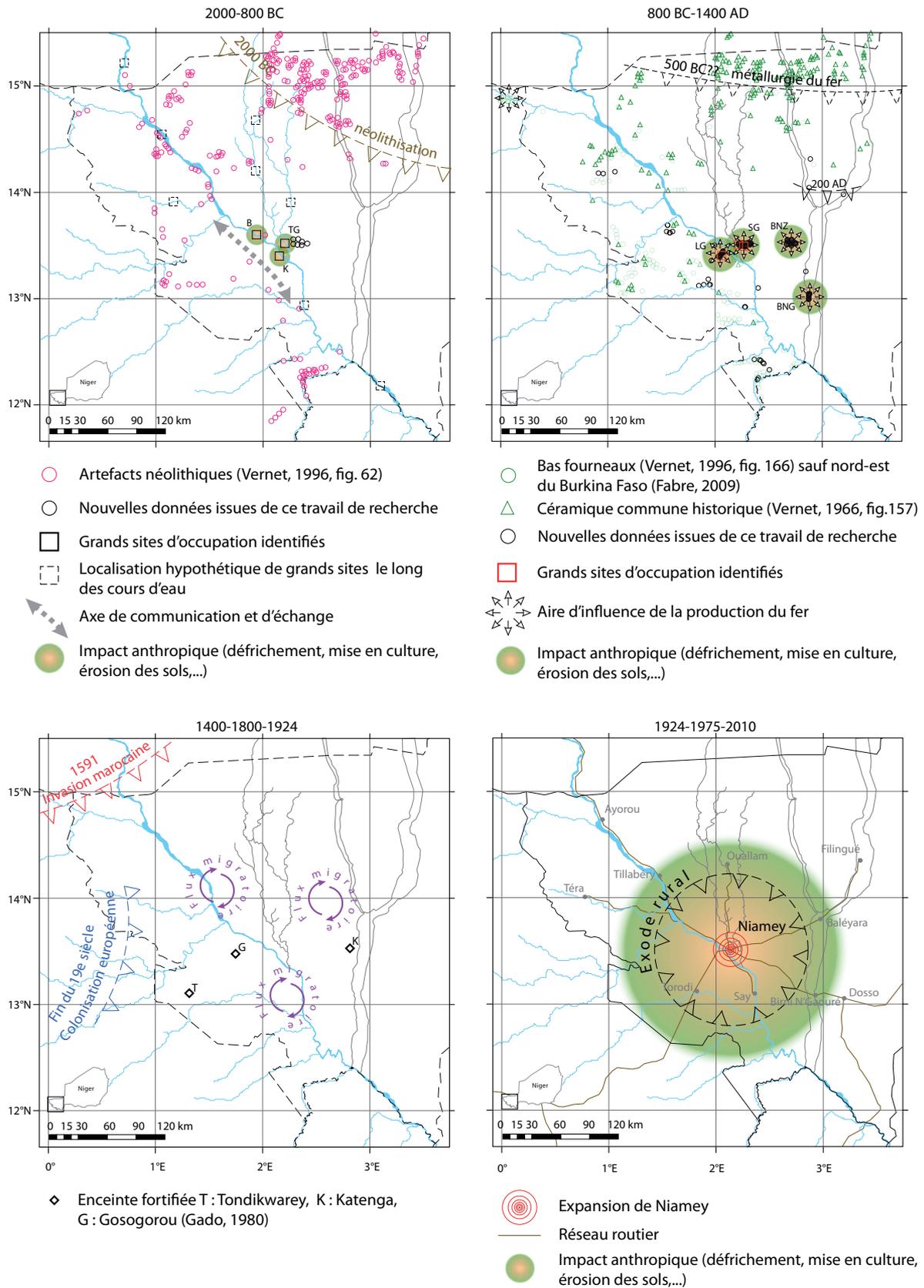


Figure IV.3. Cartes diachroniques du Sud-ouest du Niger couvrant les quatre derniers millénaires : Néolithique (2000 - 800 BC) ; Âge du fer (800 BC - 1400 AD) ; fin de l'Âge du fer et Empire Songhay, et début de l'époque coloniale (1400 - 1800 - 1924) ; fin de l'époque coloniale et période de l'indépendance (1924 - 1975 - actuel)

pour proposer une explication fiable à l'arrêt de cette occupation à l'échelle de cette région.

La pratique de la métallurgie du fer est attestée en Afrique de l'Ouest à partir de **800 cal BC**, mais pour le Sud-ouest du Niger les plus anciens indices de cette pratique seraient datés selon Vernet (1996) d'environ 500 cal BC. La voie de diffusion de la métallurgie du fer aurait suivi la vallée de l'Azawagh, depuis l'Air jusqu'au Dallol Bosso. L'occupation à l'Âge du fer au nord de notre zone d'étude paraît particulièrement élevée, mais le cadre chronologique reste trop mal établi pour mesurer la densité de cette occupation. Toutefois, les prospections menées 200 km plus au sud sur les falaises du Dallol Bosso, à Gobéri, ont révélé la présence d'un grand site sidérurgique dont l'un des bas fourneaux à usage unique a été daté autour du 3^e siècle AD. De type scorie coulée par égouttage (SCe), ces bas fourneaux sont également construits plus à l'ouest à Banizoumbou et près du fleuve Niger où les plus anciens, ceux de Garbel (Saga Gorou), ne sont datés que du 5^e siècle. La pratique de la métallurgie se caractérise par la construction de bas fourneaux à usage unique et se développe sur l'ensemble de la région et bien au-delà. En effet, outre la région entre le fleuve et le Dallol Bosso, ce mode de production se retrouve également dans les principales vallées affluentes du fleuve Niger entre le Gorouol au nord et la Mekrou au sud.

La présence de plusieurs types de bas fourneaux à usage unique sous-entend que différents savoir-faire ont existé. Selon nos observations, les types de bas fourneaux ne semblent pas dépendants d'une zone géographique donnée, ils peuvent être en effet observés en différents lieux, sans que ces lieux ne soient spécifiques à un type de structure. Outre le signe d'une certaine mobilité des métallurgistes, la construction de ces types de bas fourneaux durant toute la période comprise entre 300 et 1400 cal BC témoignerait d'une transmission de savoir-faire sur de longues périodes.

L'utilisation de bas fourneaux à usage unique semble l'indice d'une production relativement limitée qui serait uniquement destinée à la population locale et non à un commerce de grande envergure. L'aire d'influence de ces productions paraît ainsi relativement réduite. Les besoins les plus importants sont alors la fabrication d'outils agricoles comme en témoignent les travaux d'aménagement sur les plateaux de Louguel. En effet, si la pratique de l'agriculture sur les sols sableux n'a laissé aucune trace, l'épierrement des plateaux et le stockage des matériaux en lignes ou tas ont transformé de manière durable le paysage. Les grandes étendues de sols

épierrés sous-entendent ainsi une très forte activité agricole. Les zones d'habitat contemporaines de ces activités métallurgiques et agricoles suggèrent également une forte densité de population durant plusieurs siècles. Localement, comme dans le bassin versant de Saga Gorou, un changement environnemental a été observé à partir de l'an mille. Le taux de sédimentation augmente dans le bas-fond, ce qui correspondrait à la déstabilisation des versants sableux vraisemblablement provoquée par le pastoralisme et la mise en culture intensifs des sols. Cependant, une telle détérioration des sols est généralement liée à la conjonction de plusieurs facteurs, or le deuxième millénaire AD est particulièrement marqué par de fortes anomalies climatiques. Les sécheresses constitueraient ainsi un premier facteur de déstabilisation de la couverture végétale, l'action de l'Homme n'étant qu'un facteur aggravant qui empêcherait le milieu d'atteindre un nouvel équilibre.

Aucune date radiocarbone issue des différents types de bas fourneaux ne dépasse **1400 cal AD**. L'abandon de ces pratiques sidérurgiques suggère ainsi une forte diminution des activités agricoles dans la région de Niamey. Or, hormis la dégradation potentielle des surfaces cultivables, la région est marquée à cette période par de grands bouleversements géopolitiques qui pourraient largement contribuer à la déstabilisation des structures sociétales et entraîner l'abandon du territoire. Cette période trouble des 15^e et 16^e siècles est perceptible dans les régions voisines de Niamey par la présence d'enceintes fortifiées dont le rôle reste encore mal défini. Certaines d'entre elles semblent associées au commerce de l'or qui est, à cette période, en plein essor, comme c'est le cas à Tondikwarey. Jusqu'au 19^e siècle et la conquête du territoire par les européens, la région semble soumise à de nombreux flux migratoires engendrés par les guerres et les calamités sanitaires et agricoles, ce qui sous-entend que la région est plus ou moins délaissée avant qu'une nouvelle population ne s'installe plus durablement. À l'arrivée des européens au **19^e siècle**, les personnes présentes sur le territoire ne le sont probablement que depuis peu de générations. La réduction du fer est de nouveau pratiquée, les métallurgistes construisent des bas fourneaux à usage unique sur les mêmes lieux que leurs prédécesseurs, mais de types différents. Au début du 20^e siècle, la région est encore peu peuplée, les gouverneurs français décideront de transférer en **1924** la capitale de Zinder à Niamey en créant une nouvelle ville sur les bords du fleuve.

La création de la capitale est très progressive, le mode de vie reste majoritairement rural pour la population moyenne et la réduction du fer perdurera jusqu'aux années 1950. À l'indépendance du pays, en 1960, la ville est en plein essor. Le développement urbain est accompagné d'un fort exode rural et d'un taux de natalité très élevé, ce qui engendre une pression grandissante sur l'environnement. La chute des taux de précipitations depuis les sécheresses des années **1970-80** conjuguée à la demande alimentaire et à l'usage du bois, pour la construction et pour la cuisine entraînent la disparition du couvert végétal sur une large surface autour de Niamey qui atteint aujourd'hui un rayon de près de 80 km. Cet impact anthropique entraîne de nouveau l'érosion des sols et la formation de croûtes qui altèrent considérablement la qualité des sols. L'exploitation intensive des terres disponibles et la réduction des jachères font chuter les rendements agricoles alors que la population de Niamey est en forte croissance ; elle est estimée à un million d'habitant en **2010**.

Les perspectives démographiques montrent que la population urbaine à Niamey aura triplée en 2030 et qu'elle sera multipliée par 6 ou 8 en 2050 pour atteindre près de 8 millions d'habitants¹. Or, les terres propices à l'agriculture pluviale ne sont pas extensibles. Elles ne représentent que 15% du territoire national et la moitié d'entre elles était déjà exploitée à la fin des années 90². Ces chiffres préfigurent une crise sociétale majeure si aucune prise de conscience de la population et des dirigeants politiques n'a lieu.

*

L'étude de la relation entre les sociétés et le milieu, au Sud-ouest du Niger, montre la capacité de l'Homme et de l'écosystème à évoluer et à s'adapter l'un à l'autre. Au cours des quatre derniers millénaires, alors que les variations du climat ont contraint à de nombreuses reprises les populations à se déplacer ou à faire évoluer leur mode de vie, le milieu s'est ajusté pour conserver un équilibre écologique. Néanmoins, si les activités humaines s'accroissent fortement, l'équilibre se rompt, ce qui contraint l'Homme à s'accommoder d'un milieu dégradé. Celui-ci a toutefois la capacité, à moyen terme, de se régénérer si l'emprise anthropique décroît fortement.

Après les deux crises majeures de la fin du dernier millénaire BC et du début de la seconde moitié du deuxième millénaire AD, survenues suite à des périodes de forte occupation humaine, l'équilibre écologique est de nouveau rompu à partir des années

1] Projection établie par Guengant (2011, p14)

2] *Ibid.* p.20

1970. Cette crise pour laquelle le facteur anthropique est clairement identifié, ne peut pas se résoudre par l'abandon du territoire. Une nouvelle gestion du milieu doit être recherchée et appliquée par les populations des grands centres urbains ouest-africains.

Références bibliographiques

-A-

- ABDOURHAMANE TOURÉ A. (2011) - *Erosion éolienne en milieu sableux cultivé au Niger : dynamique actuelle et passée en liaison avec la pression anthropique et les changements climatiques*, Thèse, Dijon : Université Abdou Moumouni, Université de Bourgogne, 213 p.
- ABDOURHAMANE TOURÉ A., RAJOT J.L., GARBA Z., MARTICORENA B., PETIT C. & SEBAG D. (2011) - Impact of very low crop residues cover on wind erosion in the Sahel, *CATENA*, **85**(3), p. 205–214.
- ABDOURHAMANE TOURÉ A., RAJOT J.-L., GARBA Z., GUILLON R. & TIDJANI A.D. (2013) - Six années de suivi du flux d'érosion éolienne sur un sol sableux cultivé au Sahel : impacts des résidus de culture et de l'encroûtement, *Etude et Gestion des Sols*, p. à paraître.
- ADKINS J., DEMENOCAL P. & ESHEL G. (2006) - The « African humid period » and the record of marine upwelling from excess 230Th in Ocean Drilling Program Hole 658C, *Paleoceanography*, **21**, p. 14 PP.
- ALIMEN H. (1987) - Evolution du climat et des civilisations depuis 40 000 ans du nord au sud du Sahara Occidental (premières conceptions confrontées aux données récentes), *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, **24**(4), p. 215–227.
- ALLEY R.B., MAYEWSKI P.A., SOWERS T., STUIVER M., TAYLOR K.C. & CLARK P.U. (1997) - Holocene climatic instability: A prominent, widespread event 8200 yr ago, *Geology*, **25**(6), p. 483 –486.
- ALPERN S.B. (2005) - Did they or didn't they invent it? Iron in Sub-Saharan Africa, *History in Africa*, **32**, p. 41–94.
- AMANI A. & NGUETORA M. (2002) - Evidence d'une modification du régime hydrologique du fleuve Niger à Niamey, in : van Lanen, H. A. J. & Demuth, S. (eds), *FRIEND 2002: regional hydrology : bridging the gap between research and practice*, IAHS

Publication N°274, Oxfordshire : IAHS Press, p. 449–456.

- AMBLARD S. & PERNÈS J. (1989) - The identification of cultivated pearl millet (*Pennisetum*) amongst plant impressions on pottery from Oued Chebbi (Dhar Oualata, Mauritania), *African Archaeological Review*, 7(1), p. 117–126.
- AMBLARD-PISON S. (2011) - Villages et territoires villageois néolithiques d'une zone refuge du Sahara méridional, in : Kourtessi-Philippakis, G. & Treuil, R. (eds), *Archéologie du territoire, de l'Egée au Sahara*, Cahiers archéologiques de Paris 1 N°2, Paris : Publications de la Sorbonne, p. 169–179.
- AMBOUTA J.-M., KARIMOU, VALENTIN C. & LAVERDIÈRE M.R. (1996) - Jachères et croûtes d'érosion au Sahel, *Sécheresse*, 7(4), p. 269–275.
- AMOGU O., DESCROIX L., SOULEY YÉRO K., LE BRETON E., MAMADOU I., ALI A., VISCHÉL T., BADER J.-C., BOUZOU MOUSSA I., GAUTIER E., BOUBKRAOUI S. & BELLEUDY P. (2010) - Increasing River Flows in the Sahel?, *Water*, 2(2), p. 170–199.
- ANDRIEUX P. (2012) - La réduction métallurgique : des sens aux savoirs transmis, in : Robion-Brunner, C. & Martinelli, B. (eds), *Métallurgie du fer et Sociétés africaines. Bilans et nouveaux paradigmes dans la recherche anthropologique et archéologique*, Cambridge Monographs in African Archaeology N°81, Oxford : BAR International Series 2395, p. 227–244.
- ANGLAAERE L.C.N. (2008) - *Pericopsis elata* (Harms) Meeuwen, in : Louppe, D., Oteng-Amoako, A. A., & Brink, M. (eds), *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7(1). Bois d'oeuvre 1*, Leiden / Wageningen, Pays Bas : Backhuys Publishers / CTA, p. 478–482.
- ARCÀ A. (1997) - Fields and settlements in topographic engravings of Copper Age in Valcamonica and Mount Bego rock art, in, Della Casa, P. (ed), International Colloquium PAESE' 97., Zurich, p. 71–79.
- ARNAULD C. (2000) - Lacs du Mexique et forêts mayas : séquences temporelles dans l'archéologie de deux environnements mésoaméricains à fort peuplement, in : Barrué-Pastor, M. & Bertrand, G. (eds), *Les temps de l'environnement*, Toulouse : Presses Universitaires du Mirail, p. 517–526.
- ARNOLD B. (1995) - *Pirogues monoxyles d'Europe centrale : construction, typologie, évolution*, Archéologie Neuchâteloise N°20, 181 p.
- ARNOLD B. (1995) - *Pirogues monoxyles d'Europe centrale : construction, typologie, évolution*, Archéologie Neuchâteloise N°21, 165 p.

-B-

- BALESDENT J., MARIOTTI A. & GUILLET B. (1987) - Natural ^{13}C abundance as a tracer for studies of soil organic matter dynamics, *Soil Biology and Biochemistry*, **19**(1), p. 25–30.
- BALLOUCHE A. (2001) - Un diagramme pollinique de la mare de Kissi (Oudalan, Burkina Faso), *Berichte des Sonderforschungsbereichs*, **268**(17), p. 129–135.
- BALLOUCHE A. & NEUMANN K. (1995) - A new contribution to the Holocene vegetation history of the West African Sahel: pollen from Oursi, Burkina Faso and charcoal from three sites in northeast Nigeria, *Vegetation History and Archaeobotany*, **4**(1), p. 31–39.
- BALME M., LEBEL T. & AMANI A. (2006) - Dry years and wet years in the Sahel: quo vadimus?, *Hydrological Sciences Journal*, **51**(2), p. 254–271.
- BANOIN M. & GUENGANT J.P. (1998) - Les systèmes agraires traditionnels nigériens dans l'impasse face à la démographie, in : Floret, C. & Pontanier, R. (eds), *Jachère et systèmes agraires*, Niamey, Dakar : SEN, Faculté d'agronomie, IRD, p. 1–14.
- LE BARBÉ L. & LEBEL T. (1997) - Rainfall climatology of the HAPEX-Sahel region during the years 1950–1990, *Journal of Hydrology*, **188–189**, p. 43–73.
- LE BARBÉ L., LEBEL T. & TAPSOBA D. (2002) - Rainfall Variability in West Africa during the Years 1950–90, *Journal of Climate*, **15**(2), p. 187–202.
- BARCELÓ J.A. (2002) - Archaeological Thinking: between space and time, *Archeologia e Calcolatori*, **13**, p. 237–256.
- BARICH B.E., BELLUOMINI G., BONADONNA F.P., ALESSIO M. & MANFRA L. (1984) - Ecological and cultural relevance of the recent new radiocarbon dates from Libyan Sahara, in, *Origin and early development of food-producing cultures in north-eastern Africa*, Poznan : Poznan Archaeological Museum, p. 411–417.
- BARKER P.A., TALBOT M.R., STREET-PERROTT F.A., MARRET F., SCOURSE J. & ODADA E.O. (2004) - Late quaternary climatic variability in intertropical Africa, in : Battarbee, R. W., Gasse, F., & Stickley, C. E. (eds), *Past Climate Variability through Europe and Africa*, Developments in paleoenvironmental research, vol. 6, Springer, p. 117–138.
- DE BARROS P. (1986) - Bassar: a quantified, chronologically controlled, regional approach to a traditional iron production centre in West Africa, *Africa*, **56**(2), p. 148–174.
- DE BARROS P. (1988) - Societal repercussions of the rise of large-scale traditional iron

- production: a West African example, *The African Archaeological Review*, **6**, p. 91–113.
- BART H. (1857-1858) - *Travels and Discoveries in North and Central Africa: being a Journal of an Expedition undertaken under the Auspices of H.B.M.'s Government, in the Years 1849–1855*, Longman, Brown, Green, Longmans, & Roberts, London, Royaume-Uni, 5 volumes.
- BASTIN S. (2009) - Diffusion du maraîchage féminin, *Techniques & Culture. Revue semestrielle d'anthropologie des techniques*(51), p. 124–143.
- BATTARBEE R.W. & BENNION H. (2011) - Palaeolimnology and its developing role in assessing the history and extent of human impact on lake ecosystems, *Journal of Paleolimnology*, **45**(4), p. 399–404.
- BAYON G., DENNIELOU B., ETOUBLEAU J., PONZEVEVA E., TOUCANNE S. & BERMELL S. (2012) - Intensifying Weathering and Land Use in Iron Age Central Africa, *Science*, **335**(6073), p. 1219–1222.
- BAYON G., DENNIELOU B., ETOUBLEAU J., PONZEVEVA E., TOUCANNE S. & BERMELL S. (2012) - Response to Comments on « Intensifying Weathering and Land Use in Iron Age Central Africa », *Science*, **337**(6098), p. 1040.
- BAZZANA A. (2004) - D'une Méditerranée andalouse et maghrébine aux espaces musulmans de la boucle du Niger : discordances et concordances, in : Bazzana, A. & Bocoum, H. (eds), *Du nord au sud du Sahara. Cinquante ans d'archéologie française en Afrique de l'ouest et au Maghreb*, Paris : Sépia, p. 20–23.
- BAZZANA A. & BOCOUM H. (EDS). (2004) - *Du Nord au Sud du Sahara : 50 ans d'archéologie française en Afrique de l'Ouest et au Maghreb*, Paris : Sepia, 446 p.
- DE BEAUCHÊNE G. (1966) - Prehistory and archaeology in Niger (and Togo, Upper Volta, Dahomey, and Ivory Coast), *West African journal of archaeology*, **5**, p. 6–8.
- BEAUVAIS A. & CHARDON D. (2013) - Modes, tempo and spatial variability of Cenozoic cratonic denudation: The West African example, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, p. accepted.
- BEHRE K.E. & JACOMET S. (1991) - The ecological interpretation of archaeobotanical data, in : van Zeist, W., Wasylikowa, K., & Behre, K. E. (eds), *Progress in Old World palaeoethnobotany*, Rotterdam : Balkema, p. 81–108.
- BELLAMY C.V. (1904) - A West African smelting house., *Journal of the Iron and Steel Institute*, **66**, p. 99–126.

- BELLUOMINI G. & MANFRA L. (1987) - Radiocarbon dates from the Tadrart Acacus Massif, in : Barich, B. E. (ed), *Archaeology and Environment in the Libyan Sahara*, British Archaeological reports, International Series, vol. 368, Oxford
- BERGER A. & LOUTRE M.F. (1991) - Insolation values for the climate of the last 10 million years, *Quaternary Science Reviews*, **10**(4), p. 297–317.
- BERGER J.-F. (2000) - Cycles anthropiques et environnementaux à l'Holocène dans des bassins-versants rhodaniens de rang inférieur (Valdaine, Tricastin, plaine d'Orange - Drôme/Vaucluse, in : Barrué-Pastor, M. & Bertrand, G. (eds), *Les temps de l'environnement*, Toulouse : Presses universitaires du Mirail, p. 473–499.
- BERNUS E. (1993) - *Touaregs nigériens: Unité culturelle et diversité régionale d'un peuple pasteur*, Paris : Editions L'Harmattan, 514 p.
- BERNUS S. & CRESSIER P. (EDS). (1991) - *La région d'Ingall-Tegiddan N'Tessem (Niger). Programme archéologique d'urgence 1977-1981 : Azelik-Takadda et l'implantation sédentaire médiévale*, Etudes Nigériennes, Niamey : IRSH, 391 p.
- BERTRAND C. & BERTRAND G. (2000) - Le géosystème : un espace-temps anthropisé. Esquisse d'une temporalité environnementale, in : Barrué-Pastor, M. & Bertrand, G. (eds), *Les temps de l'environnement*, Toulouse : Presses Universitaires du Mirail, p. 65–76.
- BESAG J.E. (1977) - Comments on Ripley's paper, *Journal of the Royal Statistical Society*, **B**(39), p. 193–195.
- BEUNING K.R.M., TALBOT M.R. & KELTS K. (1997) - A revised 30,000-year paleoclimatic and paleohydrologic history of Lake Albert, East Africa, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **136**(1-4), p. 259–279.
- BEVAN A. & CONOLLY J. (2006) - Multiscalar approaches to settlement pattern analysis, *Confronting scale in archaeology*, p. 217–234.
- BIELDERS C.L., RAJOT J.-L. & AMADOU M. (2002) - Transport of soil and nutrients by wind in bush fallow land and traditionally managed cultivated fields in the Sahel, *Geoderma*, **109**(1–2), p. 19–39.
- BIELININ K., MANGIN M. & ORZECOWSKI S. (1996) - La sidérurgie ancienne et l'exploitation minière dans les Montagnes Sainte-Croix (Petite Pologne). II. Ateliers, habitat, chronologie, *Dialogues d'histoire ancienne*, **22**(1), p. 327–373.
- BOISSEAU F. (1998) - Les pirogues monoxyles à tableau arrière de la région Bourbonnaise, in : Rieth, E. & Serna, V. (eds), *Du manuscrit à l'épave*, Cahiers du Musée de la Batellerie, vol. 38, p. 49–51.

- BONNEFILLE R. (1993) - Afrique, paléoclimats et déforestation, *Sécheresse*, **4**, p. 221–231.
- BONNEFILLE R., RIOLLET G. & BUCHET G. (1991) - Nouvelle séquence pollinique d'une tourbière de la crête Zaïre-Nil (Burundi), *Review of Palaeobotany and Palynology*, **67**(3-4), p. 315–330.
- BOUIMETARHAN I., DUPONT L., SCHEFUSS E., MOLLENHAUER G., MULITZA S. & ZONNEVELD K. (2009) - Palynological evidence for climatic and oceanic variability off NW Africa during the late Holocene, *Quaternary Research*, **72**(2), p. 188–197.
- BOUZOU MOUSSA I., DESCROIX L., FARAN MAIGA O., GAUTIER E., MOUSTAPHA ADAMOU M., ESTEVES M., SOULEY YÉRO K., MALAM ABDOU M., MAMADOU I., LE BRETON E. & ABBA B. (2011) - Les changements d'usage des sols et leurs conséquences hydrogéomorphologiques sur un bassin-versant endoréique sahélien, *Science et changements planétaires / Sécheresse*, **22**(1), p. 13–24.
- BREUNIG P. (2007) - Premières sociétés structurées, *Pour la science*, **358**, p. 50–55.
- BREUNIG P. (2009) - Cultural change in the first millenium BC - Evidence from Nigeria, West Africa, in : Magnavita, S., Koté, L., Breunig, P., & Idé, O. A. (eds), *Crossroads, Cultural and technological developments in first millennium BC/AD West Africa.*, Journal of African Archaeology Monograph Series, vol. 2, Frankfort : AfricaMagna, p. 15–26.
- BREUNIG P. & NEUMANN K. (2002) - Continuity or discontinuity? the 1st millenium BC - Crisis in West African prehistory, in : Kuper, R. (ed), *Tides of the Desert - Gezeiten der Wüste*, Africa Praehistorica, vol. 14, Köln : Jennerstrasse 8, p. 491–505.
- BREUNIG P. & NEUMANN K. (2002) - From hunters and gatherers to food producers: new archaeological and archaeobotanical evidence from the west african Sahel, in : Hassan, F. A. (ed), *Droughts, Food and Culture*, New York : Kluwer Academic Publishers, p. 123–156.
- BREUNIG P., NEUMANN K. & NEER W. (1996) - New research on the Holocene settlement and environment of the Chad Basin in Nigeria, *The African Archaeological Review*, **13**(2), p. 111–145.
- BRIGGS J.M., SPIELMANN K.A., SCHAAFSSMA H., KINTIGH K.W., KRUSE M., MOREHOUSE K. & SCHOLLMAYER K. (2006) - Why ecology needs archaeologists and archaeology needs ecologists, *Frontiers in Ecology and the Environment*, **4**(4), p. 180–188.
- BRONK RAMSEY C. (2009) - Bayesian Analysis of Radiocarbon Dates, *Radiocarbon*, **51**(1), p. 337–360.
- BUERKERT A., MAHLER F. & MARSCHNER H. (1996) - Soil productivity management and

plant growth in the Sahel: Potential of an aerial monitoring technique, *Plant and Soil*, **180**(1), p. 29–38.

BURNOUF J. & LEVEAU P. (2004) - *Fleuves et marais, une histoire au croisement de la nature et de la culture*, Comité des travaux historiques et scientifiques, Archéologie et Histoire de l'Art N°19, Paris, 493 p.

-C-

CAILLIÉ R. & JOMARD E.-F. (1830) - *Journal d'un voyage à Temboctou et à Jenné, dans l'Afrique Centrale: précédé d'observations faites chez les Maures Braknas, les Nalous et d'autres peuples; pendant les années 1824, 1825, 1826, 1827, 1828*, Paris, France : Impr. par autorisation du Roi a l'Imprimerie royale, 404 p.

CAMPS G. (1960) - Aux origines de la Berbérie, Massinissa ou les débuts de l'histoire, *Libyca*, **8**(1), p. 72–75.

CASENAVE A. & VALENTIN C. (1989) - *Les états de surface de la zone sahélienne : influence sur l'infiltration*, Didactiques, ORSTOM, 229 p.

CELIS G.R. (1994) - La métallurgie traditionnelle chez les Songhraï (Niger). Techniques et croyances : la reconstruction de Yelwani, *Anthropos*, **89**, p. 401–420.

CHAMARD P.C. (1976) - Essai sur les paléoclimats du sud-ouest saharien au quaternaire récent, in, Colloque sur la désertification, Nouakchott, Mauritanie, p. 21–26.

CHAMARD P.C. & COUREL M.-F. (1999) - La forêt sahélienne menacée, *Sécheresse*, **10**(1), p. 11–18.

CHILDE V.G. (1936) - *Man makes himself*, 4e édition (2003), Nottingham : spokesman, 244 p.

CHILDS S.T. & KILICK D. (1993) - Indigenous African Metallurgy: Nature and Culture, *Annual Review of Anthropology*, **22**, p. 317–337.

CHOUQUER G. (ED). (1996) - *Les formes du paysage. T.1 - Etudes sur les parcellaires. T.2 - Archéologies des parcellaires, Actes du colloque d'Orléans (mars 1996). T.3 - L'analyses des systèmes spatiaux*, Errance, Paris

CHOUQUER G. (1996) - Parcellaires et longue durée. Point de repères historiques et problèmes d'interprétation, in : Chouquer, G. (ed), *Les formes du paysages. T2, Archéologie des parcellaires, Actes du colloque d'Orléans, 28-30 mars 1996.*, Archéologie aujourd'hui, Paris : Edition Errance, p. 201–222.

CHOUQUER G. (2008) - *Traité d'archéogéographie, la crise des récits géohistoriques*, Paris : Errance, 200 p.

- CHOUQUER G. & FAVORY F. (1980) - *Contribution à la recherche des cadastres antiques*, Les Belles Lettres, Paris, 93 p.
- CISSOKO S.M. (1968) - Famines et épidémies à Tombouctou et dans la boucle du Niger du XVIe au XVIIIe siècle, *Bulletin de l'institut Français de l'Afrique Noire, série B*, **30**(3), p. 806–821.
- CLARK P.U., DYKE A.S., SHAKUN J.D., CARLSON A.E., CLARK J., WOHLFARTH B., MITROVICA J.X., HOSTETLER S.W. & McCABE A.M. (2009) - The Last Glacial Maximum, *Science*, **325**(5941), p. 710 –714.
- CLEERE H.F. (1972) - The Classification of Early Iron-Smelting Furnaces, *The Antiquaries Journal*, **52**(01), p. 8–23.
- CLEMENT R.M. & HORN S.P. (2001) - Pre-Columbian Land-Use History in Costa Rica: A 3000-Year Record of Forest Clearance, Agriculture and Fires from Laguna Zoncho, *The Holocene*, **11**(4), p. 419–426.
- CLINE W. (1937) - *Mining and metallurgy in Negro Africa*, General series in anthropology, Wisconsin, USA : George Banta publishing company, 155 p.
- CLIST B. (1989) - Archaeology in Gabon, 1886–1988, *African Archaeological Review*, **7**(1), p. 59–95.
- CLIST B. (2012) - Vers une réduction des préjugés et la fonte des antagonismes: un bilan de l'expansion de la métallurgie du fer en Afrique sud-saharienne, *Journal of African Archaeology*, **10**(1), p. 71–84.
- CLOS-ARCEDEC M. (1956) - Etudes sur photographies aériennes d'une formation végétale sahéenne : la brousse tigrée, *Bulletin de l'institut Français de l'Afrique Noire*, **7**, p. 677–684.
- CONOLLY J. & LAKE M. (2006) - *Geographical information systems in archaeology*, Cambridge University Press, 359 p.
- COULIBALY É. (2006) - *Savoirs et savoir-faire des anciens métallurgistes d'Afrique occidentale*, KARTHALA Editions, 450 p.
- COURAULT D., D' HERBÈS J.-M. & VALENTIN C. (1990) - *Le bassin versant de Sama Dey. premières observations pédologiques et phytoécologiques*, Paris : ORSTOM, 31 p.
- CREMASCHI M. & DI LERNIA S. (1999) - Holocene climatic changes and cultural dynamics in the Libyan Sahara, *African Archaeological Review*, **16**(4), p. 211–238.

-D-

- DA C.É.D. (2008) - Impact des techniques de conservation des eaux et des sols sur le rendement du sorgho au centre-nord du Burkina Faso, *Les Cahiers d'Outre-Mer*, **61**(241-242), p. 99–110.
- DEBLAUWE V., COUTERON P., LEJEUNE O., BOGAERT J. & BARBIER N. (2011) - Environmental modulation of self-organized periodic vegetation patterns in Sudan, *Ecography*, **34**(6), p. 990–1001.
- DELAFOSSÉ M. (1902) - Découverte de grandes ruines à Gaoua (Soudan Français), *L'Anthropologie*, **13**, p. 778–781.
- DEMEOCAL P., ORTIZ J., GUILDERSON T., ADKINS J., SARNTHEIN M., BAKER L. & YARUSINSKY M. (2000) - Abrupt onset and termination of the African Humid Period : rapid climate responses to gradual insolation forcing, *Quaternary Science Reviews*, **19**(1-5), p. 347–361.
- DESCONNETS J.C., TAUPIN J.D., LABEL T. & LEDUC C. (1997) - Hydrology of the HAPEX-Sahel Central Super-Site: surface water drainage and aquifer recharge through the pool systems, *Journal of Hydrology*, **188–189**, p. 155–178.
- DESCROIX L., MAHÉ G., LABEL T., FAVREAU G., GALLE S., GAUTIER E., OLIVRY J.C., ALBERGEL J., AMOGU O., CAPPELAERE B., DESSOUASSI R., DIEDHIOU A., LE BRETON E., MAMADOU I. & SIGHOMNOU D. (2009) - Spatio-temporal variability of hydrological regimes around the boundaries between Sahelian and Sudanian areas of West Africa: An synthesis, *Journal of Hydrology*, **375**, p. 90–102.
- DESCROIX L., GENTHON P., AMOGU O., RAJOT J.-L., SIGHOMNOU D. & VAUCLIN M. (2012) - Change in Sahelian Rivers hydrograph: The case of recent red floods of the Niger River in the Niamey region, *Global and Planetary Change*, **98–99**, p. 18–30.
- DESPLAGNES L. (1903) - Etude sur les Tumuli du Killi dans la région de Goundam, *L'Anthropologie*, **14**, p. 151–172.
- DESPLAGNES L. (1907) - *Le plateau central nigérien : une mission archéologique et ethnographique au Soudan Français*, Paris : Larose
- DESPLAGNES L. (1951) - Fouilles du tumulus d'El-Oualedji (Soudan), *Bulletin de l'institut Français de l'Afrique Noire, série B*, **XIII**(4), p. 1159–1173.
- DEVISSE J. & ROBERT-CHALEIX D. (1970) - *Tegdaoust I. Recherches sur Awdaghost*, Paris : Edition Arts et Métiers Graphiques, 160 p.
- DEVISSE J. & VERNET R. (1993) - Le bassin des vallées du Niger: chronologie et espaces,

- in : Devisse, J. (ed), *Vallées du Niger*, Paris : Réunion des Musées Nationaux, p. 11–37.
- DEWEIRDT E. (2010) - *De l'analyse spatiale à la caractérisation de sites de la fin de l'âge du fer et du début de l'époque gallo-romaine dans le nord et l'est de la Gaule*, Gand : Université de Bourgogne et Université de Gand, 409 p.
- DIAMOND J. (2006) - *Effondrement: Comment les sociétés décident de leur disparition ou de leur survie*, Gallimard, 656 p.
- DIOP-MAES L.-M. (1985) - Essai d'évaluation de la population de l'Afrique Noire aux XVe et XVIe siècles, *Population (French Edition)*, **40**(6), p. 855–889.
- LE DREZEN Y. (2008) - *Dynamiques des paysages de la vallée du Yamé depuis 4000 ans. Contribution à la compréhension d'un géosystème soudano-sahélien (Ounjougou, Pays dogon, Mali)*, Caen : Université de Caen, Basse Normandie, 418 p.
- DUBOIS D. & LANG J. (1981) - Etude lithostratigraphique et géomorphologique du continental terminal et du Cénozoïque inférieur dans le bassin des lullemeden (Niger), *Bulletin de l'Institut Fondamental de l'Afrique Noire*, **43**(1/2), p. 1–42.
- DUBOIS D., ICOLE M. & TRICART J. (1984) - Evolution géomorphologique de la vallée du Niger aux abords de Niamey (République du Niger), *Bulletin de la Société géologique de France*, **26**(6), p. 1305–1318.
- DUMOND H.J. & EL MOGHRABY A.I. (1993) - Holocene evolution of climate and environment, and stone « city » ruins in Northern Darfur, Sudan: Is there a relationship?, in : Krzyzaniak, L., Kobusiewicz, M., & Alexander, J. (eds), *Environmental change and human culture in the Nile basin and Northern Africa until the second millenium B.C.*, Poznan Archaeological Museum, Poznan, p. 381–397.
- DUNIKOWSKI C. & CABBOI S. (1995) - *La sidérurgie chez les Sénonis : les ateliers celtiques et gallo-romains des Clérimois, Yonne*, Documents d'archéologie française, Paris : Éd. de la Maison des sciences de l'homme, 186 p.
- DURAND A. (1982) - Oscillations of lake chad over the past 50,000 years: New data and new hypothesis, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **39**(1-2), p. 37–53.
- DURAND A. (1995) - *Sédiments quaternaires et changements climatiques au Sahel central (Niger et Tchad)*, Africa Geoscience Review N°2, 334 p.
- DURAND A., ICOLE M. & BIEDA S. (1981) - Sédiments et climats quaternaires du Sahel central : exemple de la vallée de Maradi (Niger méridional), *Cahiers ORSTOM*,

12(1), p. 77–90.

DURAND A., PARIS F. & SALIÈGE J.-F. (1999) - Peuplements et environnements holocènes du bassin oriental de l'Azawagh (Niger), in : Bernus, E., Cressier, P., Durand, A., Paris, F., & Saliège, J.-F. (eds), *Vallée de l'Azawagh (Sahara du Niger)*, Sepia, Etudes Nigériennes N°57, Saint Maur, p. 5–183.

-E-

ECHARD N. (1965) - Note sur les forgerons de l'Ader (Pays Hausa, République du Niger), *Journal de la Société des Africanistes*, **35**(2), p. 353–372.

ECHARD N. (1968) - Noces de Feu, 16 mm (20 min), Musée de l'Homme.

ECHARD N. (1983) - Scories et symboles, remarques sur la métallurgie hausa du fer au Niger, in : Echard, N. (ed), *Métallurgies africaines. Nouvelles contributions*, mémoires de la société des africanistes, vol. 9, Paris : Société des africanistes, p. 209–224.

ECHARD N. (1986) - Histoire du peuplement et histoire des techniques : l'exemple de la métallurgie hausa du fer au Niger, *Journal des africanistes*, **56**(1), p. 21–34.

ESCHENBRENNER V. (1987) - *Les glébules des sols de Cote d'Ivoire. Nature et origine en milieu ferrallitique, modalités de leur concentration, rôle des termites*, Thèse, Dijon : Université de Dijon

ESCHENBRENNER V. & GRANDIN G. (1970) - La séquence de cuirasse et ses différenciations entre Agnibilékrou (Cote d'Ivoire) et Diébougou (Haute-Volta), *Cahier ORSTOM*, **2**(2), p. 205–245.

ESSOMBA J.M. (1999) - L'archéologie de l'âge du fer au Cameroun méridional, in : Delneuf, M., Essomba, J. M., & Froment, A. (eds), *Paléo-anthropologie en Afrique centrale: Un bilan de l'archéologie au Cameroun*, Paris : Editions L'Harmattan, p. 233_247.

-F-

FABRE J.-M. (2009) - La métallurgie du fer au Sahel burkinabé à la fin du 1er millénaire AD, in : Magnavita, S., Koté, L., Breunig, P., & Idé, O. A. (eds), *Crossroads, Cultural and technological developments in first millennium BC/AD West Africa.*, Journal of African Archaeology Monograph Series, vol. 2, Frankfort : AfricaMagna, p. 167–178.

FABRE J.-M. (2012) - Données archéologiques et ethnographiques : une confrontation parfois difficile. L'exemple du district sidérurgique de Markoye (Burkina Faso),

in : Robion-Brunner, C. & Martinelli, B. (eds), *Métallurgie du fer et Sociétés africaines. Bilans et nouveaux paradigmes dans la recherche anthropologique et archéologique*, Cambridge Monographs in African Archaeology N°81, Oxford : BAR International Series 2395, p. 165–176.

FAVREAU G. (2000) - *Caractérisation et modélisation d'une nappe phréatique en hausse au Sahel : dynamique et géochimie de la dépression piézométrique naturelle du kori de Dantiadou (sud-ouest du Niger)*, Thèse, Orsay : Université Paris sud XI, 353 p.

FAVREAU G., CAPPELAERE B., MASSUEL S., LEBLANC M.J., BOUCHER M., BOULAIN N. & LEDUC C. (2009) - Land clearing, climate variability, and water resources increase in semiarid southwest Niger: A review, *Water Resources Research*, **45**(7)

FENN T., KILLICK D.J., CHESLEY J., MAGNAVITA S. & RUIZ J. (2009) - Contacts between west Africa and roman north Africa: archaeometallurgical results from Kissi, northeastern Burkina Faso, in : Magnavita, S., Koté, L., Breunig, P., & Idé, O. A. (eds), *Crossroads, Cultural and technological developments in first millennium BC/AD West Africa.*, Journal of African Archaeology Monograph Series, vol. 2, Frankfurt : AfricaMagna, p. 119–146.

FLEMING A. (1988) - *The Dartmoor Reaves: investigating prehistoric land divisions*, Londres : Batsford, 239 p.

FOLEY J.A., COE M.T., SCHEFFER M. & WANG G. (2003) - Regime shift in the Sahara and Sahel: interactions between ecological and climatic systems in northern Africa, *Ecosystems*, **6**, p. 524–539.

FONTES J.C., GASSE F., CALLOT Y., PLAZIAT J.-C., CARBONEL P., DUPEUBLE P.A. & KACZMARSKA I. (1985) - Freshwater to marine-like environments from Holocene lakes in northern Sahara, *Nature*, **317**(6038), p. 608–610.

FRANCIS-BOEUF C. (1937) - L'industrie autochtone du fer en Afrique Occidentales Française, *Bulletin du comité d'études Historiques et scientifiques de l'AOF*, **XX**(4), p. 403–464.

FRANK T., BREUNIG P., MÜLLER-HAUDE P., NEUMANN K., VAN NEER W., VOGELSANG R. & WOTZKA H.P. (EDS). (2001) - The Chaîne de Gobnangou, SE Burkina Faso: archeological, archaeobotanical, archaeozoological and geomorphological studies, *Beiträge zur allgemeinen und vergleichenden Archäologie*, **21**, p. 127–190.

-G-

GADO B. (1980) - *Le Zarmatarey, Contribution à l'histoire des populations d'entre Niger*

- et Dallol Mawri*, Etudes Nigériennes N°45, Niamey : IRHS, 350 p.
- GADO B. (1993) - Un village des morts à Bura en République du Niger, in : Devisse, J. (ed), *Vallées du Niger*, Paris : Réunion des Musées Nationaux, p. 365–375.
- GADO B. (2004) - Les systèmes des sites à statuaire en terre cuite et en pierre dans la vallée du Moyen Niger entre le Gorouol et la Mékrou. Une énigme archéologique entre le mythe, l'histoire et le pillage., in : Bazzana, A. & Bocoum, H. (eds), *Du nord au sud du Sahara. Cinquante ans d'archéologie française en Afrique de l'ouest et au Maghreb*, Paris : Sépia, p. 155–181.
- GAILLARD R.C.J. & POUTRIN L. (1914) - *Étude anthropologique des populations des régions du Tchad et du Kanem. Extrait des documents scientifiques de la mission Tilho, t. III, 1906-1909*, Paris : E. Larose, 111 p.
- GALLAY A. (2011) - *De mil, d'or et d'esclaves: Le Sahel précolonial*, Collection le savoir suisse, Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 156 p.
- GALLE S., EHRMANN M. & PEUGEOT C. (1999) - Water balance in a banded vegetation pattern: A case study of tiger bush in western Niger, *CATENA*, **37**(1–2), p. 197–216.
- GALLIN A. (2011) - *Les styles céramiques de Kobadi: Analyse comparative et implications chronoculturelles au Néolithique récent du Sahel Malien*, Reports in African Archaeology N°1, Africa Magna Verlag, 323 p.
- GARBA Z., DURAND A. & LANG J. (1996) - Enregistrement sédimentaire des variations de la dynamique éolienne pendant la transition Tardiglaciaire/Holocène à la limite Sahara/Sahel (Termit, Bassin du lac Tchad), *Zeitschrift fuer Geomorphologie*, **Suppl.-Bd.**(103), p. 159–178.
- GARCEA E.A.A. & SEBASTIANI R. (1995) - Excavations at uan Telocat (Libyan Sahara), *Libya Antiqua*(1), p. 49–55.
- GARCIN Y., VINCENS A., WILLIAMSON D., BUCHET G. & GUIOT J. (2007) - Abrupt resumption of the African Monsoon at the Younger Dryas--Holocene climatic transition, *Quaternary Science Reviews*, **26**(5–6), p. 690–704.
- GARDE G. (1910) - *Description géologique des régions situées entre le Niger et le Tchad et à l'est et au nord-est du Tchad*, Thèse de doctorat, Paris : Université de Paris, 286 p.
- GARDELLE J., HIERNAUX P., KERGOAT L. & GRIPPA M. (2010) - Less rain, more water in ponds: a remote sensing study of the dynamics of surface waters from 1950 to present in pastoral Sahel (Gourma region, Mali), *Hydrology and Earth System Sciences*, **14**(2), p. 309–324.

- GASSE F. (1977) - Evolution of Lake Abhe (Ethiopia and TFAI), from 70,000 b.p., *Nature*, **265**(5589), p. 42–45.
- GASSE F. (2000) - Hydrological changes in the African tropics since the Last Glacial Maximum, *Quaternary Science Reviews*, **19**(1-5), p. 189–211.
- GASSE F. (2002) - Diatom-inferred salinity and carbonate oxygen isotopes in Holocene waterbodies of the western Sahara and Sahel (Africa), *Quaternary Science Reviews*, **21**(7), p. 737–767.
- GASSE F. & VAN CAMPO E. (1994) - Abrupt post-glacial climate events in West Asia and North Africa monsoon domains, *Earth and Planetary Science Letters*, **126**(4), p. 435–456.
- GASSE F., LEDEE V., MASSAULT M. & FONTES J.-C. (1989) - Water-level fluctuations of Lake Tanganyika in phase with oceanic changes during the last glaciation and deglaciation, *Nature*, **342**(6245), p. 57–59.
- GASSE F., TEHET R., DURAND A., GIBERT E. & FONTES J.-C. (1990) - The arid-humid transition in the Sahara and the Sahel during the last deglaciation, *Nature*, **346**(6280), p. 141–146.
- GAUSSEN J. & GAUSSEN M. (1988) - *Le Tilemsi préhistorique et ses abords. Sahara et Sahel malien*, Cahiers du quaternaire, Paris : Edition du CNRS, 270 p.
- GAVAUD M. (1977) - *Les grands traits de la pédogénèse au Niger méridional*, Travaux et document de l'ORSTOM, Paris, 102 p.
- VAN GEMERDEN B.S., OLFF H., PARREN M.P.E. & BONGERS F. (2003) - The pristine rain forest? Remnants of historical human impacts on current tree species composition and diversity, *Journal of Biogeography*, **30**(9), p. 1381–1390.
- GILLESPIE R., STREET-PERROTT F.A. & SWITSUR R. (1983) - Post-glacial arid episodes in Ethiopia have implications for climate prediction, *Nature*, **306**(5944), p. 680–683.
- GIREL J. (2006) - Quand le passé éclaire le présent : écologie et histoire du paysage, *Géocarrefour*, **81**(4), p. 249–264.
- GIRI J. (1994) - *Histoire économique du Sahel*, Paris : Karthala Editions, 266 p.
- GOGUEY D. & BÉNARD J. (2002) - Un finage protohistorique et gallo-romain dans les forêts comunales du châtilonnais (rive droite de la Digeanne, Côte d'or): bilan de quatre années de prospection, *Revue Archéologique de l'Est*, **51**, p. 117–214.
- GOGUEY D., PAUTRAT Y., GUILLAUMET J.-P., THEVENOT J.-P. & POPOVITCH L. (2010) - Dix ans d'archéologie forestière dans le châtilonnais (Côte d'Or): enclos, habitats,

- parcellaires, *Revue Archéologique de l'Est*, **59**, p. 99–209.
- GOSSELAIN O. (2010) - Ethnographie comparée des troussees à outils de potiers au sud du Niger, *Bulletin de la Société préhistorique française*, **107**(4), p. 667–689.
- GOULETQUER P. (1983) - Territoires et technique : le sel et le fer, in : Echard, N. (ed), *Métallurgies africaines. Nouvelles contributions*, Mémoire de la société des africanistes, vol. 9, Paris : Société des africanistes, p. 173–197.
- GOWER J.C. & ROSS G.J.S. (1969) - Minimum Spanning Trees and Single Linkage Cluster Analysis, *Journal of the Royal Statistical Society. Series C (Applied Statistics)*, **18**(1), p. 54–64.
- GRAVIER M., RISER J. & SIMON B. (1994) - Evolution climatique en Mauritanie, la dégradation d'une formation végétale sahéenne : la brousse tigrée du Tagant, *Sécheresse*, **5**, p. 257–263.
- GRÉBÉNART D. (1985) - *La région d'In Gall -Tegidda N Tesemt (Niger) : Programme Archéologique d'Urgence 1977-1981, Le néolithique final et les débuts de la métallurgie*, Etudes Nigériennes, Niamey : IRSH, 418 p.
- GREIGERT J. (1966) - *Description des formations crétacées et tertiaires du bassin des Iullemeden (Afrique occidentale)*, Direction des mines et de la Géologie N°2, Paris : Editions du BRGM, 234 p.
- GREIGERT J. & POUUNET R. (1967) - *Notice explicative de la carte géologique de la république du Niger à l'échelle du 1 : 2 000 000.*, BRGM, Paris : Ministère des Travaux publics, des Transports, des Mines et de l'Urbanisme de la république du Niger
- GROVE R.H. (1998) - Global impact of the 1789-93 El Nino, *Nature*, **393**(6683), p. 318–319.
- VAN GRUNDERBEEK M.-C. (1992) - Essai de délimitation chronologique de l'Age du Fer Ancien au Burundi, au Rwanda et dans la région des Grands Lacs, *Azania*, **27**(1), p. 53–80.
- VAN GRUNDERBEEK M.-C., ROCHE E. & DOUTRELEPONT H. (2001) - Un type de fourneau de fonte de fer associé à la culture Urewe (Age du fer ancien), au Rwanda et au Burundi, in, Descoedres, J. P., Huysecom, E., Serneels, V., & Zimmermann, J. L. (eds), *The origins of Iron Metallurgy*, Proceedings of the First International Colloquium on The Archaeology of Africa and the Mediterranean Basin, Mediterranean Archaeology, **14**, Genève, p. 271–298.
- GUENGANT J.P. (2007) - La démographie africaine entre convergence et divergences, in

: Ferry, B. (ed), *L'Afrique face à ses défis démographiques: un avenir incertain*, Karthala Editions, Paris, p. 27–122.

GUENGANT J.P. (2011) - *Comment bénéficier du dividende démographique? La démographie au centre des trajectoires de développement dans les pays de l'UEMOA*, Paris : AFD, 57 p.

GUILAINE J. (2000) - Changeons d'échelles: Pour la très longue durée, pour de larges espaces, *Études rurales*(153/154), p. 9–21.

GUILLAUME K., ABBADIE L., MARIOTTI A. & NACRO H. (1999) - Soil organic matter dynamics in tiger bush (Niamey, Niger). Preliminary results, *Acta Oecologica*, **20**(3), p. 185–195.

GUILLAUME K., HUARD M., GIGNOUX J., MARIOTTI A. & ABBADIE L. (2001) - Does the timing of litter inputs determine natural abundance of ¹³C in soil organic matter? Insights from an African tiger bush ecosystem, *Oecologia*, **127**(2), p. 295–304.

GUILLAUMET J.L. (1996) - Les plantes alimentaires des forêts humides intertropicales et leur domestication: exemple africains et américains, in : Hladik, C. M., Hladik, A., Pagezy, H., Linares, O. F., Koppert, G. J. A., & Froment, A. (eds), *L'alimentation en forêt tropicale : interactions bioculturelles et perspectives de développement : 1. Les ressources alimentaires : production et consommation*, L'Homme et la Biosphère, Paris : UNESCO, p. 121–130.

GUILLON R. (2008) - *Influence des activités humaines sur les flux sédimentaires au Sahel (Niger). Résultats préliminaires*, DSER, Dijon : Université de Bourgogne, 92 p.

-H-

HAOUR A. C. (2003) - One hundred years of archaeology in Niger, *Journal of World Prehistory*, **17**(2), p. 181–234.

HASSAN F.A. (1997) - Holocene palaeoclimates of Africa, *African Archaeological Review*, **14**(4), p. 213–230.

HASSAN F.A. (ED). (2002) - *Droughts, Food and Culture: Ecological Change and Food Security in Africa's Later Prehistory*, New York : Klumer Academic / Plenum Publishers, 348 p.

HAYNES C.V. (1987) - Holocene migration rates of the sudano-sahelian wetting front, Arabian desert, eastern Sudan, in : Close, A. H. (ed), *Prehistory of arid north Africa*, Southern Methodist University Press, Dallas, p. 69–84.

- HAYNES C.V., EYLES C.H., PAVLISH L.A., RITCHIE J.C. & RYBAK M. (1989) - Holocene palaeoecology of the eastern Sahara; Selima Oasis, *Quaternary Science Reviews*, **8**(2), p. 109–136.
- D' HERBÈS J.-M., VALENTIN C. & THIÉRY J.M. (1997) - La brousse tigrée au Niger: synthèse des connaissances acquises. Hypothèses sur la genèse et les facteurs déterminant les différentes structures contractées, in : d' Herbès, J. M., Ambouta, J. M. K., & Peltier, R. (eds), *Fonctionnement et gestion des écosystèmes forestiers contractés sahéliens*, Paris : John Libbey Eurotext, p. 131–152.
- HIERNAUX P. & AYANTUNDE A. (2004) - *The Fakara: a semi-arid agro-system under stress*, Niamey : DMP-GEF Program, International Livestock Research Institute, 95 p.
- HOELZMANN P., GASSE F., DUPONT L.M., SALZMANN U., STAUBWASSER M., LEUSCHNER D.C. & SIROCKO F. (2004) - Palaeoenvironmental changes in the arid and subarid belt (Sahara-Sahel-Arabian peninsula) from 150 Kyr to present, in : Battarbee, R. W., Gasse, F., & Stickley, C. E. (eds), *Past Climate Variability through Europe and Africa*, Springer, Developments in paleoenvironmental research, vol. 6, p. 219–256.
- HÖHN A. (2004) - Where did all the trees go? Changes of the woody vegetation in the Sahel of Burkina Faso during the last 2000 years, in, *Fields of Change*, Seminar für Vor- und Frühgeschichte, JW Goethe-Universität, Frankfurt, Germany, p. 35–41.
- HÖHN A. & NEUMANN K. (2011) - Shifting cultivation and the development of a cultural landscape during the Iron Age (0–1500 AD) in the northern Sahel of Burkina Faso, West Africa: Insights from archaeological charcoal, *Quaternary International*, p. 1–12.
- HOLL A.F.C. (1993) - Transition from late stone age to iron age in the sudano-sahelian zone: a case study from perichadian plain, in : Shaw, T., Sinclair, P., Andah, B., & Okpoko, A. (eds), *The archaeology of Africa. Food, metals and towns*, One world archaeology, vol. 20, Londres : Routledge, p. 330–343.
- HOLL A.F.C. (2000) - Metal and precolonial african society, in : Vogel, J. O. (ed), *Ancient African Metallurgy, the socio-cultural context*, Walnut Creek : Altamira Press, p. 1–81.
- HOLL A.F.C. (2009) - Early West African Metallurgies: New Data and Old Orthodoxy, *Journal of World Prehistory*, **22**(4), p. 415–438.
- HOLL A.F.C. (2009) - Iron metallurgy in West Africa: an early iron smelting site in the

- Mouhoun Bend, Burkina Faso, in : Magnavita, S., Koté, L., Breunig, P., & Idé, O. A. (eds), *Crossroads, Cultural and technological developments in first millennium BC/AD West Africa.*, Journal of African Archaeology Monograph Series, vol. 2, Frankfort : AfricaMagna, p. 59–68.
- HOLL A.F.C. (2009) - L'apparition de l'agriculture en Afrique, in : Demoule, J. P. (ed), *La révolution néolithique dans le monde*, Paris : CNRS Editions, p. 49–64.
- HOLL A.F.C. & KOTÉ L. (2000) - Settlement patterns, food production, and craft specialization in the Mouhoun Bend (NW Burkina Faso): Preliminary results of the MOBAP 1997 -1999 field seasons, *West African journal of archaeology*, **30**, p. 69–107.
- HOLMES J.A. (2008) - How the Sahara Became Dry, *Science*, **320**(5877), p. 752 –753.
- HOLMES J.A., STREET-PERROTT F.A., ALLEN M.J., FOTHERGILL P.A., HARKNESS D.D., KROON D. & PERROTT R.A. (1997) - Holocene palaeolimnology of Kajemamm Oasis, Northern Nigeria: an isotopic study of ostracodes, bulk carbonate and organic carbon, *Journal of the Geological Society*, **154**(2), p. 311 –319.
- HOLMES J.A., STREET-PERROTT F.A., PERROTT R.A., STOKES S., WALLER M.P., HUANG Y., EGLINTON G. & IVANOVICH M. (1999) - Holocene landscape evolution of the Manga Grasslands, NE Nigeria: evidence from palaeolimnology and dune chronology, *Journal of the Geological Society*, **156**(2), p. 357–368.
- HUA Q. & BARBETTI M. (2004) - Review of Tropospheric Bomb ¹⁴C Data for Carbon Cycle Modeling and Age Calibration Purposes, *Radiocarbon*, **46**, p. 1273–1298.
- HUGOT G. (1977) - *Un secteur du quaternaire lacustre mauritanien: Tichitt*, Nouakchott : Institution Mauritanien de la Recherche Scientifique, 190 p.
- HULME M. (1996) - Recent Climatic Change in the World's Drylands, *Geophysical Research Letters*, **23**(1), p. 61–64.
- HUNT B.. (2000) - Natural climatic variability and Sahelian rainfall trends, *Global and Planetary Change*, **24**(2), p. 107–131.
- HUYSECOM E. (2001) - Technique et croyance des forgerons africains: Eléments pour une approche ethnoarchéologique, in : Desconnets, J. C., Huysecom, E., Serneels, V., & Zimmermann, J. L. (eds), *The origins of iron metallurgy. Proceedings of the first international colloquium on: the Archaeology of Africa and the Mediterranean Basin*, Mediterranean Archaeology, vol. 14, p. 73–82.
- HUYSECOM E. (2007) - Un néolithique ancien en Afrique de l'Ouest?, *Pour la science*, **358**, p. 44–49.

HUYSECOM E. & AGUSTINI B. (1996) - Inagina, l'ultime maison du fer

HUYSECOM E., BALLOUCHE A., CISSÉ L., GALLAY A., KONATÉ D., MAYOR A., NEUMANN K., OZAINNE S., PERRET S., RAELI F., RASSE M., ROBERT M., ROBION C., SANOGO K., SERNEELS V., SORIANO S. & STOKES S. (2003) - Paléoenvironnement et peuplement humain en Afrique de l'ouest : rapport de la sixième campagne de recherche à Ounjougou (Mali), *Jahresbericht SLISA*, p. 27–68.

HUYSECOM E., OZAINNE S., CISSÉ L., DOUTRELEPONT H., GALLAY A., KONATÉ D., MAYOR A., RAELI F., ROBERT A., SANOGO K., SORIANO S., SOW O. & STOKES S. (2004) - Du paléolithique à nos jours : la séquence archéologique et paléoenvironnementale du gisement d'Ounjougou (Pays Dogon, Mali), in : Sanogo, K. & Togola, T. (eds), *Acts of the 11th Congress of Panafrikan Association, Prehistory and related fields (Bamako 7-12 feb. 2001)*, Bamako : Institut des Sciences Humaines, p. 289–327.

HUYSECOM E., OZAINNE S., RAELI F., BALLOUCHE A., RASSE M. & STOKES S. (2004) - Ounjougou (Mali) : a history of holocene settlement at the southern edge of the Sahara, *Antiquity*, **78**(301), p. 602–616.

HUYSECOM E., RASSE M., LESPEZ L., NEUMANN K., FAHMY A., BALLOUCHE A., OZAINNE S., MAGGETTI M., TRIBOLO C. & SORIANO S. (2009) - The emergence of pottery in Africa during the tenth millennium cal BC: new evidence from Ounjougou (Mali), *Antiquity*, **83**(322), p. 905–917.

-I-

Idé O.A. (2000) - *Préhistoire dans la vallée de la Mékrou (Niger méridional)*, Etudes Nigériennes N°58, Niamey - Nouakchott : IRSH - CRIAA, 245 p.

Idé O.A. (2009) - La question du fer dans la vallée de la Mékrou, Niger méridional, in : Magnavita, S., Koté, L., Breunig, P., & Idé, O. A. (eds), *Crossroads, Cultural and technological developments in first millennium BC/AD West Africa.*, Journal of African Archaeology Monograph Series, vol. 2, Frankfort : AfricaMagna, p. 157–166.

-J-

JANICOT S. & FONTAINE B. (1993) - L'évolution des idées sur la variabilité interannuelle récente des précipitations en Afrique de l'Ouest, *Météorologie*(1), p. 28–53.

JOALLAND (1930) - *Le Drame de Dankori. Mission Voulet-Chanoine. Mission Joalland-Meynier*, Paris : Nouvelles éditions Argo, 253 p.

JOHNSON T.C. (1996) - Sedimentary processes and signals of past climatic change in the large lakes of the East African Rift valley, in : Johnson, T. C. & Odada, E. O.

(eds), *The limnology, climatology and palaeoclimatology of the east African lakes*, Gordon and Breach, Amsterdam, p. 367–412.

JOLLY D., HARRISON S., DAMNATI B. & BONNEFILLE R. (1998) - Simulated climate and biomes of Africa during the late quaternary, *Quaternary Science Reviews*, **17**(6-7), p. 629–657.

JOUSSAUME R. (2003) - Compte rendu: Vernet, Robert (éd.), L'archéologie en Afrique de l'Ouest; Sahara et sahel, *Journal des africanistes*, **73**(1), p. 191.

JOUSSE H. (2006) - What is the impact of Holocene climatic changes on human societies? Analysis of West African Neolithic populations dietary customs, *Quaternary International*, **151**(1), p. 63–73.

-K-

KAHLHEBER S., ALBERT K.D. & HÖHN A. (2001) - A contribution to the palaeoenvironment of the archaeological site of Oursi in North Burkina Faso, in : Kahlheber, S. & Neumann, K. (eds), *Man and Environment in the West African Sahel - an Interdisciplinary Approach*, Berichte des Sonderforschungsbereichs N°268, vol. 17, p. 145–159.

KIÉTHÉGA J. (1993) - Les pratiques funéraires, in : Devisse, J. (ed), *Vallées du Niger*, Paris : Réunion des Musées Nationaux, p. 425–440.

KIÉTHÉGA J.-B. (2006) - *La métallurgie lourde du fer au Burkina Faso: Une technologie à l'époque précoloniale*, Paris : KARTHALA Editions, 570 p.

KILLICK D. (2004) - Review Essay: what do we about African iron working?, *Journal of African Archaeology*, **2**(1), p. 97–113.

KONAN L.Y. (2011) - De la signification de quelques reptiles dans les contes africains, *Estudios Romanicos*, **20**, p. 159–174.

KOSTER R.D., DIRMEYER P.A., GUO Z., BONAN G., CHAN E., COX P., GORDON C.T., KANAE S., KOWALCZYK E., LAWRENCE D., LIU P., LU C.-H., MALYSHEV S., McAVANEY B., MITCHELL K., MOCKO D., OKI T., OLESON K., PITMAN A., SUD Y.C., TAYLOR C.M., VERSEGHY D., VASIC R., XUE Y. & YAMADA T. (2004) - Regions of Strong Coupling Between Soil Moisture and Precipitation, *Science*, **305**(5687), p. 1138 –1140.

KOTÉ L. (2000) - L'archéologie funéraire (Burkina Faso), in : Vernet, R. (ed), *L'archéologie en Afrique de l'Ouest : Sahara et Sahel*, Nouakchott/Saint Maur : CRIAA/Sépie, p. 51–58.

KOTÉ L. (2000) - Le Néolithique, in : Vernet, R. (ed), *L'archéologie en Afrique de l'Ouest :*

Sahara et Sahel, Nouakchott/Saint Maur : CRIAA/Sépia, p. 28–39.

KROPELIN S., VERSCHUREN D., LEZINE A.-M., EGGERMONT H., COCQUYT C., FRANCUS P., CAZET J.-P., FAGOT M., RUMES B., RUSSELL J.M., DARIUS F., CONLEY D.J., SCHUSTER M., VON SUCHODOLETZ H. & ENGSTROM D.R. (2008) - Climate-Driven Ecosystem Succession in the Sahara: The Past 6000 Years, *Science*, **320**(5877), p. 765–768.

KUHLMANN H., MEGGERS H., FREUDENTHAL T. & WEFER G. (2004) - The transition of the monsoonal and the N Atlantic climate system of NW Africa during the Holocene, *Geophysical Research Letters*, **31**

KUTZBACH J.E. & STREET-PERROTT F.A. (1985) - Milankovitch forcing of fluctuations in the level of tropical lakes from 18 to 0 kyr BP, *Nature*, **317**(6033), p. 130–134.

KUTZBACH J.E. & GUETTER P.J. (1986) - The influence of changing orbital parameters and surface boundary conditions on climate simulations for the past 18 000 years, *Journal of the Atmospheric Sciences*, **43**(16), p. 1726–1759.

-L-

L'HÔTE Y. & MAHÉ G. (1996) - *Afrique de l'Ouest et centrale, précipitations moyennes annuelles (période 1951-1989)*, Collection des cartes ORSTOM, Echelle : 1/6 000, ORSTOM.

L'HÔTE Y., MAHÉ G., SOMÉ B. & TRIBOULET J.P. (2002) - Analysis of a Sahelian annual rainfall index from 1896 to 2000; the drought continues, *Hydrological Sciences Journal*, **47**(4), p. 563–572.

LAFITTE J.-D. (2002) - Le parcellaire gallo-romain de la forêt domaniale de Saint-Amond à Favières, *Revue Archéologique de l'Est*, **51**, p. 459–465.

LAFORE J.-P., ASECIO N., BOUNIOL D., COUVREUX F., FLAMANT C., GUICHARD F., HALL N., JANICOT S., KOCHA C., LAVAYSSE C., LEROUX S., POAN E., PEYRILLÉ P., ROCA R., ROEHRIG R., ROUX F. & SAÏD F. (2012) - Evolution de notre compréhension du système de mousson ouest-africain, *La météorologie*(spécial AMMA), p. 11–16.

LAFORGUE P. (1925) - Etat actuel de nos connaissances sur la préhistoire en Afrique occidentale française, *Bulletin du comité d'études Historiques et scientifiques de l'AOF*, **10**, p. 105–171.

LAING A.G. (1825) - *Travels in the Timanee, Kooranko, and Soolima countries, in Western Africa*, J. Murray, 506 p.

LAMB H.F., GASSE F., BENKADDOUR A., EL HAMOUTI N., VAN DER KAARS S., PERKINS W.T., PEARCE N.J. & ROBERTS C.N. (1995) - Relation between century-scale Holocene

- arid intervals in tropical and temperate zones, *Nature*, **373**(6510), p. 134–137.
- LANG J., KOGBE C., ALIDOU S., ALZOUMA K.A., BELLION G., DUBOIS D., DURAND A., GUIRAUD R., HOUESSOU A., DE KLASZ I., ROMANN E., SALARD-CHEBOLDAEFF M. & TRICHET J. (1990) - The continental terminal in West Africa, *Journal of African Earth Sciences (and the Middle East)*, **10**(1-2), p. 79–99.
- LANGLOIS O. (2005) - Objectifs, méthodes et résultats de la prospection multiscalaire conduite à Djaba-Hosséré (Nord-Cameroun), *Cahier des thèmes transversaux ArScAn*, **7**, p. 66–73.
- LEBART L., MORINEAU A. & PIRON M. (2000) - *Statistique exploratoire multidimensionnelle*, 3e édition, Paris : Dunod, 439 p.
- LEBEL T. & ALI A. (2009) - Recent trends in the Central and Western Sahel rainfall regime (1990–2007), *Journal of Hydrology*, **375**(1–2), p. 52–64.
- LEBEL T., TAUPIN J.D. & D'AMATO N. (1997) - Rainfall monitoring during HAPEX-Sahel. 1. General rainfall conditions and climatology, *Journal of Hydrology*, **188–189**, p. 74–96.
- LEBEL T., DIEDHIOU A. & LAURENT H. (2003) - Seasonal cycle and interannual variability of the Sahelian rainfall at hydrological scales, *Journal of Geophysical Research*, **108**, p. 11 PP.
- LEBEL T., CAPPELAERE B., GALLE S., HANAN N., KERGOAT L., LEVIS S., VIEUX B., DESCROIX L., GOSSET M., MOUGIN E., PEUGEOT C. & SEGUI S. (2009) - AMMA-CATCH studies in the Sahelian region of West-Africa: An overview, *Journal of Hydrology*, **375**(1–2), p. 3–13.
- LEBLANC M.J., FAVREAU G., MASSUEL S., TWEED S.O., LOIREAU M. & CAPPELAERE B. (2008) - Land clearance and hydrological change in the Sahel: SW Niger, *Global and Planetary Change*, **61**(3-4), p. 135–150.
- LEBRUN J.P. & STORK A.L. (2008) - *Tropical african flowering plants. Ecology and distribution*, Fabaceae (Desmodium-Zornia) N°4, Genève : Conservatoire et jardins botaniques de la ville de Genève, 289 p.
- LEDUC C., FAVREAU G. & SCHROETER P. (2001) - Long-term rise in a Sahelian water-table: the Continental Terminal in South-West Niger, *Journal of Hydrology*, **243**(1-2), p. 43–54.
- LEJEUNE O., TLIDI M. & LEFEVER R. (2004) - Vegetation spots and stripes: Dissipative structures in arid landscapes, *International Journal of Quantum Chemistry*, **98**(2), p. 261–271.

- LEMMENS R.H.M.J. (2008) - *Haplormosia monophylla* (Harms) Harms, in : Louppe, D., Oteng-Amoako, A. A., & Brink, M. (eds), *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7(1). Bois d'oeuvre 1*, Leiden / Wageningen, Pays Bas : Backhuys Publishers / CTA, p. 347–349.
- LÉONARD J. & RAJOT J.L. (2001) - Influence of termites on runoff and infiltration: quantification and analysis, *Geoderma*, **104**(1–2), p. 17–40.
- DI LERNIA S. (2001) - Dismantling Dung: Delayed Use of Food Resources among Early Holocene Foragers of the Libyan Sahara, *Journal of Anthropological Archaeology*, **20**(4), p. 408–441.
- DI LERNIA S. (2002) - Dry climatic events and cultural trajectories: adjusting middle holocene pastoral economy of the libyan Sahara, in : Hassan, F. A. (ed), *Droughts, foods and culture: ecological change and food security in Africa's later prehistory*, New York : Klumer Academic / Plenum Publishers, p. 225–250.
- LEROUX M. (2000) - *La dynamique du temps et du climat*, 2e éd, Masson Sciences, Paris : Dunod, 367 p.
- LEROY M. (2001) - *La sidérurgie en Lorraine avant le haut fourneau. L'utilisation du minerai de fer oolithique en réduction directe*, Monographie du CRA, Paris : CNRS Editions, 305 p.
- LESPEZ L., LE DREZEN Y., GARNIER A., RASSE M., EICHHORN B., OZAINNE S., BALLOUCHE A., NEUMANN K. & HUYSECOM E. (2011) - High-resolution fluvial records of Holocene environmental changes in the Sahel: the Yamé River at Ounjougou (Mali, West Africa), *Quaternary Science Reviews*, **30**(5-6), p. 737–756.
- LEVEAU P., LIVET P. & PROVANSAL M. (2000) - Reconstruire des temporalités : la vallée des Baux, le temps des hommes et le temps l'environnement, in : Barrué-Pastor, M. & Bertrand, G. (eds), *Les temps de l'environnement*, Presses Universitaires du Mirail, Toulouse, p. 139–148.
- LÉZINE A.-M. (1988) - New pollen data from the Sahel, Senegal, *Review of Palaeobotany and Palynology*, **55**(1-3), p. 141–154.
- LÉZINE A.-M. (1989) - Late quaternary vegetation and climate of the Sahel, *Quaternary Research*, **32**(3), p. 317–334.
- LÉZINE A.-M. & CASANOVA J. (1989) - Pollen and hydrological evidence for the interpretation of past climates in tropical west Africa during the holocene, *Quaternary Science Reviews*, **8**(1), p. 45–55.
- LÉZINE A.-M. & HOOGHIEMSTRA H. (1990) - Land-sea comparisons during the last glacial-

interglacial transition: pollen records from West Tropical Africa, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **79**(3-4), p. 313–331.

LUMBILE A.U. & OAGILE O. (2008) - *Pericopsis angolensis* (Baker) Meeuwen, in : Louppe, D., Oteng-Amoako, A. A., & Brink, M. (eds), *Ressources végétales de l'Afrique tropicale 7(1). Bois d'oeuvre 1*, Leiden / Wageningen, Pays Bas : Backhuys Publishers / CTA, p. 475–478.

LUXEREAU A. (1983) - Métallurgie dans le Sahel nigérien : contraintes de l'écosystème, effet de la technique, l'exemple de la région de Maradi (Niger), in : Echard, N. (ed), *Métallurgies africaines. Nouvelles contributions*, mémoires de la société des africanistes, vol. 9, Paris : Société des africanistes, p. 225–236.

-M-

MACDONALD K.C. (1996) - The Windé Koroji Complex : Evidence for the peopling of the eastern inland Niger delta (2100-500 BC), in, Table ronde Les fleuves refuges africains. Hommes et climats à l'Holocène, Préhistoire anthropologie méditerranéennes, **5**, Aix en Provence : Laboratoire d'anthropologie et de préhistoire des pays de la Méditerranée occidentale, p. 147–165.

MACDONALD K.C. (1998) - Before the Empire of Ghana: Pastoralism and the origins of cultural complexity in the Sahel, in : Connah, G. (ed), *Transformations in Africa: Essays on Africa's later past*, Londres : Leicester University Press, p. 71–103.

MAGNAVITA S. (2009) - Sahelian Crossroads: some aspects on the iron age site of Kissi, Burkina Faso, in : Magnavita, S., Koté, L., Breunig, P., & Idé, O. A. (eds), *Crossroads, Cultural and technological developments in first millennium BC/AD West Africa.*, Journal of African Archaeology Monograph Series, vol. 2, Frankfort : AfricaMagna, p. 79–104.

MAHÉ G. & PATUREL J.-E. (2009) - 1896–2006 Sahelian annual rainfall variability and runoff increase of Sahelian Rivers, *Comptes Rendus Geoscience*, **341**(7), p. 538–546.

MAKASKE B., DE VRIES E., TAINTER J.A. & MCINTOSH R.J. (2007) - Aelian and fluviolacustrine landforms and prehistoric human occupation on a tectonically influenced floodplain margin, the Méma, central Mali, *Netherlands Journal of Geosciences*, **86**(3), p. 241–256.

MALEY J. (1981) - *Etudes palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30 000 ans à l'époque actuelle*, Travaux et documents de l'ORSTOM, Paris, 586 p.

- MALEY J. (1996) - Le cadre paléoenvironnemental des refuges forestiers africains: quelques données et hypothèses, in : van der Maesen, L. J. G., van der Burgt, X. M., & van Medenbach de Rooy, J. M. (eds), *The biodiversity of african plants*, Dordrecht / Boston / London : Kluwer Academic Publishers, p. 519–535.
- MALEY J. (1997) - Middle to late Holocene changes in tropical Africa and other continents : paleomonsoon and sea surface temperature variations, in, *Third millennium BC climate change and old world collapse*, NATO ASI Series I. Global Environment Change, vol. 49, Springer, p. 611–639.
- MALEY J. (2004) - Le bassin du lac Tchad au Quaternaire récent: formations sédimentaires, paléoenvironnements et préhistoire. la question des Paléotchads, in : Renault-Miskovsky, J. & Semah, A. M. (eds), *L'évolution de la Végétation depuis deux millions d'années*, Errance, Paris, p. 179–217.
- MALEY J., GIRESSE P., DOUMENGE C. & FAVIER C. (2012) - Comment on « Intensifying Weathering and Land Use in Iron Age Central Africa », *Science*, **337**(6098), p. 1040.
- MAMADOU I. (2012) - *La dynamique accélérée des koris de la région de Niamey et ses conséquences sur l'ensablement du fleuve Niger*, Thèse, Niamey : Université Abdou Moumouni, Université Paris 1, 290 p.
- MANNING K., PELLING R., HIGHAM T., SCHWENNIGER J.-L. & DORIAN Q.F. (2011) - 4500-Year old domesticated pearl millet (*Pennisetum glaucum*) from the Tilemsi Valley, Mali: new insights into an alternative cereal domestication pathway, *Journal of Archaeological Science*, **38**(2), p. 312–322.
- MARIOTTI A. (1991) - Le carbone 13 en abondance naturelle, traceur de la dynamique de la matière organique des sols et de l'évolution des paléoenvironnements continentaux, *Cahiers ORSTOM, série Pédologie*, **26**(4), p. 299–313.
- MARTINELLI B. (1993) - Fonderies ouest-africaines. Classement comparatif et tendances, *Techniques et culture*, **21**, p. 195–221.
- MAUNY R. (1949) - Etat actuel de nos connaissances sur la préhistoire de la colonie du Niger, *Bulletin de l'institut Français de l'Afrique Noire*, **11**(1-2), p. 141–158.
- MAUNY R. (1952) - Essai sur l'histoire des métaux en Afrique occidentale, *Bulletin de l'institut Français de l'Afrique Noire*, **24**(2), p. 545–595.
- MAUNY R. (1961) - *Tableau géographique de l'Ouest africain au Moyen Age d'après les sources écrites, la tradition et l'archéologie*, Mémoires de l'institut Français de l'Afrique Noire, Dakar, 587 p.

- MAYEWSKI P.A., ROHLING E.E., CURT STAGER J., KARLÉN W., MAASCH K.A., DAVID MEEKER L., MEYERSON E.A., GASSE F., VAN KREVELD S., HOLMGREN K., LEE-THORP J., ROSQVIST G., RACK F., STAUBWASSER M., SCHNEIDER R.R. & STEIG E.J. (2004) - Holocene climate variability, *Quaternary Research*, **62**(3), p. 243–255.
- MAYOR A. (2011) - *Traditions céramiques dans la boucle du Niger: ethnoarchéologie et histoire du peuplement au temps des empires précoloniaux*, Journal of African Archaeology Monograph Series, Frankfurt : Africa Magna Verlag, 353 p.
- McINTOSH R.J. (1998) - *The peoples of the middle Niger*, Wiley-Blackwell, The peoples of Africa, Parker Shipton, 384 p.
- McINTOSH R.J. & McINTOSH S.K. (1981) - The Inland Niger Delta before the Empire of Mali: Evidence from Jenne-Jeno, *The Journal of African History*, **22**(01), p. 1–22.
- McINTOSH S.K. & McINTOSH R.J. (1983) - Current Directions in West African Prehistory, *Annual Review of Anthropology*, **12**, p. 215–258.
- MEES F., VERSCHUREN D., NIJS R. & DUMONT H. (1991) - Holocene evolution of the crater lake at Malha, Northwest Sudan, *Journal of Paleolimnology*, **5**(3)
- MOLLIEN G.-T., BERTHIER P., EYRIÈS J.-B.B. & TARDIEU A. (1820) - *Voyage dans l'intérieur de l'Afrique : aux sources du Sénégal et de la Gambie, fait en 1818, par ordre du gouvernement français*, Paris : Imprimerie de Mme Ve Courcier, 319 p.
- MUXART T., VIVIEN F.-D., VILLALBA B. & BURNOUF J. (EDS). (2003) - *Des milieux et des hommes : fragments d'histoires croisées*, Elsevier, Paris, 214 p.

-N-

- NEUMANN K., EGGERT M.K.H., OSLISLY R., CLIST B., DENHAM T., MARET P. DE, OZAINNE S., HILDEBRAND E., BOSTOEN K., SALZMANN U., SCHWARTZ D., EICHHORN B., TCHIENGUÉ B. & HÖHN A. (2012) - Comment on « Intensifying Weathering and Land Use in Iron Age Central Africa », *Science*, **337**(6098), p. 1040.
- NGOMANDA A., CHEPSTOW-LUSTY A., MAKAYA M., SCHEVIN P., MALEY J., FONTUGNE M., OSLISLY R., RABENKOGO N. & JOLLY D. (2005) - Vegetation changes during the past 1300 years in western equatorial Africa: a high-resolution pollen record from Lake Kamalété, Lopé Reserve, Central Gabon, *The Holocene*, **15**(7), p. 1021–1031.
- NGOMANDA A., JOLLY D., BENTALEB I., CHEPSTOW-LUSTY A., MAKAYA M., MALEY J., FONTUGNE M., OSLISLY R. & RABENKOGO N. (2007) - Lowland rainforest response to hydrological changes during the last 1500 years in Gabon, Western Equatorial Africa, *Quaternary Research*, **67**(3), p. 411–425.

NGOMANDA A., NEUMANN K., SCHWEIZER A. & MALEY J. (2009) - Seasonality change and the third millennium BP rainforest crisis in southern Cameroon (Central Africa), *Quaternary Research*, **71**(3), p. 307–318.

NICHOLSON S.E. (1996) - A review of climate dynamics and climate variability in Eastern Africa, in : Johnson, T. C. & Odada, E. O. (eds), *The limnology, climatology and palaeoclimatology of the east African lakes*, Amsterdam : Gordon and Breach, p. 25–56.

NICHOLSON S.E. (2001) - A semi-quantitative, regional precipitation data set for studying African climates of the nineteenth century, Part I. Overview of the data set, *Climatic Change*, **50**(3), p. 317–353.

-O-

OGUNDIRAN A. (2005) - Four millennia of cultural history in Nigeria (ca. 2000 BC - AD 1900) : archaeological perspectives, *Journal of World Prehistory*, **19**, p. 133–168.

OKAFOR E.E. (1993) - New evidence on early iron-smelting from southeastern Nigeria, in : Shaw, T., Sinclair, P., Andah, B., & Okpoko, A. (eds), *The archaeology of Africa. Food, metals and towns*, One world archaeology, vol. 20, Londres : Routledge, p. 432–448.

OKAFOR E.E. (2002) - La réduction du fer dans les bas fourneaux, une industrie vieille de 2 500 ans au Nigéria, in : Bocoum, H. (ed), *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique : une ancienneté méconnue Afrique de l'Ouest et Afrique centrale*, Mémoires des Peuples, Paris : UNESCO, p. 35–48.

OKAFOR E.E. & PHILLIPS P. (1992) - New 14C ages from Nsukka, Nigeria, and the origins of african metallurgy, *Antiquity*, **66**(252), p. 686–688.

OLIVIER DE SARDAN J.-P. (1984) - *Les Sociétés songhay-zarma (Niger-Mali). Chefs, guerriers, esclaves, paysans...*, KARTHALA Editions, 316 p.

OULD KHATTAR M., GRÉBÉNART D. & VERNET R. (1994) - Les parcellaires préhistoriques du Tagant (Mauritanie), *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, **91**(6), p. 457–458.

OULD MOHAMED N., BAOUBA (2004) - Le site archéologique d'Azougui (Adrar mauritanien) : état des recherches, in : Bazzana, A. & Bocoum, H. (eds), *Du nord au sud du Sahara. Cinquante ans d'archéologie française en Afrique de l'ouest et au Maghreb*, Paris : Sépia, p. 149–153.

OZAINNE S. (2006) - Pulsations sahariennes et premiers cultivateurs : le Néolithique récent du plateau Dogon (3500-500 av. J.-C.), *Etudes maliennes*, **65**, p. 69–88.

OZAINNE S. (2013) - *Un Néolithique Ouest-Africain: Cadre Chrono-Culturel, économique et Environnemental de l'Holocène Récent en Pays dogon (Mali)*, Frankfort : Africa Magna Verlag, 307 p.

OZAINNE S., HUyseCOM E., BALLouCHE A. & RASSE M. (2004) - Le sites des Varves à Ounjougou (Mali): nouvelles données sur le peuplement néolithique des zones subsahariennes en Afrique de l'Ouest, in : Schneider, J., Roost Vischer, L., & Péclard, D. (eds), *Le forum suisse des africanistes 4*, Schweizerische Afrikastudien = Etudes africaines suisses N°4, Münster, Allemagne : Lit, p. 256–281.

OZER A. & OZER P. (2005) - Désertification au Sahel : Crise climatique ou anthropique ?, *Bulletin des Séances de l'Académie Royale des Siences d'Outre-Mer*, **51**(4), p. 395–423.

-P-

PARIS F. (1984) - *La région d'In Gall -Tegidda N Tesemt (Niger) : Programme Archéologique d'Urgence 1977-1981, Les sépultures du néolithique final à l'Islam*, Etudes Nigériennes, Niamey, 233 p.

PARIS F. (1992) - Chin Tafidet, village néolithique, *Journal des africanistes*, **62**(2), p. 33–53.

PARK M. (1799) - *Voyage dans l'intérieur de l'Afrique, fait en 1795, 1796, 1797, par M. Mungo Park envoyé par la Société d'Afrique établie à Londres*, Tavernier, Dente et Carteret, 406 p.

PASTOURET L., CHAMLEY H., DELIBRIAS G., DUPLESSY J.-C. & THIEDE J. (1978) - Late quaternary climatic changes in western tropical Africa deduced from deep-sea sedimentation of the Niger delta, *Oceanologica Acta*(1), p. 217–232.

PELET P.-L. (1993) - *Une industrie reconnue: fer, charbon, acier dans le Pays de Vaud*, Cahiers d'archéologie romande, ISSN 1021-1713 ; 60, Lausanne : Cahiers d'archéologie romande, 142 p.

PELZER C. & MAGNAVITA SANTOS S. (2000) - La nécropole de Kissi et ses implications historiques, *Berichte des Sonderforschungsbereichs 268*, **14**, p. 367–373.

PELZER C., VON CZERNIEWICZ M. & PETIT (2009) - De l'évènement à l'histoire structurelle : Oursi hu-beero, in : Magnavita, S., Koté, L., Breunig, P., & Idé, O. A. (eds), *Crossroads, Cultural and technological developments in first millennium BC/AD West Africa.*, Journal of African Archaeology Monograph Series, vol. 2, Frankfort : AfricaMagna, p. 213–222.

PETERSCHMITT E. (1991) - *Les couvertures ferrallitiques des Ghâts occidentaux (Inde du*

Sud) : caractères généraux sur l'escarpement et dégradation par hydromorphie sur le revers, Thèse, Nancy : Université de Nancy 1, 165 p.

PETIT C. (2006) - *Géoarchéologie et anthropisation de l'environnement*, HDR, Dijon : Université de Bourgogne, 150 p.

PETIT-MAIRE N. & RISER J. (EDS). (1983) - *Sahara ou Sahel? Quaternaire récent du bassin de Taoudeni*, CNRS, Marseille, 473 p.

PLEINER R. (2000) - *Iron in archaeology: the European bloomery smelters*, Archeologický ústav AVČR, 400 p.

POLE L.M. (1985) - Furnace design and the smelting operations, in : Haaland, R. & Shinnie, P. L. (eds), *African iron working*, Oslo : Norwegian University Press, p. 142–163.

PRINGLE H. (2009) - Seeking Africa's First Iron Men, *Science*, **323**(5911), p. 200 –202.

-Q-

QUÉCHON G. (2002) - Les datations de la métallurgie du fer à Termit (Niger) : leur fiabilité, leur signification, in : Bocoum, H. (ed), *Aux origines de la métallurgie du fer en Afrique : une ancienneté méconnue Afrique de l'Ouest et Afrique centrale*, Mémoires des Peuples, Paris : UNESCO, p. 105–114.

QUÉCHON G. & ROSET J.P. (1974) - Prospection archéologique du massif de Termit (Niger), *Cahiers ORSTOM*, **11**(1), p. 85–104.

QUÉZEL P. (1965) - *La végétation du Sahara : du Tchad à la Mauritanie*, Geobotanica selecta N°2, Stuttgart : G. Fischer, 333 p.

-R-

RAELI F. & HUYSECOM E. (2001) - Nouvelles hypothèses sur le peuplement de l'Afrique de l'Ouest au 8ème millénaire av. J.-C. : apport du gisement d'Ounjougou (mali), in : Droz, Y., Mayor, A., & Roost Vischer, L. (eds), *Partenariats Nord-Sud - Forschungspartnerschaften. Forum suisse des Africanistes*, Etudes africaines suisses, vol. 3, Münster : Lit Verlag, p. 305–321.

RAFFENEL A. (1846) - *Voyage dans l'Afrique occidentale ... exécuté en 1843 et 1844*, Paris : Arthus Bertrand, 530 p.

RAIMBAULT M. (1996) - L'impact de la dégradation climatique holocène sur les Néolithiques du Sahara malien et les données du faciès sahélien de Kobadi, in, Table ronde Les fleuves refuges africains. Hommes et climats à l'Holocène, Préhistoire anthropologie méditerranéennes, **5**, Aix en Provence : Laboratoire

- d'anthropologie et de préhistoire des pays de la Méditerranée occidentale, p. 135–146.
- RAIMBAULT M. & DUTOUR O. (1990) - Découverte de populations mechoïdes dans le néolithique du Sahel malien (gisement lacustre de Kobadi) ; implications paléoclimatiques et paléoanthropologiques, *Comptes rendus de l'Académie des sciences. Série 3, Sciences de la vie*, **310**(13), p. 631–638.
- RAIMBAULT M. & SANOGO K. (EDS). (1991) - *Recherches archéologiques au Mali: prospections et inventaire, fouilles et études analytiques en zone lacustre*, KARTHALA Editions, 550 p.
- REENBERG A., MAMAN I. & OKSEN P. (2013) - Twenty years of land use and livelihood changes in SE-Niger: Obsolete and short-sighted adaptation to climatic and demographic pressures?, *Journal of Arid Environments*, **94**, p. 47–58.
- REICHELT R. (1977) - Sur les aménagements hydrauliques anciens et récents dans le Gourma, Sahel tropical, République du Mali, *Sciences géologiques*, **30**(1), p. 19–31.
- RENDELL H.M., CLARKE M.L., WARREN A. & CHAPPELL A. (2003) - The timing of climbing dune formation in southwestern Niger: fluvio-aeolian interactions and the rôle of sand supply, *Quaternary Science Reviews*, **22**, p. 1059–1065.
- RITCHIE J.C., EYLES C.H. & HAYNES C.V. (1985) - Sediment and pollen evidence for an early to mid-Holocene humid period in the eastern Sahara, *Nature*, **314**(6009), p. 352–355.
- ROBERT-CHALEIX D. (1994) - Métallurgie du fer dans la moyenne vallée du Sénégal : les bas fourneaux de Silla, *Journal des africanistes*, **64**(2), p. 113–127.
- ROBERT-CHALEIX D. & SOGNANE M. (1983) - Une industrie métallurgique ancienne sur la rive mauritanienne du fleuve Sénégal, in : Echard, N. (ed), *Métallurgies africaines. Nouvelles contributions*, mémoire de la société des africanistes, vol. 9, Paris : Société des africanistes, p. 45–62.
- ROBERTS N., TAIEB M., BARKER P., DAMNATI B., ICOLE M. & WILLIAMSON D. (1993) - Timing of the Younger Dryas event in East Africa from lake-level changes, *Nature*, **366**(6451), p. 146–148.
- ROBERTSHAW P., MAGNAVITA S., WOOD M., MELCHIORRE E., POPELKA-FILCOFF R. & GASCOCK M.D. (2009) - Glass beads from Kissi (Burkina Faso): chemical analysis and archaeological interpretation, in : Magnavita, S., Koté, L., Breunig, P., & Idé, O. A. (eds), *Crossroads, Cultural and technological developments in first millennium*

- BC/AD West Africa.*, Journal of African Archaeology Monograph Series, vol. 2, Frankfort : AfricaMagna, p. 105–118.
- ROBION-BRUNNER C. (2010) - *Forgerons et sidérurgie en pays dogon. Vers une histoire de la production du fer sur le plateau de Bandiagara (Mali) durant les empires précoloniaux*, Africa Magna Verlag, Journal of African Archaeology Monograph Series, Frankfort, 167 p.
- ROGNON P. (1976) - Les oscillations du climat saharien depuis 40 millénaires, introduction à un vieux débat, *Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique*, **18**(2-3), p. 147–156.
- ROGNON P. (1980) - Une extension des déserts (Sahara et Moyen-Orient) au cours du Tardiglaciaire (18 000 - 10 000 ans BP), *Revue de Géologie Dynamique et de Géographie Physique*, **22**(4-5), p. 313–328.
- ROGNON P. (1991) - Les sécheresses au Sahel replacées dans l'évolution climatique des vingt derniers millénaires, *Sécheresse*, **2**(3), p. 199–210.
- ROGNON P. (1996) - Climatic change in the African deserts between 130 000 and 10 000 y BP, *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série II*, **323**(7), p. 549–561.
- ROSET J.P. (1982) - Tagalagal : un site à céramiques au Xe millénaire avant notre ère dans l'Aïr (Niger), *Comptes-rendus des séances de l'Académie des Inscriptions et Belles-Lettres*, **126**(3), p. 565–570.
- ROSET J.P. (1983) - Nouvelles données sur le problème de la néolithisation du Sahara méridional : Aïr et Ténéré, au Niger, *Cahiers ORSTOM, Série Géologie*, **13**(2), p. 119–142.
- ROSET J.P. (1987) - Néolithisation, Néolithique et post-Néolithique au Niger nord-oriental., *Bulletin de l'Association française pour l'étude du quaternaire*, **24**(4), p. 203–214.
- ROSSIGNOL-STRICK M. (1985) - Mediterranean Quaternary sapropels, an immediate response of the African monsoon to variation of insolation, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **49**(3-4), p. 237–263.
- ROUCH J. (1954) - *Les Songhay*, Editions L'Harmattan, 110 p.
- RUSSELL J., TALBOT M.R. & HASKELL B.J. (2003) - Mid-holocene climate change in Lake Bosumtwi, Ghana, *Quaternary Research*, **60**(2), p. 133–141.

-S-

- SAID R. (1993) - *The river Nile*, Pergamon, Oxford, 320 p.

- SALZMANN U. (1996) - Holocene vegetation history of the Sahelian zone of NE-Nigeria: preliminary results, *Palaeoecology of Africa*, **24**, p. 103–114.
- SALZMANN U. (2000) - Are modern savannas degraded forests?-A Holocene pollen record from the Sudanian vegetation zone of NE Nigeria, *Vegetation History and Archaeobotany*, **9**(1), p. 1–15.
- SALZMANN U. & WALLER M. (1998) - The Holocene vegetational history of the Nigerian Sahel based on multiple pollen profiles, *Review of Palaeobotany and Palynology*, **100**(1-2), p. 39–72.
- SALZMANN U. & HOELZMANN P. (2005) - The Dahomey Gap: an abrupt climatically induced rain forest fragmentation in West Africa during the late Holocene, *The Holocene*, **15**(2), p. 190 –199.
- SALZMANN U., HOELZMANN P. & MORCZINEK I. (2002) - Late Quaternary Climate and Vegetation of the Sudanian Zone of Northeast Nigeria, *Quaternary Research*, **58**(1), p. 73–83.
- SARNTHEIN M., TETZLAFF G., KOOPMANN B., WOLTER K. & PFLAUMANN U. (1981) - Glacial and interglacial wind regimes over the eastern subtropical atlantic and north-west Africa, *Nature*, **293**, p. 193–196.
- SARNTHEIN M., ERLLENKEUSER H. & ZAHN R. (1982) - Termination I: the response of continental climate in subtropics as recorded in deep-sea sediments, *Bulletin de l'Institut de Géologie du Bassin d'Aquitaine*(31), p. 393–407.
- SAVONNET G. (1986) - Le paysan Gan et l'archéologue ou inventaire partiel des ruines de pierres du pays Lobi-Gan (Burkina et Côte d'Ivoire), *Cahier ORSTOM, série Sciences Humaines*, **22**(1), p. 57–82.
- SCHMIDT P.R. (1997) - *Iron technology in East Africa: symbolism, science and archaeology*, Bloomington : University of Indiana Press, 344 p.
- SCHULZ E. (1991) - Holocene environments in the central Sahara, *Hydrobiologia*, **214**(1), p. 359–365.
- SCHWARTZ D. (1992) - Assèchement climatique vers 3000 BP et expansion Bantu en Afrique centrale atlantique. quelques réflexions, *Bulletin de la Société géologique de France*, **163**(3), p. 353–361.
- SEBAG D., DISNAR J.R., GUILLET B., DI GIOVANNI C., VERRECCHIA E.P. & DURAND A. (2006) - Monitoring organic matter dynamics in soil profiles by 'Rock-Eval pyrolysis': bulk characterization and quantification of degradation, *European Journal of Soil Science*, **57**(3), p. 344–355.

- SELLIER J. (2005) - *Atlas des peuples d'Afrique*, Paris : La découverte, 208 p.
- SERENO P.C., GARCEA E.A.A., JOUSSE H., STOJANOWSKI C.M., SALIÈGE J.-F., MAGA A., IDE O.A., KNUDSON K.J., MERCURI A.M., STAFFORD T.W., KAYE T.G., GIRAUDI C., N'SIALA I.M., COCCA E., MOOTS H.M., DUTHEIL D.B. & STIVERS J.P. (2008) - Lakeside Cemeteries in the Sahara: 5000 Years of Holocene Population and Environmental Change, *PLoS ONE*, **3**(8), p. 1–22.
- SERNEELS V. (1993) - *Archéométrie des scories de fer: recherches sur la sidérurgie ancienne en Suisse occidentale*, Cahiers d'archéologie romande N°61, Lausanne, 240 p.
- SERNEELS V. (1998) - La chaîne opératoire de la sidérurgie ancienne, in : Feugère, M. & Serneels, V. (eds), *Recherches sur l'économie du fer en Méditerranée nord-occidentale*, Editions Monique Mergoïl, Monographies instrumentum, vol. 4, p. 7–44.
- SERVANT M. (1973) - *Séquences continentales et variations climatiques : évolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur*, Paris, 348 p.
- SERVANT M. (1983) - *Séquences continentales et variations climatiques : évolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur*, Travaux et Documents de l'ORSTOM N°159, Paris : ORSTOM, 573 p.
- SERVANT M. & SERVANT-VILDARY S. (1980) - L'environnement Quaternaire du bassin du Tchad, in : Williams, M. A. J. & Faure, H. (eds), *The Sahara and the Nile, quaternary environments and prehistoric occupation in northern Africa*, Balkema, Rotterdam, p. 133–162.
- SERVAT E., PATUREL J.-E., KOUAME B., TRAVAGLIO M., OUEDRAOGO M., BOYER J.-F., LUBES-NIEL H., FRITSCH J.-M., MASSON J.-M. & MARIEU B. (1998) - Identification, caractérisation et conséquences d'une variabilité hydrologique en Afrique de l'Ouest et Centrale, in, Servat, E., Hughes, D., Fritsch, J.-M., & Hulme, M. (eds), *Water resources variability in Africa during the XXth century*, Proceedings of the Abidjan'98 Conference, **252**, Abidjan, Côte d'Ivoire : International Association of Hydrological Sciences, p. 323–337.
- SHANAHAN T.M., OVERPECK J.T., WHEELER C.W., BECK J.W., PIGATI J.S., TALBOT M.R., SCHOLZ C.A., PECK J. & KING J.W. (2006) - Paleoclimatic variations in West Africa from a record of late Pleistocene and Holocene lake level stands of Lake Bosumtwi, Ghana, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **242**(3-4), p. 287–302.

- SHANAHAN T.M., OVERPECK J.T., ANCHUKAITIS K.J., BECK J.W., COLE J.E., DETTMAN D.L., PECK J.A., SCHOLZ C.A. & KING J.W. (2009) - Atlantic forcing of Persistent Drought in West Africa, *Science*, **324**(5925), p. 377–380.
- SHAW T., SINCLAIR P., ANDAH B. & OKPOKO A. (EDS). (1993) - *The archaeology of Africa. Food, metals and towns*, One world archaeology, Londres : Routledge, 857 p.
- SHI N., DUPONT L.M., BEUG H.-J. & SCHNEIDER R. (1998) - Vegetation and climate changes during the last 21 000 years in S.W. Africa based on a marine pollen record, *Vegetation History and Archaeobotany*, **7**(3), p. 127–140.
- SIDIBÉ S. (2000) - Sépultures et rites funéraires (Mali), in : Vernet, R. (ed), *L'archéologie en Afrique de l'Ouest : Sahara et Sahel*, Nouakchott/Saint Maur : CRIAA/Sépia, p. 101–106.
- SINCLAIR P., SHAW T. & ANDAH B. (1993) - Introduction, in : Shaw, T., Sinclair, P., Andah, B., & Okpoko, A. (eds), *The archaeology of Africa. Food, metals and towns*, One world archaeology, vol. 20, Londres : Routledge, p. 1–31.
- SMITH A.B. (1974) - Preliminary report of excavations at Karkarichinkat nord and Karkarichinkat sud, Tilemsi valley, Republic of Mali, *West African Journal of Archaeology*, **4**, p. 33–55.
- SOMBROEK W.G. & ZONNEVELD I.S. (1971) - *Ancient dune fields and fluvial deposits in the Rima-Sokoto river basin (N.W. Nigeria): Geomorphologic phenomena in relation to Quaternary changes in climate at the southern edge of the Sahara*, Soil Survey Papers, Wageningen : Soil Survey Institute, 109 p.
- STAHL A.B. (ED). (2005) - *African archaeology : a critical introduction*, Blackwell studies in global archaeology, Malden : Blackwell Publishing, 490 p.
- STREET F.A. & GROVE A.T. (1976) - Environmental and climatic implications of late Quaternary lake-level fluctuations in Africa, *Nature*, **261**(5559), p. 385–390.
- STREET-PERROTT F.A. & PERROTT R.A. (1990) - Abrupt climate fluctuations in the tropics: the influence of Atlantic Ocean circulation, *Nature*, **343**(6259), p. 607–612.
- STREET-PERROTT F.A. & PERROTT R.A. (1993) - Holocene vegetation, lakes levels and climate of Africa, in : Wright, H. E., Kutzbach, J. E., Webb III, T., Ruddiman, W. F., Street-Perrott, F. A., & Bartlein, P. (eds), *Global climates since the last glacial maximum*, University of Minnesota Press, Minneapolis, p. 318–356.
- STREET-PERROTT F.A., HOLMES J.A., WALLER M.P., ALLEN M.J., BARBER N.G.H., FOTHERGILL P.A., HARKNESS D.D., IVANOVICH M., KROON D. & PERROTT R.A. (2000) - Drought and dust deposition in the West African Sahel: a 5500-year record from Kajamarum

Oasis, northeastern Nigeria, *The Holocene*, **10**(3), p. 293–302.

STUTE M. & TALMA S. (1998) - Glacial temperatures and moisture transport regimes reconstructed from noble gas and deltaO18, Stampriet aquifer, Namibia, in, *Isotope techniques in the study of past and current environmental changes in the hydrosphere and the atmosphere*, Proceedings of Vienna Symposium, **SM-349/53**, International Atomic Energy Agency, Vienne, p. 307–328.

SUTTON J.E.G. (1985) - Temporal and spatial variability in African iron furnaces, in : Haaland, R. & Shinnie, P. L. (eds), *African iron working*, Oslo : Norwegian University Press, p. 164–191.

SWEZEY C. (2001) - Eolian sediment responses to late Quaternary climate changes: temporal and spatial patterns in the Sahara, *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **167**(1-2), p. 119–155.

-T-

TALBOT M.R. (1980) - Environmental responses to climatic change in the west african Sahel over the past 20 000 years, in : Williams, M. A. J. & Martin, A. J. (eds), *The Sahara and the Nile, quaternary environments and prehistoric occupation in northern Africa*, Balkema, Rotterdam, p. 37–62.

TALBOT M.R. & LAERDAL T. (2000) - The Late Pleistocene - Holocene palaeolimnology of Lake Victoria, East Africa, based upon elemental and isotopic analyses of sedimentary organic matter, *Journal of paleolimnology*, **23**(2), p. 141–164.

TALBOT M.R., LIVINGSTONE D.A., PALMER P.G., MALEY J., MELACK J.M., DELIBRIAS G. & GULLIKSEN S. (1984) - Preliminary results from sediment cores from lake Bosumtwi, Ghana, *Palaeoecology of Africa*, **16**, p. 173–192.

TEHET R., GASSE F., DURAND A., SCHROETER P. & FONTES J.-C. (1990) - Fluctuations climatiques du Tardiglaciaire à l'actuel au Sahel (Bougdoma, Niger Méridional), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, Série II*, **311**, p. 253–258.

TESTART A. (2003) - Propriété et non-propriété de la terre L'illusion de la propriété collective archaïque (Première partie), *Etudes rurales*(165-166), p. 209–242.

THIAW W.M., KOUSKY J.V. & KUMAR V. (1998) - Atmospheric circulation associated with recent Sahelian hydrologic anomalies, in, Servat, E., Hughes, D., Fritsch, J.-M., & Hulme, M. (eds), *Water resources variability in Africa during the XXth century*, Proceedings of the Abidjan'98 Conference, **252**, Abidjan, Côte d'Ivoire : International Association of Hydrological Sciences, p. 63–67.

THIERY J.M., D'HERBES J.-M. & VALENTIN C. (1995) - A Model Simulating the Genesis of

Banded Vegetation Patterns in Niger, *Journal of Ecology*, **83**(3), p. 497–507.

THOMASSEY P. & MAUNY R. (1951) - Campagne de fouilles à Koumbi Saleh, *Bulletin de l'institut Français de l'Afrique Noire, série B*, **13**, p. 438–462.

TURCONI C. (1997) - The map of Bedolina in the context of the rock art of Valcamonica, *TRACCE On line Rock Art Bulletin*, **9**, p. www.rupestre.net/tracce/TURCONI.html.

TYLECOTE R.F. (1987) - *The early history of metallurgy in Europe*, Longman, Longman Archaeology Series, Londres, New York, 391 p.

TYLECOTE R.F. (1992) - *A history of metallurgy*, Londres : Institute of Materials, 205 p.

-U-

USOSKIN I.G., SOLANKI S.K. & KOVALTSOV G.A. (2008) - Grand minima and maxima of solar activity: New observational constraints, *Astronomy et Astrophysics*(7704), p. 301–309.

-V-

VALENTIN C. & BRESSON L.-M. (1992) - Morphology, genesis and classification of surface crusts in loamy and sandy soils, *Geoderma*, **55**(3–4), p. 225–245.

VALENTIN C. & D' HERBÈS J.M. (1999) - Niger tiger bush as a natural water harvesting system, *CATENA*, **37**(1-2), p. 231–256.

VALENTIN C., D' HERBÈS J.-M. & POESEN J. (1999) - Soil and water components of banded vegetation patterns, *CATENA*, **37**(1-2), p. 1–24.

VERHEYE W. H. (1990) - Une approche agropédologique de la désertification, *Sécheresse*, **1**(2), p. 94–97.

VERNET R. (1994) - La préhistoire de la vallée de la Mekrou (Niger Méridional), *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, **91**(3), p. 200–208.

VERNET R. (1995) - *Climats anciens du nord de l'Afrique*, Editions L'Harmattan, 192 p.

VERNET R. (1996) - *Le sud ouest du Niger: de la Préhistoire au début de l'histoire*, Etudes Nigériennes N°56, Niamey, Paris : IRSH, SEPIA, 294 p.

VERNET R. (ED). (2000) - *L'archéologie en Afrique de l'Ouest : Sahara et Sahel*, Nouakchott/Saint Maur : CRIAA/SépiA, 323 p.

VERSCHUREN D. (2004) - Decadal and century-scale climate variability in tropical Africa during the past 2000 years, in : Battarbee, R. W., Gasse, F., & Stickley, C. E. (eds), *Past Climate Variability through Europe and Africa*, Springer, Developments in paleoenvironmental research, vol. 6, p. 139–158.

- VINCENS A., SCHWARTZ D., BERTAUX J., ELENGA H. & DE NAMUR C. (1998) - Late Holocene Climatic Changes in Western Equatorial Africa Inferred from Pollen from Lake Sinnda, Southern Congo, *Quaternary Research*, **50**(1), p. 34–45.
- VINCENS A., SCHWARTZ D., ELENGA H., REYNAUD-FARRERA I., ALEXANDRE A., BERTAUX J., MARIOTTI A., MARTIN L., MEUNIER J., NGUETSOP F., SERVANT M., SERVANT-VILDARY S. & WIRRMANN D. (1999) - Forest response to climate changes in Atlantic Equatorial Africa during the last 4000 years BP and inheritance on the modern landscapes, *Journal of Biogeography*, **26**(4), p. 879–885.
- VINCENS A., BUCHET G., SERVANT M. & ECOFIT MBALANG COLLABORATORS (2010) - Vegetation response to the « African Humid Period » termination in Central Cameroon (7° N) – new pollen insight from Lake Mbalang, *Climate of the Past*, **6**(3), p. 281–294.
- VOGELSANG R., ALBERT K.D. & KAHLHEBER S. (1999) - Le sable savant: les cordons dunaires sahéliens au Burkina Faso comme archive archéologique et paléocéologique du Holocène, *Sahara*, **11**, p. 51–68.

-W-

- WALLER M.P., STREET-PERROTT F.A. & WANG H. (2007) - Holocene vegetation history of the Sahel: pollen, sedimentological and geochemical data from Jikariya Lake, north-eastern Nigeria, *Journal of Biogeography*, **34**(9), p. 1575–1590.
- WANG G. & ELTAHIR E.A.B. (2000) - Ecosystem dynamics and the Sahel drought, *Geophysical Research Letters*, **27**(6), p. 795–798.
- WARD J.H. (1963) - Hierarchical grouping to optimize and objective function, *Journal of the American Statistical Association*, **58**, p. 238–244.
- WASYLIKOWA K. & DAHLBERG J. (1999) - Sorghum in the economy of the early Neolithic nomadic tribes at Nabta Playa, Southern Egypt, in : Van Der Veen, M. (ed), *The Exploitation of Plant Resources in Ancient Africa*, New York : Klumer Academic / Plenum Publishers, p. 11–31.
- WEBSTER J.B. (1979) - Noi! Noi! Famines as an aid to Interlacustrine chronology, in : Webster, J. B. (ed), *Chronology, Migration, and Drought in Interlacustrine Africa*, Longman and Dalhousie University Press, Londres, p. 1–37.
- WELDEAB S., LEA D.W., SCHNEIDER R.R. & ANDERSEN N. (2007) - 155,000 Years of West African Monsoon and Ocean Thermal Evolution, *Science*, **316**(5829), p. 1303–1307.
- WHITE F. (1986) - *La végétation de l'Afrique*, 1er édition anglaise (1981), recherches sur les ressources naturelles N°20, Paris : ORSTOM/UNESCO/AETFAT/UNSO,

384 p.

WILLEMS L., POUCKET A., LENOIR F. & VICAT J.P. (1996) - Phénomènes karstiques en milieux non-carbonatés. Etude de cavités et problématique de leur développement au Niger Occidental, *Zeitschrift fuer Geomorphologie*, **103**, p. 193–214.

WILLIAMS M.A.J. & FAURE H. (EDS). (1980) - *The Sahara and the Nile : quaternary environments and prehistoric occupation in Northern Africa*, Rotterdam : Balkema, 607 p.

WOTZKA H.P. & GOEDICKE C. (EDS). (2001) - Thermoluminescence dates on Late Stone Age and later ceramics from Tapoa Province (Southeastern Burkina Faso) and Konduga (Borno, northeastern Nigeria), *Beiträge zur allgemeinen und vergleichenden Archäologie*, **21**, p. 75–126.

-Z-

ZAHN C.T. (1971) - Graph-Theoretical Methods for Detecting and Describing Gestalt Clusters, *IEEE Transactions on Computers*, **C-20**(1), p. 68– 86.

ZANGATO E. (2008) - *Les Ateliers d'Oboui : Premières communautés métallurgistes dans le nord-ouest du Centrafrique*, Editions Recherche sur les Civilisations, 149 p.

ZANGATO E. & HOLL A.F.C. (2010) - On the iron front : new evidence from North-Central Africa, *Journal of African Archaeology*, **8**(1), p. 7–23.

ZANINETTI J.-M. (2005) - *Statistique spatiale: Méthodes et applications géomatiques*, Lavoisier, Paris, 320 p.

DE ZELTNER F. (1907) - Notes sur le préhistorique soudanais, *L'Anthropologie*, **18**, p. 535–548.

Table des matières

<i>Avant-propos et remerciements</i>	5
<i>Résumé</i>	9
<i>Abstract</i>	11
<i>Sommaire</i>	13
<i>Introduction générale</i>	17
1. Problématique socio-environnementale	17
2. Origine et historique du sujet de recherche	20
3. Structure de la thèse	22
I APPROCHE GÉOARCHÉOLOGIQUE DES SOCIÉTÉS SAHÉLIENNES DANS LEUR CONTEXTE ENVIRONNEMENTAL : ÉTAT DES LIEUX ET MÉTHODOLOGIE	23
1 <i>Le contexte environnemental des peuples sahéliens ouest-africains</i>	25
1. Cadre géographique	25
2. Contexte géopolitique, ethnique et démographique	29
3. Géologie du Sud-ouest du Niger	31
4. Contexte géomorphologique	37
4.1 Généralités	37
4.2 Structuration géomorphologique des plateaux	37
4.3 Les dépôts sableux.....	37
4.4 Les terrasses alluviales du fleuve Niger aux abords de Niamey selon Dubois <i>et al.</i> (1984).....	40
4.5 Essai de corrélation géomorphologique entre la vallée du fleuve et les vallées sèches	41
5. Climat et végétation actuels	43
5.1 Mécanisme climatique	43
5.2 Les formations phytoécologiques ouest-africaines.....	45

5.3	Les domaines écoclimatiques	45
5.4	Cadre régional : le Sahel	47
5.4.1	Définition.....	47
5.4.2	Caractéristiques générales.....	47
5.4.3	Couverture végétale et état de surface	49
5.4.4	La brousse tigrée.....	51
5.4.5	Dynamique actuelle des états de surface.....	53
5.4.6	Dispositif de lutte contre l'érosion : les demi-lunes et les agrafes	54
6.	L'eau : un élément vital au cœur du Sahel	55
6.1	Le fleuve Niger	55
6.2	Les paléo-rivières	57
6.2.1	Les Dallols	57
6.2.2	Le Kori de Ouallam.....	57
6.2.3	Lacs et points d'eau.....	59
6.3	Conséquences des changements environnementaux récents.....	60
6.3.1	Évolution de l'hydrologie du fleuve Niger	60
6.3.2	Extension des réseaux hydrographiques	60
6.3.3	Variabilité de la nappe phréatique : le paradoxe de Niamey	60
7.	Présentation des sites d'étude.....	61
2	<i>Dynamique sociétale en Afrique de l'Ouest.....</i>	65
1.	Brève histoire de l'archéologie ouest-africaine.....	65
1.1	Les précurseurs.....	65
1.2	Le Sud-ouest du Niger : synthèses et état des lieux de la recherche archéologique	67
1.3	Les études paléoenvironnementales sahélo-sahariennes	69
2.	Le Néolithique du Sud-ouest du Niger dans le contexte africain.....	70
2.1	Apparition du Néolithique	70
2.2	Le Néolithique au sud du Sahara	72
2.2.1	Données générales	72
2.2.2	Les sites dunaires du nord de la région du Sud-ouest du Niger.....	74
2.2.3	Les sites de la vallée du fleuve Niger et de ses affluents.....	75
2.2.3.1	Kirkissoy	76
2.2.3.2	Les affluents : de la Sirba à la vallée de la Mekrou	78
3.	L'Âge du fer	80
3.1	Les nouvelles sociétés de l'Âge du fer	80

3.1.1	Le début de la métallurgie	80
3.1.2	Contexte sociétal (1000 BC – 1900 AD).....	83
3.1.2.1	Bref historique	83
3.1.2.2	Les sites d’habitat et les structures défensives	85
3.1.2.3	Les pratiques funéraires	88
3.1.2.4	Première esquisse des zones culturelles dans la vallée moyenne du Niger.....	91
3.2	La production du fer.....	93
3.2.1	Généralités	93
3.2.2	Le processus de réduction	95
3.2.3	Les bas fourneaux à usage multiple ou permanents.....	97
3.2.4	Les bas fourneaux à usage unique	99
4.	L’empire Songhay et la période précoloniale : 15^e-19^e siècles.....	101

3 *Données paléoenvironnementales et variations paléoclimatiques depuis le dernier maximum glaciaire..... 105*

1.	Introduction	105
2.	Des phases climatiques arides	108
3.	Le « Sahara vert », la Période Humide Africaine (14 500 – 5 500 cal BP).....	109
3.1	Un shift climatique majeur	109
3.2	Le Dryas récent (12 800 - 11 500 cal BP)	109
3.3	L’Holocène ancien (11 500 - 10 500 cal BP)	110
3.4	Le début de l’Holocène moyen (10 500-5 500 cal BP).....	110
3.4.1	L’événement 8 200 cal BP.....	111
3.4.2	Un maximum lacustre contrasté	111
4.	Fin de la Période Humide Africaine 5 500 – 3 000 cal BP.....	113
4.1	Un changement climatique global, mais spatialement différencié.....	113
4.2	Maximum d’aridité à la fin de l’Holocène moyen entre 4 200 et 3 500 cal BP.....	114
4.3	Le retour à une phase humide vers 3 500 cal BP ?	115
5.	Mise en place du climat actuel à partir de 3 000 cal BP.....	115
5.1	Une mosaïque de paysages.....	115
5.2	L’instabilité climatique du deuxième millénaire.....	117
5.3	1800 AD – 2000 AD : des taux de précipitations hétérogènes et une pression anthropique croissante.....	119
6.	Conclusions	121

4 Les relations sociétés - Sahel dans la région du Sud-ouest du Niger ... 123

1. La démarche adoptée	123
2. Méthodes générales	125
2.1 Les données archéologiques.....	125
2.2 Cartographie et analyse spatiale	125
2.3 Paléoenvironnement et géosciences.....	126
2.4 Datations	127
3. Orientation du plan	127

II DYNAMIQUE SOCIO-ENVIRONNEMENTALE DU NÉOLITHIQUE

DANS LA RÉGION DE NIAMEY.....	131
-------------------------------	-----

Introduction	133
---------------------------	------------

5 Kirkissoy et son environnement..... 135

1. Contexte géographique	135
2. Contexte archéologique	135
2.1 Les premiers travaux	135
2.2 De nouvelles observations	135
3. Le site et le fleuve Niger	137
3.1 La coupe de Kirkissoy-Soumana.....	137
3.1.1 Description sédimentologique	137
3.1.2 Interprétations et datations	141
3.1.3 Essai de reconstitution diachronique des occupations du fleuve Niger.....	143
3.2 Étude de l'élément monoxyle	143
3.2.1 Contexte de la découverte.....	143
3.2.2 Description.....	143
3.2.3 Identification xylologique	145
3.2.3.1 Détermination	145
3.2.3.2 <i>Pericopsis elata</i>	145
3.2.3.3 <i>Pericopsis angolensis</i>	145
3.2.3.4 <i>Pericopsis laxiflora</i>	146
3.2.4 Bois flotté ou pirogue ?.....	146
4. Conclusions	148

6 De nouveaux sites néolithiques dans la vallée du fleuve Niger 149

1. Introduction.....	149
2. Le Néolithique dans les bassins versants de Saga Gorou.....	149
2.1 Tondi Gamey	149
2.1.1 Contexte géographique	149
2.1.2 Un site stratifié.....	149
2.1.2.1 Données stratigraphiques	149
2.1.2.2 Une longue occupation.....	151
2.1.2.3 Une stratigraphie témoin d'une occupation cyclique	155
2.1.3 Une fosse isolée	157
2.1.4 Un enregistrement sédimentaire incomplet.....	159
2.2 Le pourtour du plateau nord du bassin versant.....	159
2.2.1 Prospections.....	159
2.2.2 Des datations isolées	161
3. L'île de Boubon	163
3.1 Contexte géographique	163
3.2 Des meules et des polissoirs.....	163
3.3 Bilan d'une première étude sédimentaire	165

7 Bilan diachronique du Néolithique dans les environs de Niamey..... 167

1. Avant 1750 cal BC, une région très peu peuplée.....	167
2. 1750 - 1000 cal BC, une occupation néolithique dense	167
2.1 Un matériel archéologique abondant.....	167
2.2 Des campements temporaires.....	169
2.3 Des installations durables.....	169
2.4 L'attrait du fleuve Niger.....	171
3. Le 1^{er} millénaire avant notre ère : une période de transition floue	172

III LES SOCIÉTÉS DE L'ÂGE DU FER DANS LEUR CADRE ENVIRONNEMENTAL DEPUIS LE PREMIER SIÈCLE DE NOTRE ÈRE..... 175

Introduction..... 177

8 Des sites d'habitat contemporains de l'activité de métallurgie du fer... 179

1. Des artefacts archéologiques abondants découverts en prospection	179
----------------------------------------------------------------------------------	------------

2. Localisation et contexte archéologique	179
2.1 Saga Gorou	179
2.2 Garbel Zeeno.....	181
2.3 Tondi gamey	181
2.4 Louguel Zeeno.....	181
3. Le mobilier céramique.....	183
3.1 Une grande variété d'objets.....	183
3.2 La vaisselle céramique	185
3.2.1 Les anses	185
3.2.2 Les cols hauts.....	185
3.2.3 Les bords fermés.....	185
3.2.4 Les bords ouverts.....	185
3.2.5 Les bords droits.....	189
3.2.6 Les décors	189
3.3 Les objets céramiques artisanaux et rituels	191
3.3.1 La statuaire anthropomorphe et zoomorphe	195
4. Le mobilier métallique.....	197
4.1 Un corpus réduit, mais représentatif des activités économiques de la région.....	197
4.2 Lances et flèches.....	197
4.3 Harpons	199
4.4 Tiges et poinçons.....	201
4.5 Outils de coupe.....	201
4.6 Plaques.....	201
4.7 Aiguilles et épingle.....	203
4.8 Anneaux	203
4.8.1 Bracelets.....	203
4.8.2 Bagues, perles et autres.....	204
4.9 Divers	204
5. Conclusion	205
9 Les sites sidérurgiques	207
1. Introduction.....	207
2. Recensement des bas fourneaux.....	207
2.1 Méthode : prospections pédestres à l'échelle régionale.....	207
2.2 Résultats : une multitude de bas fourneaux	213
3. Le corpus archéologique	215

3.1	Du minerai, des déchets de réduction et de la terre cuite	215
3.2	Méthodes : description macroscopique, section polie et observation au MEB.....	215
3.3	Le minerai	217
3.4	Les scories	217
3.4.1	Généralités	217
3.4.2	Morphologie et analyse métallographique.....	219
3.4.2.1	Scorie interne et scorie écoulée	219
3.4.2.2	Les scories internes	219
3.4.2.3	Les scories écoulées	221
3.5	Les structures	227
3.5.1	Généralités	227
3.5.2	Les cuves	227
3.5.3	Les tuyères.....	227
3.5.4	La cheminée	229
3.6	Quels types de bas fourneaux ?	229
4.	Les bas fourneaux : sondages archéologiques, étude typologique et datations ...	229
4.1	Description des bas fourneaux	229
4.1.1	Un premier critère typologique	229
4.1.2	Les bas fourneaux de type scorie piégée.....	231
4.1.3	Les bas fourneaux de type scorie coulée	235
4.1.4	Autres bas fourneaux	239
4.2	Discussions	243
4.2.1	Une grande variété de bas fourneaux	243
4.2.2	Les bas fourneaux de type scorie piégée (SPxx).....	243
4.2.3	Les bas fourneaux de type scorie coulée (SCxx).....	245
4.2.4	Bas fourneau à usage multiple	247
4.2.5	Conclusion.....	249
4.3	Hypothèse de construction et de fonctionnement	249
4.3.1	Bas fourneaux à scorie piégée en fond de four (SPff).....	249
4.3.2	Bas fourneaux à scorie piégée en anneau (SPa).....	251
4.3.3	Bas fourneaux à scorie piégée en entonnoir (SPE).....	251
4.3.4	Bas fourneaux à scorie coulée latérale (SCI)	253
4.3.5	Bas fourneaux à scorie coulée par égouttage (SCe).....	255
4.3.6	Bas fourneaux à scorie coulée de petit volume (SCpv).....	257
4.4	Datations	257
4.4.1	Représentativité et limites	257
4.4.2	Bassin de Saga Gorou	259

4.4.3	Les autres régions	261
4.5	1500 ans de métallurgie discontinue	263
5.	Analyse spatiale des bas fourneaux à l'échelle du bassin versant	265
5.1	Introduction	265
5.2	Répartition spatiale vs unités de surface	265
5.2.1	Cartographie des unités de surface	265
5.2.2	Résultats	267
5.3	Organisation spatiale des ensembles métallurgiques	269
5.3.1	Des regroupements de bas fourneaux	269
5.3.2	Méthodes	269
5.3.2.1	La fonction K de Ripley	269
5.3.2.2	L'analyse de densité par la méthode du noyau	269
5.3.3	Résultats	269
5.4	Discussion	271
6.	Analyse spatiale de deux fortes concentrations	272
6.1	Les sites de Bilfouda et de Garbel	272
6.2	Méthodes	273
6.2.1	Géoréférencement	273
6.2.2	La classification ascendante hiérarchique selon la méthode de Ward	273
6.2.3	La Méthode des k-moyennes	275
6.2.4	L'arbre couvrant de poids minimum	275
6.3	Résultats	275
6.3.1	Le site de Bilfouda	275
6.3.2	Le site de Garbel	279
6.4	Discussions	279
6.4.1	Organisation spatiale multiscalaire	279
6.4.2	Organisation des batteries	282
7.	Une production locale du fer	285
10	<i>Un parcellaire ancien aménagé sur les plateaux de Louguet</i>	287
1.	Introduction	287
2.	Cadre géographique et localisation	289
3.	Un sol et des structures de pierres sèches	289
3.1	Caractéristiques pédologiques et morphologiques	289
3.2	Un horizon anthropique ?	293
4.	Utilisation des sols : essai de détermination par dosage du ¹³ C	295

4.1	Le carbone dans les plantes.....	295
4.2	Hypothèse et stratégie d'échantillonnage.....	296
4.3	Résultats et discussions	297
4.4	Conclusion.....	298
5.	Organisation spatiale des structures de pierres	299
5.1	Méthode.....	299
5.2	Résultats.....	301
5.3	Discussions	307
5.3.1	Mise en place d'un parcellaire	307
5.3.2	Fonctionnement du parcellaire	308
5.3.3	Exemples de parcellaires européens	309
5.3.4	Et les tas d'épierrement ?.....	310
6.	Érosion des talus.....	311
7.	Conclusion	313
11	<i>Archives sédimentaires : Etude de la séquence de Tondi Gamey</i>	315
1.	Introduction.....	315
2.	Le complexe limnique de Saga Gorou.....	316
3.	Méthodes	317
3.1	Prélèvement sédimentaire et ré-échantillonnage	317
3.2	Les analyses réalisées	317
4.	Résultats.....	319
4.1	Lithologie, granulométrie et susceptibilité magnétique.....	319
4.2	Datations et taux de sédimentation	319
4.3	La fraction organique.....	321
5.	Discussions	323
5.1	Un mise en eau jusqu'à la fin du 1 ^{er} millénaire AD	323
5.2	Après l'an 1000, un milieu instable.....	324
6.	Conclusion	325
12	<i>Evolution de l'anthroposystème de la vallée du Niger dans les environs de Niamey au cours de l'Âge du Fer.....</i>	327
1.	Du néolithique à l'Âge du fer	327
2.	300-1400 AD : une période et une région marquées par la métallurgie du fer.....	329
2.1	Des métallurgistes au savoir-faire multiple.....	329

2.2 La métallurgie, un facteur de développement agricole.....	330
2.3 Un paysage modifié et des sols érodés.....	330
3. L'empire songhay	332
4. La chute de l'empire et la période précoloniale.....	333
5. Du 19^e siècle à 1950 : un territoire nouvellement conquis.....	333
6. 1950-2010 : une pression anthropique très élevée.....	334
<i>Conclusion générale</i>	337
<i>Références bibliographiques</i>	345
<i>Table des matières</i>	385
<i>Table des figures</i>	395
<i>Table des tableaux</i>	403
<i>Annexes</i>	405

Table des figures

Figure I.1. Photographie satellitaire du continent africain (NASA – Geological Survey ; couleurs réelles) et localisation de la zone sahélienne en hachure (selon White, 1986), du fleuve Niger et de la ville de Niamey, au centre de notre secteur d'étude.....	24
Figure I.2. Carte générale de localisation.....	26
Figure I.3. Zone d'étude entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso (topographie NASA-SRTM 90m).....	27
Figure I.4. Localisation des bassins versants de Saga Gorou	27
Figure I.5. Niamey, le village (1928-1930) (fond iconographique des Archives Nationales d'Outre-Mer ; cote FR CAOM 30Fi20/40).....	28
Figure I.6. Evolution de la population à Niamey entre 1900 et 2010 (Guengant, 2011).....	28
Figure I.7. Carte schématique des grandes unités géologiques de l'Afrique de Ouest et du Centre (d'après Guiraud <i>et al.</i> , 1987 dans Lang <i>et al.</i> , 1990).	32
Figure I.8. Géologie du bassin des lullemmenden (d'après Greigert & Pougnet, 1965 dans Lang <i>et al.</i> , 1990)	33
Figure I.9. Coupe géologique schématique du bassin des lullemmenden à la latitude de Niamey (d'après Greigert, 1966)	34
Figure I.10. Coupe géomorphologique entre les plateaux de Louguel, le plateau de l'aéroport (d'après Dubois <i>et al.</i> , 1984) et les bassins versants de Saga Gorou	36
Figure I.11. Datations des surfaces d'érosion et évolution morphologique du delta du Niger depuis le Paléocène (d'après Beauvais & Chardon, 2013)	38
Figure I.12. Berge du Kori de Ouallam marquée par le banc d'oolithes ferrugineuses basal du Continental terminal. Exemple du lac de Bangou Bi.....	39
Figure I.13. Modèle des vents des pressions atmosphériques au-dessus du continent africain d'après Nicholson (1996).	42
Figure I.14. Schéma synthétisant les composants essentiels de la mousson de l'Afrique de l'Ouest (in Lafore <i>et al.</i> , 2012).....	44
Figure I.15. Formations phytoécologiques, domaines climatiques (d'après White, 1986) et diagrammes ombrothermiques en Afrique de l'Ouest	44
Figure I.16. Index des pluies sahéliennes (1896-2006) et nombre de stations (d'après Mahé & Paturel, 2009)	46

Figure I.17. Evolution de la position des isohyètes avant et pendant la sécheresse (d'après L'Hôte & Mahé, 1996)	48
Figure I.18. Zoom sur la région sahélienne, isohyètes en mm (d'après Lebel et Ali, 2009).....	48
Figure I.19. Photographie aérienne de brousse tigrée sur les plateaux au sud de Niamey (image Google Earth, 13°22'N-2°05'E)	50
Figure I.20. Représentation schématique d'une unité élémentaire de brousse tigrée (modifiée, d'après Thierry <i>et al.</i> , 1995 et Guillaume <i>et al.</i> , 1999).....	50
Figure I.21. Evolution diachronique du paysage des bassins versants de Saga Gourou (d'après Abdourhamane Touré, 2011)	52
Figure I.22. Photographie aérienne de dispositifs de lutte contre l'érosion : les demi-lunes (13°34'30"N-2°27'20"E) (g.) et les agrafes (13°28'22"N-2°03'25"E) (d.) (Images Google Earth)	52
Figure I.23. Bassin versant du fleuve Niger et de ses affluents majeurs. Hydrogrammes (débit en m ³ .s ⁻¹) du fleuve Niger de la saison 2008/09 classés d'amont en aval (Autorité du Bassin du Niger. http://nigerhycos.abn.ne). Forte variation du débit, multiplié par 70 entre Farannah à la source et Lokoja après la confluence de la Bénoué	56
Figure I.24. Hydrogrammes du fleuve Niger à Niamey (Descroix <i>et al.</i> , 2012).....	58
Figure I.25. Coupe piézométrique est-ouest entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso illustrant la hausse relative de la nappe phréatique. L'échelle verticale est multipliée par 700 (d'après Favreau, 2000)	58
Figure I.26. Carte de répartition des sites d'étude entre le fleuve Niger et le Dallol Bosso	62
Figure I.27. Zones géographiques et sites archéologiques mentionnés dans le texte. Le cadre et les points oranges renvoient à la Figure I.32	64
Figure I.28. Carte archéologique du Sud-ouest du Niger (Gado, 1980).....	66
Figure I.29. Inventaire des sites archéologiques du Sud-ouest du Niger (Devisse et Vernet, 1993)	68
Figure I.30. Synthèse des occupations humaines de la période historique dans les différentes régions de la boucle du Niger, avec mention des principaux sites et de leurs caractéristiques culturelles importantes (Mayor, 2011).....	82
Figure I.31. Entrée du Birni du village fortifié de Zinder 1928-1930 (fond iconographique des Archives Nationales d'Outre-Mer ; cote FR CAOM 30Fi20/27).....	84
Figure I.32. Chronologie des groupes culturels du Sud-ouest du Niger (Gado, 1980, 1993)	90
Figure I.33. Principaux types de bas fourneaux dans la boucle du Niger (Martinelli, 1993)	92
Figure I.34. Exemples de bas fourneaux utilisés en Afrique de l'Ouest (Pole, 1985).....	94
Figure I.35. Classification simplifiée des bas fourneaux (Serneels, 1993).....	96
Figure I.36. Photographies de bas fourneaux à usage unique (20 ^e siècle)	98
Figure I.37. L'Afrique de l'Ouest à la fin de 19 ^e siècle.	102

Figure I.38. Carte de répartition des sites mentionnés dans le chapitre 3, numérotés par ordre croissant selon la distance qui les sépare de notre zone d'étude et complétés par leur position géographique relative (O, ouest ; N, nord ; E, est ; S, sud).	104
Figure I.39. Synthèse de proxy révélateur des variations climatiques au cours des 6 000 dernières années au plus près de la zone sahéenne	106
Figure I.40. (ci-contre) Evolution climatique des domaines sahéen, saharien et soudano-guinéen dans la région ouest-africaine (courbes construites à partir de l'ensemble des données paléoclimatiques de ce chapitre). Les tirets réguliers indiquent des variations climatiques locales et les tirets irréguliers une tendance incertaine. gch : géochimie ; s : sédimentologie ; d : diatomée ; MO : matière organique ; p : pollen ; ost : ostracode ; bot : paléobotanique ; pl : pluviométrie.	121
Figure II.1. Localisation des sites néolithiques dans les environs de Niamey. Les cadres renvoient à des cartes détaillées présentées par la suite.	132
Figure II.2. Localisation du site néolithique de Kirkissoy	134
Figure II.3. Front de carrière dégagé révélant les niveaux d'occupation néolithique du site de Kirkissoy 13°28'19"N - 2°07'17"E. L'arrière plan montre l'étendue de l'excavation ayant détruit le site archéologique	134
Figure II.5. Exemples de tessons (bords) à dégraissant à chamotte et minéral provenant du front de carrière de Kirkissoy	136
Figure II.4. Évolution de la nature du dégraissant et position des deux dates radiocarbone du front de carrière de Kirkissoy	136
Figure II.6. Vue générale de la butte témoin, exploitée en carrière d'argile par une briqueterie artisanale au sud du site de Kirkissoy. Coupe Soumana-Kirkissoy 13°28'22"N - 2°07'09"E. Au centre de la coupe, un bois de 5 m de long est partiellement dégagé à la base du niveau argileux (photo : J.L. Rajot) ...	138
Figure II.7. Coupe stratigraphique de Kirkissoy-Soumana (d'après E. Crase, IRD).....	139
Figure II.8. Log granulométrique et stratigraphique de la coupe de Kirkissoy-Soumana. (Réalisation du graphique : C. Massa)	140
Figure II.9. Plan (face concave) et coupes (transversales et longitudinale) de l'élément monoxyle ...	142
Figure II.10. Photographie de l'élément monoxyle	144
Figure II.11. Arbre creux rongé par les termites dont l'évidage est semblable à celui d'une pirogue monoxyle	147
Figure II.12. Contexte géographique	150
Figure II.14. Exemples de tessons (bords, à l'exception de f-5) à dégraissant à chamotte et minéral provenant du sondage de Tondi Gamey.....	152
Figure II.13. Flèche denticulée en silex découverte en prospection sur le versant sud de la dune et flèche en forme de triangle isocèle en schiste vert provenant du sondage de Tondi gamey.	152
Figure II.15. Évolution du dégraissant de la céramique de Tondi Gamey et chronologie simplifiée de	

l'occupation du site.....	153
Figure II.16. Bois carbonisé au fond du sondage à une cote de -147 cm. En bas à gauche, un tesson de céramique positionné à plat.....	153
Figure II.17. Mécanisme de sédimentation occasionnant l'enfouissement du mobilier archéologique sur le site de Tondi Gamey.	154
Figure II.18. Photographie aérienne illustrant l'effet sur la croissance du mil de l'apport de matière organique générée par un campement de peuls déplacé quatre fois en huit ans au sein même du champ qu'ils cultivent.	156
Figure II.19. Photographie de la fosse en coupe en front de carrière	158
Figure II.21. Pointe de flèche en quartz et haches polies en dolérite verte.....	160
Figure II.20. Répartition des occupations néolithiques au nord du bassin versant de Bangou Kirey. .	160
Figure II.22. Île de Boubon	162
Figure II.23. Meules et polissoirs.....	164
Figure II.24. Bilan des datations radiocarbone réparties sur les quatre derniers millénaires avant notre ère.	166
Figure II.25. Carte de synthèse des données archéologiques couvrant la période du Néolithique au sein de notre fenêtre d'étude entre les plateaux de Louguel et Saga Gorou.....	168
Figure III.1. Localisation des sites contemporains de l'Âge du fer dans les environs de Niamey (zone urbaine au centre de l'image satellite).....	180
Figure III.2. Mobilier céramique : anses de préhension (a)	182
Figure III.3. Échantillons d'objets céramiques récoltés et présentés par site (l'échantillonnage n'est pas représentatif des sites)	183
Figure III.4. Mobilier céramique : cols (c) et bords fermés (bf).....	184
Figure III.5. Mobilier céramique : bords fermés (bf) et bords ouverts (bo)	186
Figure III.6. Mobilier céramique : bords droits (bd).....	187
Figure III.7. Mobilier céramique : bords droits (bd) et décors (d).....	188
Figure III.8. Mobilier céramique : décors (d), jetons (j), perles (p) et éléments de peson et de tampon (e)	190
Figure III.9. Mobilier céramique : gourdes (g).....	192
Figure III.10. Mobilier céramique : statuettes (s)	193
Figure III.11. Mobilier céramique : statuettes (s)	194
Figure III.12. Mobilier métallique : lances, flèches et harpons (dessin R. Guillon).....	196

Figure III.13. Échantillons d'objets céramiques récoltés et présentés par site (l'échantillonnage n'est pas représentatif des sites)	197
Figure III.14. Mobilier métallique : tiges et poinçons (dessin R. Guillon).....	198
Figure III.15. Mobilier métallique : outils de coupe, plaques, aiguilles et épingles et autres (dessin R. Guillon)	200
Figure III.16. Mobilier métallique : anneaux : bracelets, bagues, perles et autres (dessin R. Guillon).....	202
Figure III.17. Carte de répartition des bas fourneaux et des zones prospectées dans les environs de Saga Gorou	208
Figure III.18. Carte de répartition des bas fourneaux dans les environs de Banizoumbou.	210
Figure III.19. Carte de répartition des bas fourneaux en bordure du Dallol Bosso dans les environs de Gobéri	211
Figure III.20. Carte de répartition des bas fourneaux dans les environs de Louguel	212
Figure III.21. Diagramme en boîte à moustache montrant la distribution du nombre de bas fourneaux par unité de prospection (~3,35 km ²).....	213
Figure III.22. Vestiges de bas fourneaux.....	214
Figure III.23. Les oolithes ferrugineuses exploitées comme minerai de fer	216
Figure III.24. Les scories informes	218
Figure III.25. Les scories en anneau	220
Figure III.26. Les scories en petit cylindre.....	220
Figure III.27. Les scories en plaque cintrée.....	222
Figure III.28. Les scories en forme de coulure verticale.....	224
Figure III.29. Les scories en forme de coulée	225
Figure III.30. Les scories en bloc massif à pointe	226
Figure III.31. Les scories en petit bloc massif à pointe.....	228
Figure III.32. Les scories en petit bloc massif à pointe.....	228
Figure III.33. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie piégée	230
Figure III.34. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie piégée (suite)	232
Figure III.35. Plan de fouille de bas fourneaux à scorie piégée (suite)	233
Figure III.36. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie coulée	234
Figure III.37. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie coulée (suite)	236

Figure III.38. Plan de fouille de bas fourneaux à scorie coulée (suite).....	238
Figure III.39. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie coulée (suite)	240
Figure III.40. Plan de fouille et tableau de datations de bas fourneaux à scorie coulée (suite)	241
Figure III.41. Bas fourneaux dont le fonctionnement semblent se rapprocher des bas fourneaux à usage multiple. La scorie est rejetée en dehors du bas fourneau.....	242
Figure III.42. Synthèse typologique des bas fourneaux à usage unique découverts au Sud-ouest du Niger.....	242
Figure III.43. (ci-contre) Exemples de bas fourneaux européens et ouest-africains	245
Figure III.44. Exemples de bas fourneaux de type scorie coulée par égouttage (SCe)	246
Figure III.45. Hypothèse de fonctionnement des bas fourneaux à scorie piégée en anneau (SPa) ..	248
Figure III.46. Hypothèse de fonctionnement des bas fourneaux à scorie piégée en entonnoir (SPE)	250
Figure III.47. Hypothèse de fonctionnement des bas fourneaux à scorie coulée latérale (SCI).....	252
Figure III.48. Hypothèse de fonctionnement des bas fourneaux à scorie coulée par égouttage (SCe) ...	254
Figure III.49. Résultat des 39 datations radiocarbone issues de bas fourneaux de réduction du fer.	256
Figure III.50. Carte de répartition des bas fourneaux datés et représentation graphique des datations..	260
Figure III.51. Bilan des différences typologiques des bas fourneaux au Sud-ouest du Niger	262
Figure III.52. Image spot 5 (couleur modifiée ; novembre 2005) et limite des bassins versants.....	266
Figure III.53. Carte de répartition des bas fourneaux et des unités de surfaces	266
Figure III.54. Comptage et densité des bas fourneaux en fonction des unités de surface.....	268
Figure III.55. Carte de densité par la méthode du noyau construite avec un rayon d'influence h de 160 m déterminé par la valeur maximale de la fonction transformée L(r) de l'analyse K(r) de Ripley tel que le définit Zaninetti (2005).....	270
Figure III.56. Photographie aérienne à basse altitude de batteries de bas fourneaux en ligne du site métallurgique de Garbel (13°29'40,45"N – 2°14'40,80"E)	274
Figure III.57. Site métallurgique de Bilfouda.....	276
Figure III.58. Site métallurgique de Bilfouda.....	277
Figure III.59. Organisation des bas fourneaux au sein du site métallurgique de Bilfouda.	277
Figure III.60. Site métallurgique de Garbel.....	278

Figure III.61. Organisation des bas fourneaux du site métallurgique de Garbel.	280
Figure III.62. Bas fourneaux dans la vallée moyenne du Sénégal	284
Figure III.63. Structures de pierres sèches.....	288
Figure III.64. Localisation du site d'étude	290
Figure III.65. Parcellaire de Louguel.....	291
Figure III.66. Coupe schématique de la surface du plateau et position des profils pédologiques.....	292
Figure III.67. Illustration des fosses pédologiques sur les plateaux : à gauche, état initial des plateaux (HP) ; au centre, surface épierrée sans tas (P1) ; à droite, surface épierrée avec tas (P2 et P2-T)...	292
Figure III.68. Granulométrie, teneur en carbone organique, teneur en azote et valeur $\delta^{13}C$ en fonction de la profondeur provenant de quatre profils : HP, sol en dehors du parcellaire ; P1, sol du parcellaire 1 ; P2, sol du parcellaire 2 ; P2-T, tas du parcellaire 2	294
Figure III.69. Processus de vectorisation des structures de pierres sèches	299
Figure III.70. Zones d'étude du parcellaire de Louguel.	300
Figure III.71. Cartographie de densités des structures de pierres sèches définies par le ratio entre la surface couverte par les structures et celles de la cellule (30x30m)	302
Figure III.72. Distribution spatiale des tas en fonction de l'échelle d'observation	303
Figure III.73. Carte de densité	304
Figure III.74. Exemple de parcellaires en Afrique et en Europe	306
Figure III.75. Surface où les blocs massifs sont mis à nu témoignant d'une perte de sol de plus d'un mètre alors que les arbres à proximité, âgés de plusieurs décennies, ne sont pas déchaussés (Photographie : V. Bichet)	312
Figure III.76. Érosion des sols sur les talus de plateau	312
Figure III.77. Localisation de Tondi Gamey et du prélèvement sédimentaire.....	314
Figure III.78. Lithologie, granulométrie, susceptibilité magnétique, teneurs en azote (N) et en carbone organique (C org), rapport C/N.....	318
Figure III.79. Modèle âge/profondeur du remplissage de Tondi Gamey avec une marge d'erreur provenant de la calibration des dates ^{14}C et du manque d'éléments de datation pour la période la plus récente (réalisation : C. Massa).....	320
Figure III.80. Taux de sédimentation du remplissage de Tondi Gamey.(échelle log)	320
Figure III.81. Lithologie et proxy issu de l'analyse Rock-Eval en fonction de l'âge calibré	322
Figure III.82. Carte de synthèse des données archéologiques couvrant la période de l'Âge du fer au sein de notre fenêtre d'étude entre les plateaux de Louguel et Saga Gorou.....	328

Figure IV.1. Cartes de synthèse des données archéologiques couvrant notre fenêtre d'étude entre le plateau de Louguet et Saga Gorou..... 336

Figure IV.2. Synthèse des données archéologiques, climatiques et environnementales des environs de Saga Gorou (Sud-ouest du Niger)..... 338

Figure IV.3. Cartes diahroniques du Sud-ouest du Niger couvrant les quatre derniers millénaires : ..340

Table des tableaux

Tableau I.1. Bilan et correspondances entre les zones écoclimatiques, la classification hydrologique, les données climatiques et la végétation	45
Tableau I.2. Evolution diachronique du couvert végétal et anthropique de deux secteurs entre le fleuve et le Dallol Bosso : Dantiandou et Saga Gorou	53
Tableau I.3. Pourcentage de perte du couvert végétal par rapport à l'année 1950.....	53
Tableau I.4. Datations radiocarbone de Kirkisoy (Vernet, 1996).	77
Tableau I.5. Datations du site métallurgique de Do Dimmi dans la région de Termit (Niger) considéré comme étant les plus anciens indices de métallurgie du fer au Niger (Quéchon, 2002)	81
Tableau II.1. Datations radiocarbone des niveaux d'occupation de Kirkisoy	137
Tableau II.2. Datations radiocarbone de la coupe de Kirkisoy-Soumana	141
Tableau II.3. Datation radiocarbone du charbon de bois du site d'habitat de Tondi Gamey.....	155
Tableau II.4. Datation radiocarbone du charbon de bois de la fosse de la carrière de Tondi Gamey .	159
Tableau II.5. Datations radiocarbone de charbon hors contexte archéologique	163
Tableau III.1. Datations radiocarbone de bas fourneaux de métallurgie du fer (les dates rejetées sont grisées ; inc = type inconnu)	258
Tableau III.2. Terminologie, définition et interprétation de chaque niveau de regroupement.	281
Tableau III.3. Datations radiocarbone provenant du remplissage sédimentaire du paléo-lac de Tondi Gamey	321

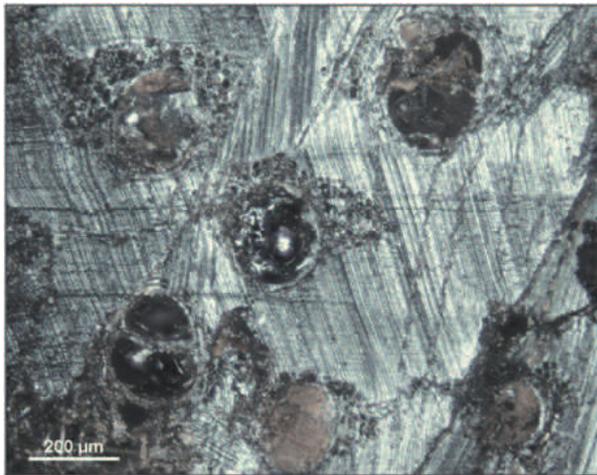
Annexes



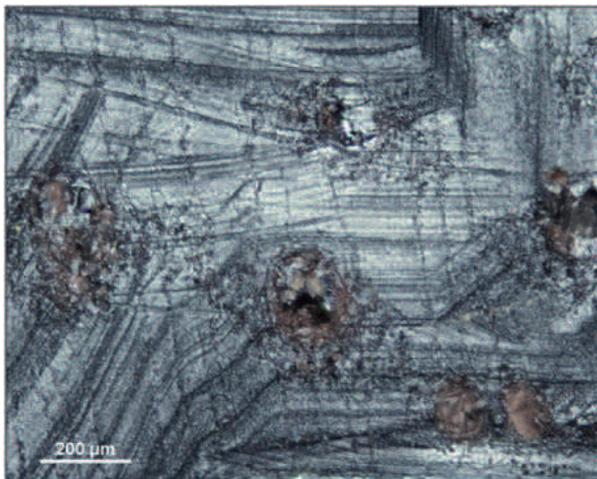
CKS11_coupe longitudinale radiale x100



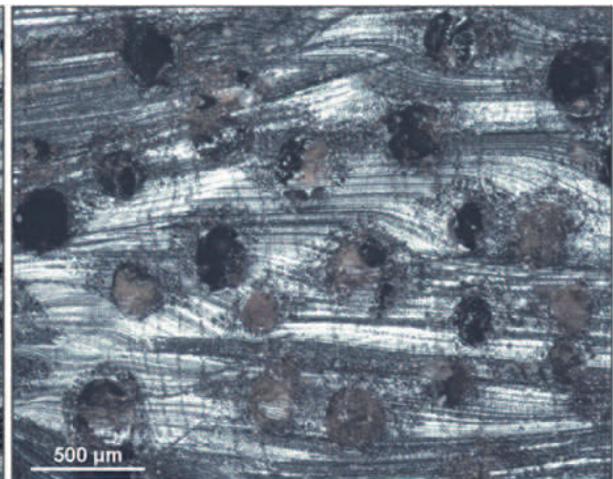
CKS11_coupe longitudinale tangentielle x100



CKS11_coupe transversale x100



CKS21_coupe transversale x100



CKS20_coupe transversale x50

Identification des échantillons de bois CK-11, CKS-20 et CKS-21 (par L. Dussol)

L'analyse en laboratoire a eu lieu à la Maison René Ginouvès (Nanterre). Les échantillons ont été observés au microscope optique à réflexion avec des grossissements allant de x50 à x200. L'identification de l'essence a été faite à partir d'ouvrage de référence (Metcalf et Chalk 1950) et de collections xylologiques accessibles en ligne¹. Des photographies des trois plans d'observation du bois (plans transversal, longitudinal radial et longitudinal tangentiel) ont été réalisées grâce à une caméra numérique reliée à un ordinateur et à un logiciel d'acquisition et d'analyse d'images (Nikon Nis Element). Les trois échantillons ont été identifiés comme des bois de **fabaceae cf. *Pericopsis sp.*** Ci-après, une description des structures anatomiques qui ont permis l'identification.

Description anatomique

Bois à pores diffus. Vaisseaux isolés ou accolés radialement par 2 à 4. Diamètre moyen : 150-210 µm. Densité : 3 à 6 vaisseaux/mm². Perforations simples. Ponctuations intervasculaires fines, alternes, aréolées et ornées. Ponctuations radiovasculaires plus larges et distinctement aréolées, parfois étirées horizontalement.

Rayons majoritairement unisériés, parfois bisériés, homocellulaires avec cellules couchées, bas en coupe longitudinale. Densité : 12 à 16/mm.

Parenchyme abondant et paratrachéal. Vasicentrique, aliforme, unilatéral, confluent. 2 à 4 cellules par file de parenchyme.

Fibres non septées.

Tous les rayons sont étagés, parenchyme et éléments de vaisseaux à tendance étagée.

Cristaux prismatiques dans des cellules de parenchyme recloisonnées.

Référence.

Metcalf C.R. et L. Chalk, 1950. *Anatomy of the Dicotyledons. Leaves, stem and wood in relation to Taxonomy with notes on economic uses*. Clarendon Press, Oxford, 2 vols.

1] Insidewood :<http://insidewood.lib.ncsu.edu>

Richter, H.G. et M.J. Dallwitz 2000 onward. *Commercial timbers: descriptions, illustrations, identification, and information retrieval*. Version 25th June 2009. <http://delta-intkey.com>

Sondage géophysique : Méthode TDEM

Trois boucles ont été réalisées, deux au dessus du remplissage de Tondi Gamey (1 et 3) et un sur les berges sur le bas glacis (2).

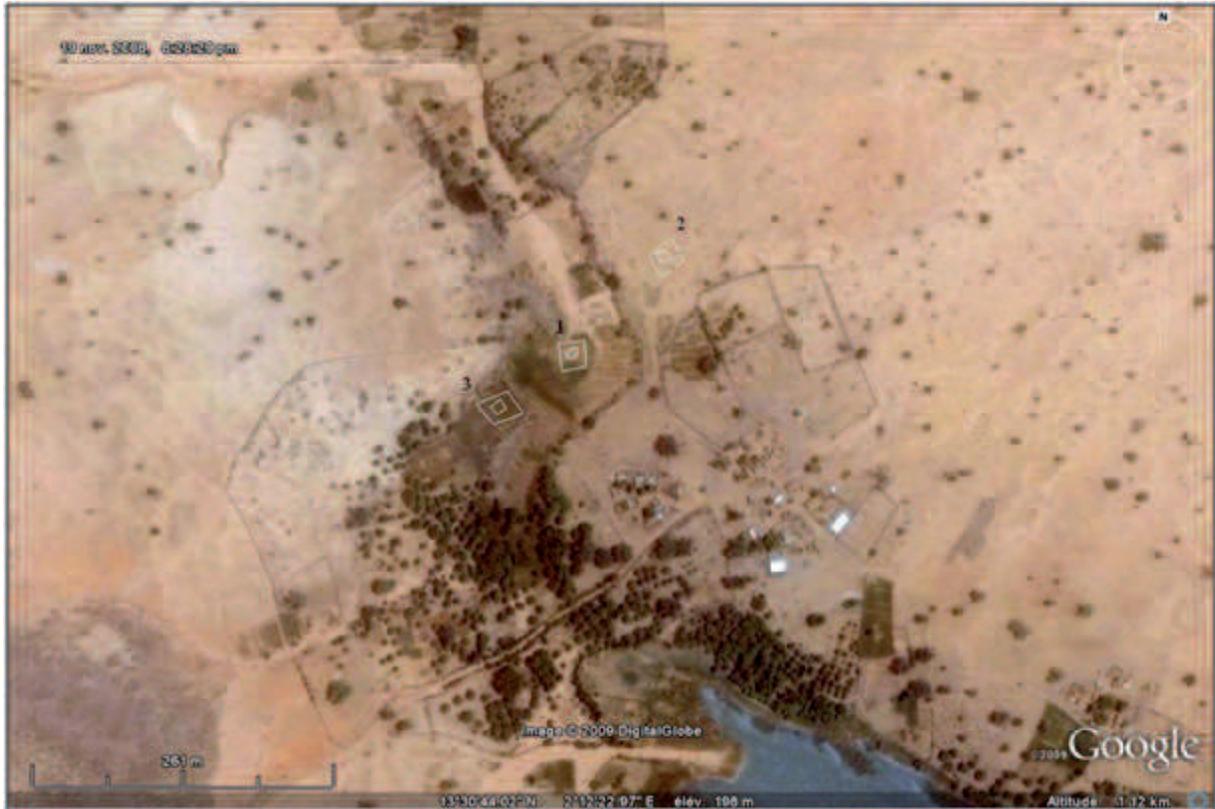


Tableau des résultats obtenus

		Boucle 1		Boucle 2		Boucle 3	
		Résistivité ($\Omega.m$)	Ep. (m)	Résistivité ($\Omega.m$)	Ep. (m)	Résistivité ($\Omega.m$)	Ep. (m)
Couches	1	125	21	125	24	>500	20
	2	10,5	16	9	17,5	10	20
	3	500	35,5	350	22	>500	35
	4	4,3	--	2,2	--	4,3	--

Relation société-milieu en domaine sahélien au Sud-ouest du Niger au cours des quatre derniers millénaires : approche géoarchéologique

Résumé

Le Sahel, milieu compris entre le Sahara et la forêt soudanienne, subit actuellement de grands bouleversements environnementaux. Depuis les sécheresses des années 1970-1980 et la forte croissance démographique, le couvert végétal s'est considérablement dégradé, contribuant à l'augmentation du ruissellement et à l'érosion des sols. À partir de ce constat, nous avons entrepris l'étude des sociétés passées de la région de Niamey afin d'évaluer leur impact sur le milieu.

Le manque de données archéologiques a nécessité de recenser les principaux indices d'occupation au cours du Néolithique et de l'Âge du fer. Outre l'apport de nouveaux éléments de datation pour le site de Kirkissoy, une étude sédimentaire a été réalisée sur un paléo-chenal du fleuve Niger et de nouveaux sites ont été découverts en rive gauche. Pour l'Âge du fer, plusieurs secteurs ont été prospectés de manière exhaustive entre la vallée du fleuve et le Dallol Bosso. Sur les bassins versants de Saga Gorou plusieurs sites d'habitat ont été identifiés et plus de 5000 bas fourneaux à usage unique ont été cartographiés. Ils témoignent d'une activité métallurgique du 4^e au 14^e siècles AD. Les études typologique et spatiale des structures de réduction ont révélé l'existence de différents types de bas fourneaux et d'une répartition spatiale liée au contexte géomorphologique et à la gestion de l'espace de travail. L'étude d'un parcellaire sur les plateaux de Louguel, associé à ces bas fourneaux, a mis en évidence une activité agricole autour de l'an mil. Le bilan de ces données archéologiques a été mis en parallèle avec les données environnementales acquises par l'étude d'un remplissage sédimentaire.

Au cours des quatre derniers millénaires, la région de Niamey et le Sud-ouest du Niger ont été marqués par des changements environnementaux et sociétaux qui ont provoqué une discontinuité de l'occupation humaine.

Mots-clés : Néolithique sahélien, métallurgie du fer, parcellaire agricole, érosion des sols, analyse sédimentaire, vallée du Niger, Niamey.

Relationships between societies and their environment in the Sahel in southwestern Niger over the past four thousand years: a geoarchaeological approach

Abstract

The Sahel, a zone between the Sahara Desert and the Sudan forests, is currently experiencing major environmental changes. Since the droughts in 1970s and 1980s, and with the high population growth rate, vegetation cover has deteriorated considerably, contributing to increased runoff and soil erosion. Starting from this observation, we undertook the study of past societies in the Niamey region, to assess their impact on the environment. The lack of archaeological data meant that it was necessary to identify key indicators of occupation during the Neolithic and the Iron Age. In addition to providing new evidence to date the Neolithic site of Kirkissoy, a sedimentary study was conducted on a palaeo-channel of the River Niger and new sites were discovered on the left bank. For the Iron Age, several sectors between the Niger valley and the Dallol Bosso valley were prospected exhaustively. In the catchment area of Saga Gorou, several habitat sites were identified and more than 5,000 single use bloomery furnaces were mapped. They provide evidence of metallurgical activity from the 4th to 14th centuries AD. Typological and spatial analysis show the existence of several types of furnaces and their spatial distribution is linked to workspace management and the geomorphological context. As well as these bloomery furnaces, an agricultural system with plot boundaries was identified and studied on the lateritic plateaus of Louguel. It shows intensive agricultural activity around the year one thousand. These archaeological data are compared with environmental data obtained by the study of the sedimentary record.

Over the past four thousand years, the Niamey region and southwestern Niger have been marked by environmental and societal changes, resulting in discontinuous human occupation.

Keywords: Sahelian Neolithic, iron smelting, agricultural plots, soil erosion, sedimentary analysis, Niger valley, Niamey