



Quaternaire

Revue de l'Association française pour l'étude du
Quaternaire

vol. 17/1 | 2006
Volume 17 Numéro 1

Évolution géomorphologique, enregistrements sédimentaires et dynamiques paléoenvironnementales holocènes à Ounjougou (Plateau Dogon, Mali, Afrique de l'Ouest)

*Geomorphological evolution, sedimentary sequence and Holocene
palaeoenvironments of the Ounjougou site (Dogon country, Mali, West Africa)*

Michel Rasse, Aziz Ballouche, Eric Huysecom, Chantal Tribolo, Sylvain
Ozainne, Yann Le Drézen, Stephen Stokes et Katharina Neumann



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/677>

DOI : 10.4000/quaternaire.677

ISSN : 1965-0795

Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

Édition imprimée

Date de publication : 1 mars 2006

Pagination : 61-74

ISSN : 1142-2904

Référence électronique

Michel Rasse, Aziz Ballouche, Eric Huysecom, Chantal Tribolo, Sylvain Ozainne, Yann Le Drézen, Stephen Stokes et Katharina Neumann, « Évolution géomorphologique, enregistrements sédimentaires et dynamiques paléoenvironnementales holocènes à Ounjougou (Plateau Dogon, Mali, Afrique de l'Ouest) », *Quaternaire* [En ligne], vol. 17/1 | 2006, mis en ligne le 01 mars 2009, consulté le 02 mai 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/677> ; DOI : 10.4000/quaternaire.677

ÉVOLUTION GÉOMORPHOLOGIQUE, ENREGISTREMENTS SÉDIMENTAIRES ET DYNAMIQUES PALÉOENVIRONNEMENTALES HOLOCÈNES À OUNJOGO (PLATEAU DOGON, MALI, AFRIQUE DE L'OUEST)



Michel RASSE¹, Aziz BALLOUCHE², Eric HUYSECOM³,
Chantal TRIBOLO⁴, Sylvain OZAINNE³, Yann LE DREZEN²,
Stephen STOKES⁴ et Katharina NEUMANN⁵

RÉSUMÉ

Les enregistrements sédimentaires de la séquence holocène d'Ounjogou sont riches en informations. Plusieurs missions de terrain, les analyses de laboratoire et les nombreuses datations absolues permettent de proposer une reconstitution des grandes étapes de l'évolution hydrosédimentaire et paléoenvironnementale de la vallée du Yamé depuis le tout début de l'Holocène. L'analyse géomorphologique, l'étude stratigraphique des formations et les datations ¹⁴C, montrent que l'Holocène se caractérise par plusieurs phases d'incision et d'accumulation et par l'élaboration de deux niveaux de substitution en contrebas d'un glaciaire principal. Riches en pollens, en phytolithes, en feuilles et en bois fossiles, notamment à partir de l'Holocène moyen, les formations permettent également de se faire une première idée de l'impact des principales modifications climatiques et anthropiques sur les écosystèmes. Tout indique que l'Homme accroît son action sans doute à partir de l'Holocène moyen, mais surtout durant l'Holocène récent et final. Sa responsabilité est directement suggérée dans l'explication de la mise en place de la terrasse protohistorique durant le premier millénaire après J.-C.

Mots-clés : Géomorphologie, Holocène, Néolithique, paléoenvironnements, Mali.

ABSTRACT

GEOMORPHOLOGICAL EVOLUTION, SEDIMENTARY SEQUENCE AND HOLOCENE PALEOENVIRONMENTS OF THE OUNJOGO SITE (DOGON COUNTRY, MALI)

The sedimentary records of the holocene sequence of Ounjogou are rich in informations. Many onsite missions, laboratory analyses and numerous absolute datings make it possible to propose a reconstitution of the major stages of the hydrosedimentary and paleoenvironmental evolution of the Yamé valley from the start of the Holocene. The geomorphological analysis, the stratigraphic study of formations and ¹⁴C datings show the Holocene is characterised by various phases of incision and accumulation and by the elaboration of two levels of substitution downstream from a main glacis. Rich in pollens, in phytoliths, in fossils leaves and wood, in particular from the Middle Holocene, the formations also make it possible to have an initial idea of the main climatic and anthropic modifications on the ecosystems. Everything indicates that man increased his action, probably as of the Middle Holocene, but above all during the Recent and Final Holocene. Its responsibility is directly suggested in the explanation of the protohistoric terrace during the 1st millennium AD.

Key-words : Geomorphology, Holocene, Neolithic, palaeoenvironments, Mali.

1 - INTRODUCTION

On doit à une modification hydrographique locale, intervenue avant la seconde guerre mondiale, l'incision

de la séquence stratigraphique d'Ounjogou et, de fait, la découverte de sa richesse archéologique (Huysecom, 1996, 2002). S'il ne s'agit que d'une auto-capture relativement banale (Rasse *et al.*, 2004 ; Christol, 2004), le

¹ Université de Rouen, F.L.S.H., Département de Géographie, 76821 Mont St Aignan cedex. E-mail : michel.rasse@univ-rouen.fr

² Université de Caen Basse-Normandie, UFR de Géographie, Laboratoire GEOPHEN, BP 5186, 14032 Caen cedex.

E-mail : aziz.ballouche@unicaen.fr et yann.ledrezen@unicaen.fr

³ Université de Genève, Département d'anthropologie et d'écologie, C.P.511, CH-1211 Genève 24. E-mail : eric.huysecom@anthro.unige.ch et sylvain.ozainne@anthro.unige.ch

⁴ University of Oxford, Department of Geography, Mansfield road, OX1 3TB Oxford. E-mail : ctribolo@ouce.ox.ac.uk et stephen.stokes@ouce.ox.ac.uk

⁵ J.W. Goethe-Universität, Seminar für Vor- und Frühgeschichte Archäologie und Archäobotanik Afrikas, Grüneburgplatz 1, 60323 Frankfurt. E-mail : k.neumann@em.uni-frankfurt.de

changement de cours du Yamé, qui s'écoulait depuis l'édification de la terrasse protohistorique par un seuil gréseux limitant l'encaissement, s'est exprimé en moins d'un siècle par une vigoureuse érosion régressive dans les formations quaternaires. L'incision verticale s'est traduite par l'érosion d'une tranche de sédiments pouvant atteindre localement plus de 10m d'épaisseur et par de nombreux et spectaculaires ravissements qui se remarquent en amont immédiat du coude que fait le Yamé (fig. 1). C'est un segment relativement court de la vallée qui est ainsi intéressé par cette dynamique exceptionnelle, mais cette portion livre de multiples enseignements, tant paléoenvironnementaux qu'archéologiques (Huysecom *et al.*, 2002, 2004 ; Robert *et al.*, 2003 ; Ozainne *et al.*, 2004 ; Mayor *et al.*, 2005).

La séquence stratigraphique et culturelle du Pléistocène supérieur a déjà été présentée dans *Quaternaire* (Rasse *et al.*, 2004). Nous souhaitons ici faire une présentation générale de l'Holocène, également très bien représenté à Ounjougou. Il n'existe en effet actuellement, à notre connaissance, aucune publication portant précisément sur les formations holocènes du plateau dogon. Les études anciennes de Daveau (1958 et 1959) et de Beudet *et al.* (1981) suggéraient la richesse des formations superficielles, leurs nombreuses discontinuités stratigraphiques et l'intense érosion qui caractérise le secteur d'Ounjougou. Seul, un travail universitaire (Coutard, 1999), mené sous la direction de N. Fedoroff dans le cadre du présent programme de recherches, tentait, à partir de l'analyse de quelques coupes et de l'examen de quelques lames minces, une première reconstitution des étapes chronostratigraphiques holocènes.

Or, riches en pollens, en phytolithes, en feuilles et en bois fossiles – notamment à partir de l'Holocène moyen –, les formations d'Ounjougou permettent de se faire une première idée de l'impact des principales modifications climatiques et anthropiques sur les écosystèmes (Ballouche *et al.*, 2003). La compréhension globale du site a été grandement améliorée ces dernières années (Huysecom *et al.*, 2002, 2003, 2004). Les différentes missions de terrain et les analyses de laboratoire ont permis de préciser les modalités de l'évolution géomorphologique récente, ainsi que les grandes lignes de la stratigraphie et des paléoenvironnements. Il est donc aujourd'hui possible de proposer une première synthèse de l'évolution de la vallée durant l'Holocène et de livrer les premières interprétations.

La richesse du site nous oblige évidemment à sélectionner dans cette présentation les thématiques de recherche ; les données archéologiques – pourtant d'une extrême importance, notamment dans la compréhension des transformations du Néolithique africain – ne seront donc présentées que succinctement. D'autre part, nous faisons ici volontairement le choix d'un article de synthèse ; les données analytiques sont donc seulement présentées à titre d'argument, leur publication détaillée étant envisagée séparément.

2 - MÉTHODE ET TECHNIQUES

L'approche méthodologique s'appuie en premier lieu sur l'analyse géomorphologique de terrain (4 missions depuis 2001), complétée, en laboratoire, par une batterie d'analyses sédimentologiques, palynologiques, archéobotaniques, ainsi que par des datations absolues (radiocarbone et OSL).

L'analyse de la géométrie et de la lithologie des dépôts a permis d'établir les grandes lignes de la stratigraphie de la séquence holocène. Un travail de photo-interprétation et de cartographie restitue l'organisation régionale des formes et des formations. L'analyse granulométrique (au granulomètre laser Coulter) a porté sur les particules minérales inférieures à 2 mm, de la coupe dite *du Rônier* (fig. 1), après destruction totale de la matière organique par eau oxygénée, dissociation des matériaux pédologiques et traitement par ultrasons. Un échantillon de la même coupe a fait l'objet d'une analyse micromorphologique en lame mince après imprégnation. Des lames réalisées précédemment par S. Coutard (1999) et N. Fedoroff (INA Paris-Grignon) sont venues compléter l'échantillonnage.

L'étude anthracologique et archéobotanique a porté sur le matériel récolté lors des fouilles archéologiques de 1999 à 2001 par H. Doutrelepon (Musée Royal de Tervuren), puis, en 2003 et 2004, par K. Neumann et A. Ballouche (Huysecom *et al.*, 2000, 2001, 2002, 2003 ; Ballouche *et al.*, 2003). L'analyse pollinique des échantillons du *Ravin de la Mouche*, de *La Termitière* et du *Ravin Sud* a été complétée par une observation des palynofaciès. Il s'agissait là de dépasser la simple analyse pétrographique de la matière organique proposée par Combaz en 1964 en s'appuyant sur les développements méthodologiques ultérieurs appliqués à des milieux continentaux d'âge récent pour identifier l'origine des particules organiques, leur mode de transport, les processus de sédimentation, les milieux de dépôt et leur évolution ultérieure (Tyson, 1995 ; Sebag, 2002).

La chrono-stratigraphie est étayée par près d'une cinquantaine de dates ^{14}C acquises essentiellement sur des charbons et graines carbonisés collectés lors des fouilles archéologiques et des levés de coupes, ponctuellement sur fragment de bois, plus rarement sur la matière organique totale et, dans un cas, sur coquille d'*Unio*. Sauf cas particulier, la quasi-totalité des échantillons datés sont cotés en x, y et z, en référence au point zéro du gisement. Les tableaux 1 A, B et C donnent les intervalles chronologiques représentés par l'échantillonnage effectué dans les principales coupes. La très faible représentation de l'intervalle 7000-3500 av. J.-C. (tab. 1C) traduit la faible représentation spatiale des dépôts de l'Holocène moyen, mais il est possible que la reconnaissance de cette période, caractérisée par un hiatus en termes d'occupation humaine (Huysecom *et al.*, 2004), soit stratigraphiquement encore insuffisante.

Quelques datations OSL (Aitken, 1998) des formations des *ravins de la Mouche et du Hibou* ont également été effectuées. Elles concernent principalement

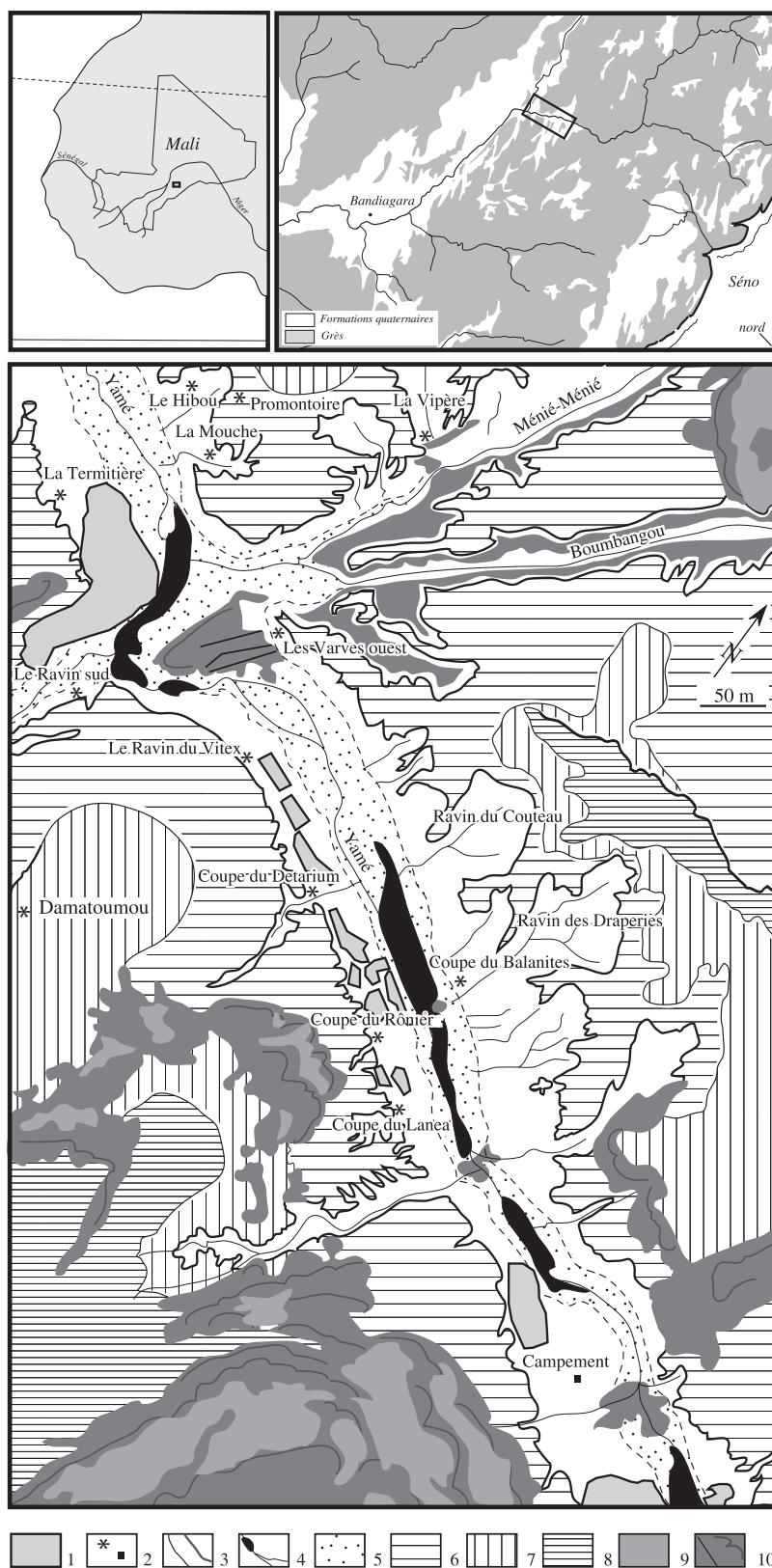


Fig. 1 : Localisation du site d'Ounjougou et présentation des coupes étudiées.

La carte géomorphologique a été établie à partir de la photographie aérienne de 1982 (Mal 82-59-150-369) : certaines coupes ont été difficiles à localiser avec précision, certains ravins s'étant largement développés entre 1982 et 2005.

1 : Jardins cultivés ; 2 : Localisation des coupes, des sites archéologiques et du campement ; 3 : Rebords de terrasses ou de glacis de moins de 2m/de plus de 2m ; 4 : Ecoulements et lacs permanents (en 1982) ; 5 : Matériel sableux du fond de vallée ; 6 : Terrasse protohistorique ; 7 : Accumulations « néolithiques » (VIII^e millénaire BC) ; 8 : Glacis d'accumulation supérieur ; 9 : Secteurs érodés sans distinction chronologique possible ; 10 : Grès, fractures et corniches gréseuses.

Fig. 1: Location and geomorphology of the site of Ounjougou

Geomorphological map was drawn using the 1982 aerial photograph (Mal 82-59-150-369).

1: Cultivated parcels; 2: Archaeological sites and location of studied cross-sections; 3: Terraces and glacis edges (<2m ; >2m); 4: Hydrographic network and permanent lakes (in 1982); 5: Sands of actual alluvial accumulation; 6: Secondary terrace-glacis ("Protohistoric terrace"); 7: Holocene terrace (8th millennium BC); 8: Main terrace-glacis; 9: Eroded sectors of main glacis; 10: Sandstones, fractures and scarpes in sandstones.

les derniers niveaux pléistocènes pour lesquels il n'y a pas d'échantillonnage ^{14}C et les premiers niveaux holocènes. Les âges supposés les plus probables sont proposés dans le tableau 2. L'interprétation de la distribution de paléodoses observée grâce à la technique du grain unique (Olley *et al.*, 1999, 2004) est loin d'être aisée, et le choix de la teneur moyenne en eau, qui a un impact majeur sur le débit de dose moyen et donc sur l'âge, est également très délicat. Il faut donc bien garder à l'esprit que chaque échantillon peut faire l'objet d'une discussion à part entière et que les datations proposées restent d'une relative approximation.

C'est donc une approche pluridisciplinaire qui a été menée afin de comprendre la géométrie et l'originalité des différents ensembles de l'Holocène.

3 - CADRE D'ÉTUDE

L'analyse géomorphologique de la vallée, entre Baniagara et le coude que fait le Yamé une quinzaine de kilomètres plus en amont, permet de distinguer deux niveaux topographiquement bien définis (fig. 1 et 2A, photos 1 et 2) :

– Le *glacis principal* est celui qui constitue la majeure partie des surfaces de la partie centrale du plateau dogon, ensembles gréseux exceptés. Il se situe à des altitudes de 400-440m. Il s'agit à la fois d'un glacis d'érosion et d'accumulation dont la mise en place relève essentiellement de la grande période de remobilisation au début de l'Holocène des silts éoliens déposés sur la totalité de la superficie du plateau dogon durant le dernier maximum aride. A Kokolo et à Oumounaama, de très nombreuses coupes montrent

nettement qu'il s'agit d'épandages de type colluvial qui se sont déposés sur un relief différencié, lui-même lié à une phase érosive précédente. Ce glacis principal domine de plus de 20m le cours actuel du Yamé, et se termine par un rebord topographique très nettement marqué.

– Le *glacis secondaire* est spatialement bien moins représenté. Il ne se remarque qu'à proximité du cours d'eau et s'inscrit plusieurs mètres en contrebas du précédent. Glacis d'érosion à l'amont, dans les formations pléistocènes, il devient quelques dizaines de mètres plus à l'aval glacis-terrasse et il est à associer alors à l'épais remblaiement protohistorique que l'on suit très bien le long du Yamé et de ses affluents, le Boumbangou et le Ménié-Ménié. Cette sédimentation de limons jaunes et rouges a été datée *pro parte* de l'intervalle 7^e - 13^e s. de notre ère et constitue une très nette terrasse qui domine de 8 à 10m le Yamé.

Ces deux niveaux sont topographiquement bien définis ; ils n'en sont pas moins complexes. Il est en effet très difficile d'apprécier les micro-formes de surface et *a fortiori* les limites des formations, notamment dans la zone de transition érosion/accumulation qui se fait toujours très subtilement. Localement d'ailleurs, le raccord est interrompu par un troisième plan, beaucoup plus discret dans le paysage : il s'agit de la *terrasse néolithique* – datée du VIII^e millénaire av. J.-C.¹ (cf. *infra*) – que l'on retrouve à *Damatoumou*, et qui domine de 4 à 5m la terrasse protohistorique. C'est en réalité le seul endroit, en rive gauche du Yamé, juste avant la confluence, où cette étape se manifeste topographiquement. Sur l'autre rive, la transition entre le niveau supérieur et le remblaiement du *Promontoire protohistorique* se fait par une surface convexe sur

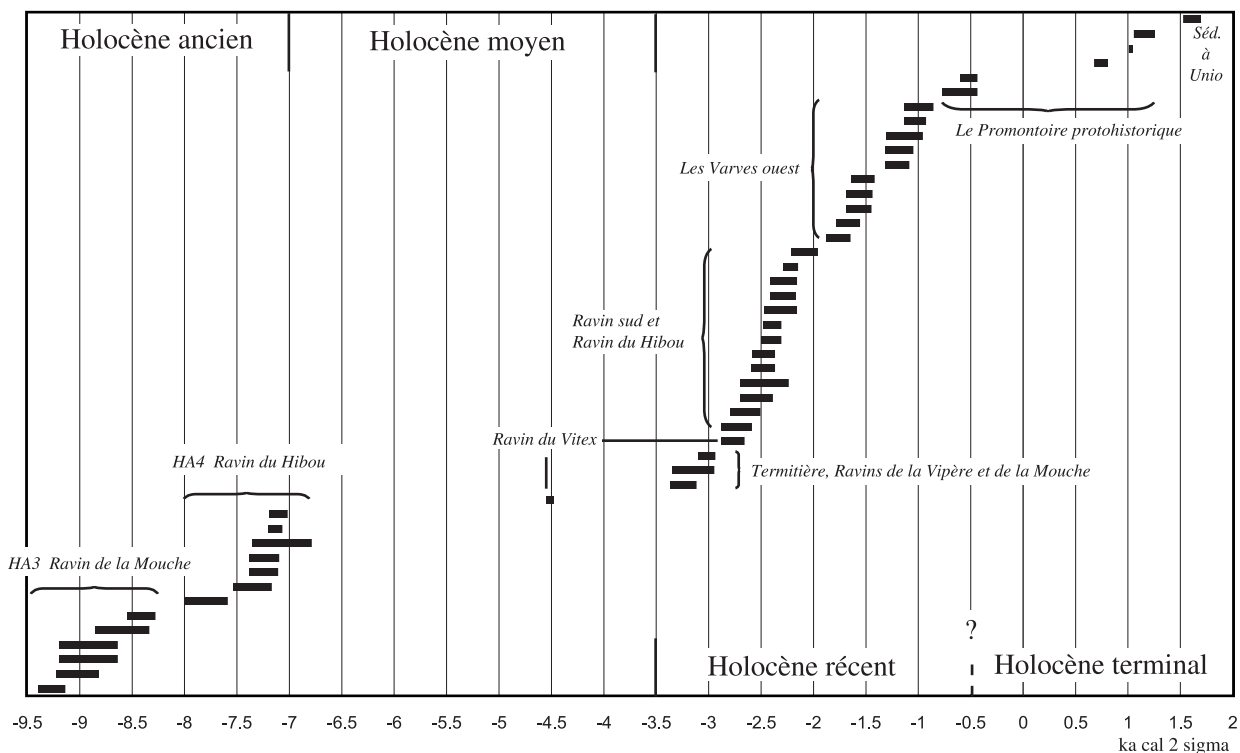
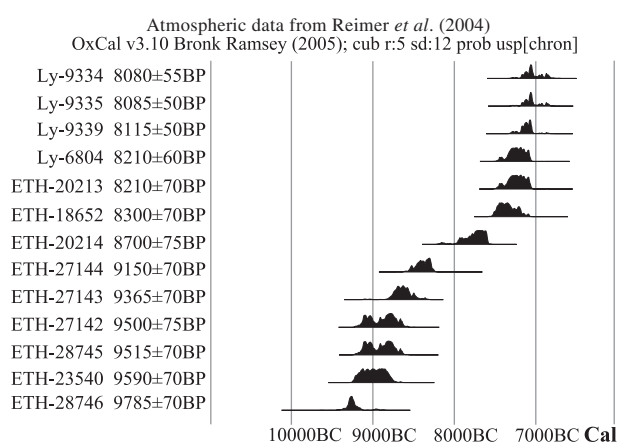
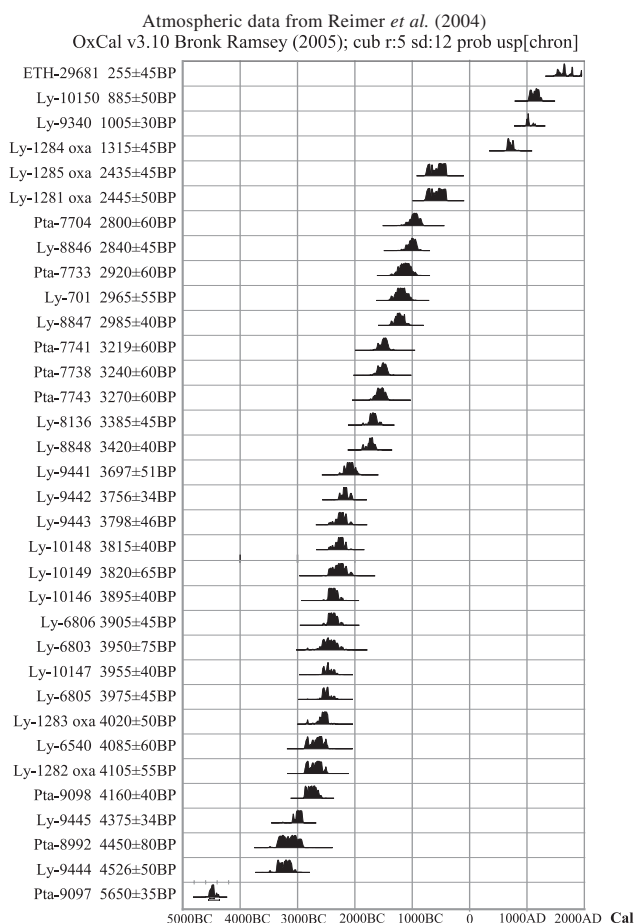
Photo 1 : La rive gauche du Yamé en amont de la Confluence : le niveau supérieur correspond à la terrasse protohistorique, le rebord laissant entrevoir les limons sommitaux et les sédiments riches en matière organique des « varves ». Au premier plan, très basse terrasse travaillée en micro-parcelles d'oignons.

Photo 1 : The Yamé valley at the Confluence (left bank) : protohistoric terrace, with colluvium and laminations on the edge, and actual alluvial terrace (with onions parcels).

Photo 2 : La dilacération des formations par les ravinelements sur la rive droite du Yamé en aval du campement. Sur la coupe, la base est pléistocène supérieur, la partie haute correspond aux colluvions protohistoriques et, dans la partie centrale, la discordance oblique est celle de la base de l'Holocène récent, ici fort mal conservé.

Photo 2 : Stratigraphy and ravines at the Confluence (right bank of Yamé) : Upper Pleistocene silts, oblique discordance of the Recent Holocene and colluvium.

¹ Les données chronologiques sont présentées, dans le texte, dans la mesure du possible en *av./ap. J.-C.* Nos datations ^{14}C sont exprimées en *BC cal* (Calibration OxCal v3,9 Bronk Ramsey, 2003, et en *ka cal 2 sigma*) et nos datations OSL en *ka*. Les dates BP n'ont été utilisées que par référence aux publications citées.



Tableaux 1 A, B et C : Tableaux des dates ¹⁴C disponibles pour l’Holocène d’Ounjougou

Tab. 1A, B and C : ¹⁴C dates for Holocene samples from Ounjougou

Les trois tableaux présentent les intervalles chronologiques des dates ¹⁴C disponibles, exprimées en BP et/ou en BC (proposées en *Ka cal 2 sigma*) données par la calibration OxCal v3.9 Bronk Ramsey (2003).

échantillon	coupe	niveau attribué	description	modèle d'âge	paléodose		débit de dose		âge estimé	
					Gy	±	mGy/a	±	ka	±
00/5/X	Hibou, <i>Vilpert1</i>	Pléistocène	silt	central	91,6	3,3	1,92	0,21	48	6
00/5/3		Ha4	sable moyen à grossier	mélange	14,7	0,4	0,74	0,06	20,0	2,0
00/5/4		Ha4	sable moyen à grossier	mélange	5,4	0,3	0,50	0,07	10,7	1,8
01/5/3	Hibou, <i>Vilpert2</i>	Hm	sable fin	mélange	6,1	0,2	0,55	0,11	11,1	2,3
01/6/1	Mouche	Ha1	sable	central	21,2	0,7	0,56	0,08	38	6
04/21/1		Ha1	sable	central	24,7	2	0,56	0,07	43,0	6,0
04/21/3		Ha3	sable moyen à grossier	mélange	7,8	0,3	0,84	0,11	9,3	1,6

Tableau 2 : Tableau des dates OSL disponibles pour l'Holocène d'Ounjougou

Tab. 2 : OSL dates for Holocene samples from Ounjougou

Les âges sont estimés par OSL. Les paléodoses ont été déterminées par la technique du grain unique. Celle-ci permet d'obtenir pour chaque échantillon une distribution de doses qui résulte de la microdosimétrie, de la qualité du blanchiment (remise à zéro) initial et des mélanges de couches (bioturbations) éventuels. Différents modèles ont été élaborés (Galbraith *et al.*, 1999) pour tenter d'extraire l'information recherchée des distributions, mais le choix du modèle adéquat est souvent délicat. Le débit de dose est calculé à partir des mesures de spectrométrie gamma effectuées sur le terrain et des mesures par ICPMS effectuées en laboratoire. Le débit estimé dépend beaucoup de la teneur en eau moyenne durant l'enfouissement de l'échantillon; il est calculé ici avec un taux de saturation moyenne de 50+-48%.

laquelle les processus de ruissellement laissent apparaître de nombreuses armatures bifaciales néolithiques (au lieu-dit *Le Promontoire néolithique*).

Mais si l'analyse géomorphologique permet de mieux comprendre les conditions de dépôt, nul doute que reconstituer précisément les différentes étapes du développement des formes topographiques actuelles ne peut se faire sans comprendre la stratigraphie des formations (fig. 2A).

En ce qui concerne le Pléistocène, nous avons montré la complexité du site d'Ounjougou (Rasse *et al.*, 2004). Le relief du plateau gréseux a été localement propice à l'accumulation de grandes quantités de matériel éolien et alluvial qui recouvrent partiellement les grès et qui deviennent spatialement non négligeables dans la partie centrale du plateau. Ces formations ont été, lors de différentes phases, sujettes à leur tour à des érosions plus ou moins importantes. Six unités pléistocènes ont été ainsi distinguées, lesquelles représentent au moins les 100 000 dernières années. La dernière unité (U⁶), alluviale, finit de combler de cailloutis rouges la vallée et ce matériel est lui-même, probablement durant l'aride ogolien et au moins partiellement, recouvert de matériel éolien.

L'Holocène est, quant à lui, essentiellement circonscrit à l'axe de la vallée, si l'on excepte la mince pellicule superficielle qui couvre la quasi-totalité des zones basses. Comme pour le Pléistocène supérieur, plusieurs phases d'incision et de remblaiement sont reconnues. Mais, à la différence des dépôts antérieurs qui s'étalent largement dans la vallée, l'insertion stratigraphique de l'Holocène ancien du *Ravin de la Mouche* témoigne d'une incision brutale dans l'axe du chenal (fig. 2). Au tout début de l'Holocène, c'est donc le fonctionnement même du cours d'eau qui est ainsi suggéré par l'analyse stratigraphique des formations, laissant supposer une réponse rapide du fonctionnement hydrologique du Yamé induite, au moins en partie, par la rapidité des modifications pluviométriques.

Cette situation est à prendre en compte si l'on veut comprendre la mise en place des différents niveaux de glaciaires et de terrasses que l'on distingue nettement le long de la vallée. Car l'incision verticale du chenal

principal, en modifiant rapidement le niveau de base local, se traduit latéralement par le début des ravinelements et de la mise en évidence du glaciaire secondaire. Mais, les étapes sont d'emblée difficiles à apprécier puisque la tendance sur le long terme de l'Holocène étant à l'accumulation dans la vallée redessinée à l'Holocène ancien, et chaque unité recouvrant la précédente, seule l'analyse géométrique est susceptible de rendre compte de la succession des différentes étapes. Seule l'approche par datations absolues permet d'en assurer la chronologie de manière satisfaisante.

4 - OBSERVATIONS STRATIGRAPHIQUES

On peut, sur la base de la stratigraphie du site et des datations disponibles proposer un découpage chronologique de l'Holocène d'Ounjougou, ainsi divisé en *Holocène ancien* (avant 7000 av. J.-C.), *moyen* (de 7000 à 3500 av. J.-C.), *récent* (de 3500 av. J.-C. à 500 av. J.-C.) et *terminal* (depuis 500 av. J.-C.). Cette proposition n'est encore que provisoire, notamment en ce qui concerne la limite Holocène récent/Holocène terminal, actuellement établie sur la seule base des datations de la partie inférieure de la séquence du *Promontoire protohistorique*.

4.1 - PALÉOCHENAUX ET ACCUMULATIONS DU DÉBUT DE L'HOLOCÈNE

Après le dernier maximum aride, la vallée est soumise à un encaissement relativement fort puisque les *chenaux de la Mouche et du Hibou* sont en accord, au niveau de *La Confluence*, avec une incision proche de celle du cours actuel du Yamé qui coule une dizaine de mètres en contrebas de la terrasse protohistorique (fig. 2 A et B).

Le début de l'Holocène est marqué principalement par l'inscription de formations alluviales grossières dans les silts pléistocènes. Il s'agit essentiellement de remplissages témoignant d'écoulements concentrés de haute énergie, contrastant fortement avec le matériel fin pléistocène mais aussi avec les dépôts postérieurs.

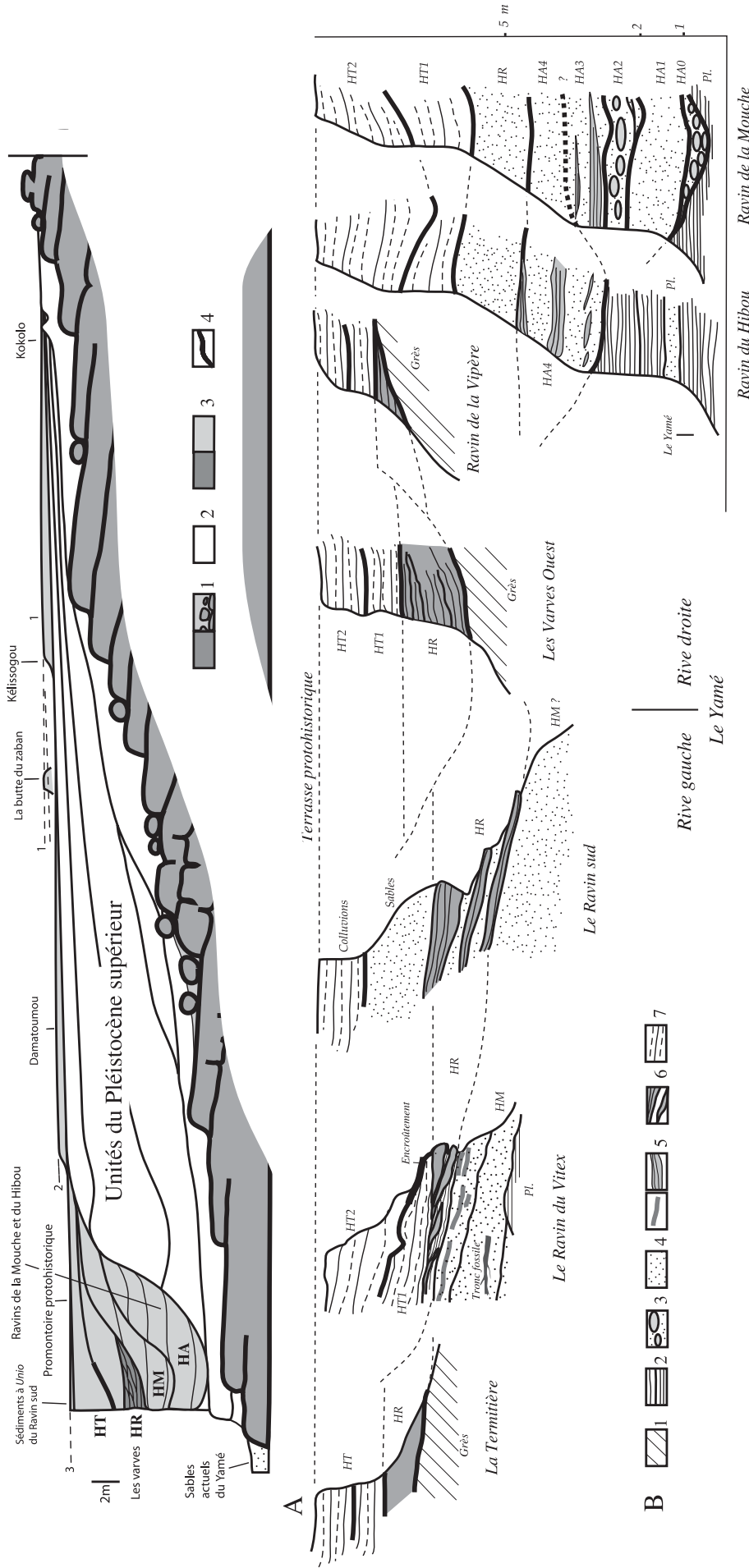


Fig. 2: A : Stratigraphie des formations holocènes à Ounjougou et leur relation avec les formations pléistocènes.

1 : Grès et arène gréseuse ; 2 : Unités du Pléistocène supérieur ; 3 : Formations holocènes (HA : Holocène ancien ; HT : Holocène récent ; HR : Holocène moyen ; HM : Holocène ancien ; HT : Holocène terminal) ; 4 : Encroûtement.

Pour les niveaux topographiques : 1 : Glacis d'érosion/accumulation supérieur ; 2 : Terrasse « néolithique » ; 3 : Terrasse protohistorique (2 et 3 sont topographiquement dans la continuité du glacis d'érosion inférieur)

B : Détails des différentes coupes étudiées.

1 : Grès ; 2 : Limons fins du Pléistocène (Pl.) ; 3 Boules de limons pléistocènes remaniés dans une matrice sableuse ; 4 : Formations à dominante sableuse ; 5 Lits et passées riches en matière organique ; 6 : « Varves » de l'Holocène récent ; 7 : Colluvions protohistoriques.

Fig. 2: A: *Synthesis of chronostratigraphy of Ounjougou*

1: Sandstones and altered sandstones; 2: Upper Pleistocene formations; 3: Holocene formations (HA: Early Holocene; HR: Recent Holocene; HT: Latest Holocene); 4: Pedologic inclination.

B: Details of Holocene stratigraphies

1: Sandstones; 2: Pleistocene silts; 3: Reworked Pleistocene silts in a sand and gravel matrix; 4: Sands and gravels; 5: Sedimentary deposits with ashes and charcoals; 6: Recent Holocene laminations ("varves"); 7: Protohistoric colluvium.

L'importance des écoulements est par ailleurs confirmée par le tracé du paléochenal, puisque celui-ci est légèrement déporté sur la rive droite du Yamé, suggérant une compétence hydrologique supérieure au cours actuel.

C'est dans le *Ravin de la Mouche*, à l'aval immédiat de *La Confluence*, que l'on distingue la première séquence sédimentaire de l'Holocène. Le chenal inscrit dans les silts pléistocènes jaunes – fortement remaniés dans le premier niveau HA⁰ – est remblayé de sables grossiers de couleur ocre rouge (HA¹) dans lesquels ont été notamment trouvés les plus profonds tessons de céramique dans des niveaux relativement indurés (*Phase 1* de l'occupation holocène, cf. *infra*). Ce premier remplissage HA¹ est caractérisé par une granulométrie passant, sur près de deux mètres d'épaisseur, de sables grossiers accompagnés de graviers à des sables plus fins. Quatre charbons de bois prélevés dans cet ensemble ont été datés, mais l'intervalle chronologique représenté – de 26,5 à 29 ka – indique qu'il s'agit de charbons du Pléistocène supérieur remaniés lors de la mise en place de ce matériel. Les trois datations OSL entreprises pour ce niveau semblent également indiquer un remaniement de sédiments déposés initialement, vers 30ka, si l'on considère le maximum de la distribution des paléodoses ou le modèle d'âge central (Galbraith *et al.*, 1999).

Le complexe HA¹ est surmonté d'une épaisse lentille de sables grossiers enrobant des blocs de silts pléistocènes (HA²), ce qui indique une nouvelle phase très active de récurage des berges. Un prélèvement de charbon effectué dans les premiers lits grossiers de la base de HA³ fournit un *terminus ante-quem* pour cet épisode : 9785±70 BP, (la date ¹⁴C holocène la plus ancienne du site) soit, calibrée, la deuxième moitié du X^e millénaire av. J.-C. (tab. 1 B et C).

L'ensemble HA³-HA⁴ est un peu plus difficile à suivre. Dans le *Ravin de la Mouche*, HA³ débute par quelques lits de sables dans lesquels une fine passée de sédiments gris à restes organiques a donné la date de 9515±70 BP (soit 9164-8687 BC cal), puis se développe en lentilles grossières entrecroisées. Cinq autres datations ¹⁴C de charbons de bois prélevés dans ce HA³ du *Ravin de la Mouche* situent la mise en place du matériel entre la fin du X^e et le IX^e millénaires av. J.-C. (entre 9220 et 8240 BC cal).

Dans ce ravin, le contact stratigraphique entre HA³ et HA⁴ n'est pas toujours facile à cerner, mais dans le très voisin *Ravin du Hibou*, la géométrie d'ensemble suggère une phase de sapement latéral des silts pléistocènes avant le nouveau dépôt. HA⁴ est de granulométrie plus fine : sur 1,80m de sables de moins en moins grossiers alternent des passées de vases très finement litées et des niveaux plus riches en matière organique et en charbons de bois. Sept datations ¹⁴C situent ce HA⁴ durant le VIII^e millénaire av. J.-C., entre 8000 et 6980 BC cal et une datation OSL confirme cet intervalle chronologique (9,2±1,5 ka).

C'est dans ces ensembles sédimentaires de l'Holocène ancien qu'ont été trouvés les témoignages

archéologiques des deux premières phases d'occupation néolithique (Ozainne *et al.*, 2004). L'industrie lithique et les tessons de céramique de la *Phase 1* (dans HA¹ et HA³) ne sont pas en position primaire, mais ils nous révèlent que des populations se réinstallent le long du Yamé au tout début de l'amélioration climatique holocène, au moins dès le X^e millénaire av. J.-C. Au *Ravin du Hibou*, la *Phase 2* du VIII^e millénaire est représentée en HA⁴ par un matériel lithique peu abondant et par de la céramique associée à du matériel de broyage ; ce matériel est contemporain de l'atelier de taille lithique de *Damatoumou*, situé au sommet de la terrasse néolithique.

4.2 - LES INCERTITUDES DE L'HOLOCÈNE MOYEN

Les informations concernant l'Holocène moyen sont réduites (HM de la fig. 2). A ce jour, les témoignages archéologiques semblent montrer sur l'ensemble des sites un hiatus d'occupation humaine d'un peu plus de trois millénaires, entre les derniers niveaux de l'Holocène ancien (fin du VIII^e millénaire av. J.-C) et les premiers faciès de sédimentation à dépôts rythmés de l'Holocène récent (fin du IV^e millénaire à *La Termitière*). Pourtant, dans la section de la vallée comprise entre la barre gréseuse de *La Confluence* et celle située à l'amont, des formations alluviales grossières comblent le chenal inscrit dans les silts jaunes du Pléistocène. A l'aval, ces mêmes formations recouvrent celles de l'Holocène ancien. Ces ensembles sédimentaires restent encore mal connus. Toutefois la date ¹⁴C de l'échantillon prélevé dans le *Ravin du Vitex*, sous un tronc fossile fort bien conservé, indique que les sables grossiers de la base de la coupe datent du V^e millénaire av. J.-C. (5650 ± 35 BP soit 4506-4453 BC cal ; tab 1 A et C). Ces sables sont peut-être contemporains des sables inférieurs du *Ravin sud* pour lesquels aucune datation n'est disponible.

Dans le *Ravin du Vitex*, les alluvions passent progressivement de sables grossiers à des sables de granulométrie moyenne, puis à des sables fins lités. Simultanément, et c'est l'une des caractéristiques majeures de l'Holocène moyen, la proportion en restes organiques augmente. Si, dans les formations de l'Holocène ancien, il existe des petits lits à forte teneur en matière organique, dans les formations de l'Holocène moyen, la richesse en cendres et en charbons de bois, voire en troncs fossiles, est plus importante ; leur couleur dominante grise est donc très différente des dépôts antérieurs.

Archéologiquement, un atelier de taille spécialisé dans la fabrication d'armatures bifaciales en grès est contemporain de ce matériel sédimentaire (site du *Pro-montoire néolithique*).

4.3 - UN NOUVEAU TYPE D'ENREGISTREMENT À L'HOLOCÈNE RÉCENT

L'Holocène récent s'individualise assez nettement à Ounjougou (HR de la fig. 2). En effet, sans doute à partir du milieu du IV^e millénaire av. J.-C (ca 4500 BP) et

au moins jusqu'au milieu du I^e millénaire av. J.-C. (ca 2500 BP), le fond de la vallée enregistre de très nettes modifications. Au-dessus de la sédimentation grossière de l'Holocène moyen, se mettent en place des dépôts fins extrêmement riches en matière organique, en feuilles fossiles et en charbons de bois, qui révèlent un fonctionnement saisonnier alterné dans des zones de décantation d'eaux calmes. Localement dans certaines coupes, ce matériel est associé latéralement et/ou précédé par le dépôt de grandes quantités de sables de granulométrie moyenne.

La disposition stratigraphique des dépôts riches en matière organique est complexe. Non seulement parce que les aires de décantation ont évolué de proche en proche selon les caractéristiques hydrologiques de chaque période considérée, mais également parce qu'entre chacune des principales phases de dépôt, la vallée a été soumise à des chasses assez brutales, lesquelles ont remanié des sables grossiers s'insérant entre les formations. En de nombreux endroits (*Ravin du Vitex*, coupe du *Balanites*), des figures de glissement en masse de bordure de lac ont également contribué à des imbrications complexes, les silts pléistocènes de rive pouvant avoir été injectés en lentilles de solifluxion dans les sédiments gris non stabilisés. De surcroît, les dépôts les plus riches en matière organique et les mieux représentés le long de la vallée (*Les Varves Ouest*) ont subi des déformations post sédimentaires par tassement et dessiccation au gré des fluctuations saisonnières, les lits se présentant alors souvent avec des pendages assez forts et des figures sédimentaires qui ne correspondent pas au mode de dépôt dans des eaux plus ou moins stagnantes.

Les dépôts les plus anciens (*La Termitière* et *La Vipère*), datés de la transition IV^e-III^e millénaires av. J.-C., sont ceux que l'on retrouve en position haute dans la vallée et à l'aval immédiat de *La Confluence*, les différents dépôts postérieurs s'inscrivant en formations emboîtées en fonction d'un niveau de base peu changeant compte tenu de la résistance des grès sous-jacents. La disposition d'ensemble ne présente pas de règles précises : les aires de décantation ont fluctué et ont pu connaître des tranches d'eau libre variables d'une période à une autre. La seule contingence réelle est celle des dalles gréseuses qui, en limitant l'incision verticale, a contribué à l'épanouissement d'étendues lacustres situées à l'amont immédiat de chacune d'entre elles.

Ce n'est que pour les *Varves Ouest* qu'une réelle progradation des dépôts vers l'aval est remarquée. Dans la coupe étudiée, en amont immédiat de *La Confluence*, se dépose une alternance plus ou moins régulière de silts gris organiques et cendreaux, riches en charbons de taille centimétrique et en feuilles fossiles, et de sables fins témoignant d'épisodes de crues plus sporadiques (photo 3). Sur la base de la disposition stratigraphique, trois ensembles ont été distingués sur plus de deux mètres d'épaisseur (Huyscom *et al.*, 2000, 2001, 2004 ; Ozainne *et al.*, 2004). Les datations ¹⁴C situent la sédimentation de ces trois ensembles sur une période

Photo 3 : Coupe des Varves Ouest dans l'Holocène récent (la photo date de 1998 ; le matériel a été partiellement érodé depuis). On distingue nettement l'alternance des lits argileux à forte teneur en matière organique et des lits plus sableux, ainsi que la disposition stratigraphique qui témoigne des modifications constantes des aires de décantation.

Photo 3 : Cross-section of Varves Ouest in 1998. The Recent Holocene is characterised by sand beds interstratified with clay beds including organic mater.

d'un peu plus de mille ans, du début du II^e millénaire à la première partie du I^{er} millénaire av. J.-C. Ces dépôts semblent témoigner simultanément d'un comblement progressif du fond de la vallée et d'une réduction régulière des surfaces en eau permanente. Ils pourraient être comparés aux dépôts enregistrés pendant la dernière grande extension du paléochad (ca 3800-3700 à 2800-2700 cal BP ; Servant, 1973 ; Maley, 1981).

Les témoignages archéologiques du Néolithique découverts dans les formations de l'Holocène récent montrent une reprise puis une intensification des occupations humaines dans la région. Au III^e millénaire av. J.-C., la céramique se distingue par des formes hémisphériques très ouvertes et un décor typiquement « saharien ». Au II^e millénaire av. J.-C., on observe en revanche l'apparition de récipients à col et de décors roulés complètement différents. Cette dernière phase du Néolithique, identifiée sur de nombreux sites, est aussi marquée par la présence de structures d'habitat en pierres et d'un abondant matériel de broyage.

4.4 - UN REMBLAIEMENT PROTOHISTORIQUE IMPORTANT

Une nouvelle phase d'accumulation importante se remarque après les derniers dépôts fins rythmés du fond de la vallée. A partir de la première moitié du I^{er} millénaire av. J.-C., au moment où se termine la sédimentation riche en matière organique, et au moins jusqu'au XIII^e s. ap. J.-C., deux importants épisodes de colluvions limoneuses colmatent presque totalement la vallée, prédéterminant ainsi le plan de remblaiement protohistorique, lequel sera à l'origine du premier changement de cours du Yamé. Au-dessus des limons clairs à pseudogleys (HT¹ de la fig. 2B et photo 2) qui semblent se terminer par un encroûtement plus ou moins continu à proximité de la vallée, se mettent en place les limons rouges (HT²) caractéristiques de

l'érosion de sols ferrugineux tropicaux (Coutard, 1999). Localement, c'est trois phases de colluvionnement qui paraissent avoir été enregistrées.

La période de mise en place des colluvions de l'Holocène terminal n'est connue que par quelques datations faites dans le cadre de l'étude du *Promontoire protohistorique*. Nous ne cernons bien que la partie inférieure et centrale du dépôt, mais l'accumulation se fait au *Promontoire* jusqu'à une date extrêmement récente puisque la reprise du cours principal ne se fait qu'au XX^e s. avec la modification hydrographique (Rasse *et al.*, 2004). En témoignent d'ailleurs les sédiments à *Unio* (HT³, fig. 2A) du marécage situé à l'amont du seuil gréseux qui ont été datés de 255 ± 45 BP, soit une calibration peu précise autour du XVII^e s. ap. J.-C. Plus en aval, dans un secteur soumis dans un deuxième temps à l'érosion régressive qui favorisera la capture latérale, la phase de colluvionnement s'est nécessairement terminée plus tôt, mais il est difficile de dire à quel moment après le XIII^e s. ap. J.-C.

Tout semble indiquer donc une double période de comblement, d'apports de plus en plus limoneux, comprise entre le VIII^e av. J.-C. et le XIII^e s. ap. J.-C., sachant qu'il n'est pas impossible que cette sédimentation ait perduré encore de manière significative.

Dans ces colluvions a été retrouvé un matériel céramique de bordure de site d'habitat, assez abondant, caractérisé par des décors roulés sensiblement différents des occupations *tellem* de la falaise.

5 - PREMIÈRES INTERPRÉTATIONS PALÉOENVIRONNEMENTALES

5.1 - LE CADRE CHRONOLOGIQUE DE LA FIN DU PLÉISTOCÈNE SUPÉRIEUR ET DE L'HOLOCÈNE ANCIEN À OUNJOUGOU : VARIATIONS PALÉOCLIMATIQUES ET ÉVOLUTION GÉOMORPHOLOGIQUE

La reconstitution des modalités de l'individualisation des formes n'est pas encore entièrement satisfaisante. Toutefois, tout laisse supposer qu'à la fin de la période dite « ogolienne », la vallée était quasi-totalement remblayée par les cailloutis de l'unité pléistocène U⁶ et certains indices (découverts à Dandoli en 2004) suggèrent qu'elle devait être aussi partiellement recouverte par des édifices dunaires. L'Holocène est donc entièrement responsable des formes actuelles reconnues à proximité du cours d'eau. Mais ses premières manifestations érosives ne sont pas directement datées.

La transformation s'opère avant le premier remblaiement de l'Holocène ancien, au moment où s'incise le chenal dans les silts pléistocènes. La base de HA³ étant attribuée au dernier quart du X^e millénaire av. J.-C., il est certain que les deux phases d'incision brutale (HA⁰) et de récurage des berges (HA²) reconnues dans le *ravin de la Mouche*, aux preuves géométriques et sédimentaires flagrantes, sont antérieures. Tout le problème réside dans l'âge de HA¹ pour lequel les

datations ¹⁴C et OSL ne donnent que des dates bien antérieures (autour de 26-30ka), pouvant être interprétées comme étant liées à des remaniements d'éléments pléistocènes. Cependant, le modèle d'âge minimum appliqué à des distributions obtenues sur différentes granulométries et sur grains uniques ou petites aliquotes ne permet pas d'obtenir un résultat suffisamment cohérent pour permettre d'estimer l'âge du remaniement, lequel fut sans doute trop rapide pour une remise à zéro suffisante du signal.

La première et forte incision dans les formations pléistocènes (HA⁰) a eu lieu lorsque les écoulements sont devenus beaucoup plus importants et réguliers, entre 14500 BP et 12500 BP, période pendant laquelle une augmentation des précipitations est confirmée, que ce soit dans le delta intérieur du Niger (Makaske, 1998) ou plus généralement en Afrique de l'Ouest (DeMenocal *et al.*, 2000 ; Lézine *et al.*, 2005) et centrale (Maley, 2003). Cette période de transition est extrêmement instable du point de vue climatique car, dans une tendance générale vers l'humidité, plusieurs intervalles nettement plus secs sont signalés, associés également à des changements de températures (Lézine *et al.*, 2005). Dans le bassin du Tchad, une phase brève et intense de reprise des écoulements est datée de *ca* 14500 cal. BP (Servant, 1973 ; Maley, 1981), soit *au début* de la fourchette chronologique que nos datations permettent d'envisager pour le Yamé. Il est donc probable que ces incisions aient été synchrones.

A la fin de l'épisode du *Younger Dryas*, reconnu en Afrique occidentale entre 13400 et 12100 BP (Lézine *et al.*, 2005), l'incision principale est donc déjà réalisée ; le remplissage HA¹ daterait donc dans ce cas *au moins* de l'intervalle milieu du XI^e millénaire – dernier quart du X^e millénaire av. J.-C., mais il n'est pas exclu qu'il ait pu débiter antérieurement.

Peut-on également attribuer à HA² une signature paléoclimatique ? Rien n'est moins certain. On ne peut que remarquer que cette formation coïncide *grosso modo* chronologiquement avec l'épisode sec reconnu autour de 11400-11200 BP dans les sédiments du delta du Niger (Lézine *et al.*, 2005). Cet épisode, caractérisé comme durant le *Younger Dryas* par la réduction des apports hydro-sédimentaires dans une ambiance paléoenvironnementale à végétation restreinte, est-il à l'origine de la phase hydrodynamique brutale qui remanie les silts pléistocènes des rives du Yamé ? Pourrait-il être la traduction de précipitations brutales – dans une période à saisons beaucoup plus contrastées – affectant un paysage clairsemé ?

Dans tous les cas, les deux périodes d'incision verticale des sédiments pléistocènes et le dépôt de HA¹ expriment donc, même si les incertitudes chronologiques demeurent, la période de transition entre le dernier maximum glaciaire (et aride) et l'interglaciaire plus humide qui se met en place.

C'est pendant cette période de l'Holocène ancien que commence à se dessiner le glaciaire de substitution, par érosion latérale dans les limons de couverture ; c'est à la fin du VIII^e millénaire, c'est-à-dire avec le dépôt

dans le chenal principal de HA³ et HA⁴ que la situation connaît une nouvelle étape. En effet, daté du VIII^e millénaire, HA⁴ correspond chronologiquement à l'élaboration du plan alluvial de la terrasse « néolithique » de *Damatoumou*. Deux dates ¹⁴C certifient une occupation au milieu du VIII^e millénaire sur le site archéologique de *Damatoumou 1*, recouvert par des colluvions plus récentes. Or, au lieu-dit *La butte du zaban*, au sommet d'une butte résiduelle dominant le glacis d'érosion inférieur (qui ici est dans la continuité topographique de la terrasse), un matériel microlithique a été découvert dans la pellicule superficielle limoneuse. Ces deux sites semblent donc montrer que, sur les surfaces soumises au ruissellement en nappe, l'élaboration du glacis de substitution a dû commencer entre le XI^e et le VIII^e millénaire av. J.-C., au moment où, dans le fond de vallée, s'accumule le matériel de l'Holocène ancien. Sur la base de ce raisonnement, on pourrait d'ailleurs envisager un intervalle large pour la datation des industries microlithiques de *La butte du zaban* et, à plus petite échelle, de l'ensemble du pays dogon (travaux de E. Huysecom et de S. Soriano en cours).

L'accumulation de la terrasse néolithique s'élabore durant le VIII^e millénaire av. J.-C., pendant que continue à se dessiner, en amont, le glacis de substitution. Pour les deux millénaires qui suivent, aucune information sédimentaire directe n'est disponible. Tout semble indiquer qu'une nouvelle phase d'incision dans les sédiments de l'Holocène ancien se produit avant que ne se mettent en place les sédiments de l'Holocène moyen, datés partiellement du V^e millénaire av. J.-C. au *ravin du Vitex*. Mais ce n'est réellement qu'à partir du IV^e millénaire que les conditions paléoenvironnementales paraissent changer, orientant la sédimentation vers l'accumulation de dépôts très riches en matière organique. Les conditions ne relèvent dès lors plus exclusivement des conditions pluviométriques et hydrologiques naturelles puisque tout indique une influence grandissante de l'impact de l'Homme sur les écosystèmes, probablement déjà durant l'Holocène moyen mais surtout à partir de l'Holocène récent.

5.2 - LE RÔLE GRANDISSANT DES FEUX DANS LES DYNAMIQUES PAYSAGÈRES DURANT L'HOLOCÈNE

Les premières analyses palynologiques et archéobotaniques suggèrent que la végétation de l'*Holocène ancien* du X-IX^e millénaire pourrait avoir été une savane très ouverte, avec quelques groupements boisés, notamment en bordure de cours d'eau. On y reconnaît des formations graminéennes, mais où la présence d'herbacées xérophiiles (Composées et Chénopodiacées) est remarquable. Parmi les arbres, l'espèce guinéenne *Syzygium guineense* formait certainement un cordon ripicole au plus près de l'eau, tandis que des éléments comme *Prosopis africana*, *Anogeissus leioleocarpus*, *Combretum micranthum*, *Diospyros*, *Acacia* ou *Pterocarpus* trouvaient place dans une galerie forestière plus étendue ou, très ponctuellement, dans la savane. C'est une végétation qui semble peu influencée

par les feux, naturels ou anthropiques. En effet, les échantillons prélevés dans HA³ sont relativement pauvres en restes organiques carbonisés, probablement en raison de la faible fréquence des incendies. De même, il est difficile de dire quel a été l'impact des premières occupations holocènes sur les environnements végétaux.

Pour l'*Holocène moyen*, les coupes, récemment échantillonnées et en cours d'analyse, n'ont pas encore fourni de renseignements suffisamment précis sur les paléoenvironnements et il est impossible de préciser à l'heure actuelle les caractéristiques phytogéographiques des formations.

L'*Holocène récent*, soumis à l'analyse granulométrique et micromorphologique, est beaucoup plus riche en informations. Les dépôts fins, lités, plus ou moins organiques, de couleur grise, deviennent dominants, du moins à proximité immédiate du Yamé (photos 4 et 5). L'analyse détaillée des dépôts de certaines coupes montre l'alternance de formations litées, de type rythmites, qui ont donné son nom au site dit des « Varves ouest ». L'ensemble sédimentaire s'organise, essentiellement à partir du II^e millénaire av. J.C., en séquences répétées alternant deux lamines distinctes. Cette alternance de passées sédimentaires grossières et fines, propres à l'Holocène récent, est systématique et porte, en lames minces, la signature d'un fonctionnement saisonnier. La succession d'une quarantaine de lamines sur la *coupe du Rônier*, sur près d'un mètre d'épaisseur, soit vingt binômes, couvre ainsi une vingtaine d'années. Les *lamines sablo-limoneuses* d'une couleur gris clair, friables et parfois assez grossières, comportent de nombreux charbons de plus ou moins grande taille, des limons grossiers et des sables fins et grossiers. Ces passées, d'environ 5 cm d'épaisseur en moyenne, ont été mises en place au début de la saison des pluies, enrichies de sables grossiers et fins par un ruissellement relativement compétent. Les charbons observés sont de tailles assez grossières entre 100 μ m et 2,5 cm. Leurs formes sont le plus souvent équidimensionnelles. Les *lamines limono-sableuses*, d'une épaisseur moyenne de 3 cm, sont riches en pollens, en particules cendreuses et en limons fins et grossiers. Ces faciès de couleur grise, localement assez sombre, sont typiques des sols marécageux à fonctionnement saisonnier (photo 5). Ces lamines plus limoneuses permettent de supposer un fonctionnement lacustre en saison humide et au début de la saison sèche. Un assèchement saisonnier local des plans d'eau se produisait, en fin de saison sèche, avec une oxydation superficielle et le développement de fentes de dessiccation.

Les formations végétales mises en évidence par les analyses palynologiques et archéobotaniques, dans la première partie de cette période (*La Termitière*, *Le Ravin Sud*) correspondent à des savanes soudaniennes à *Vitellaria* (Karité), Combretacées, *Lophira*, *Detarium*, etc... associées localement à des formations boisées comportant parfois des éléments guinéens (*Syzygium*, *Uapaca*, *Alchornea*). Par la suite, les Combretacées prennent de plus en plus d'importance et la

Photo 4 : Détail de la coupe du Ravin du Vitex : à la base les sables grossiers de l'Holocène moyen, puis la masse grise des sédiments de l'Holocène récent (avec des figures de remaniements) et au-dessus les limons protohistoriques.

Photo 4 : Detail of the cross-section of Ravin du Vitex : Middle Holocene coarse sand, then formations with organic mater of the Recent Holocene and, at the top, protohistoric colluvium.

végétation s'enrichit en éléments sahéliens. Ceci indique pour l'Holocène récent une évolution d'ensemble vers une aridification des paysages. Cependant, le fait majeur de cette phase est l'enrichissement considérable des dépôts en restes organiques carbonisés (cendres, charbons). L'analyse des palynofaciès permet notamment de mieux caractériser l'enregistrement des feux ; ceux-ci apparaissent nettement plus fréquents à partir du III^e millénaire av. JC. (*Le Ravin Sud, Les Varves ouest, Le Ravin du Rônier*).

La mise en évidence des compositions floristiques tout au long de l'Holocène, qui montrent la montée en puissance des éléments pyrophiles, ainsi que l'interprétation des faciès lithologiques et des palynofaciès, permettent d'ores et déjà de parler d'une emprise grandissante des feux en tant que facteur déterminant des dynamiques paysagères. Probablement accidentel et à faible fréquence dans l'Holocène ancien, le feu devient un facteur écologique majeur à partir de l'Holocène moyen. Pour l'Holocène récent, nous pouvons entrevoir un début de caractérisation du régime des feux. L'alternance saisonnière des rythmites étudiées enregistre leur fréquence annuelle, à l'échelle du bassin, avec un retour systématique et non aléatoire. Ces feux parcouraient les savanes du bassin versant pendant la saison sèche et leur régularité permet de postuler leur

Photo 5 : Faciès de sédimentation des rythmites de la coupe du Rônier. On remarque nettement l'alternance saison des pluies/saison sèche et la présence de nombreux charbons de bois.

Photo 5 : Laminations ("varves") of the "Coupe du Rônier".

caractère anthropique. La marque que ces feux ont laissée dans les formations sédimentaires, par leur spectaculaire production pyroclastique, est considérable.

5.3 - IMPACT ANTHROPIQUE ET ÉROSION DES SOLS DURANT LES DEUX MILLÉNAIRES

Le poids grandissant de l'impact anthropique durant l'Holocène récent et terminal est à mettre sur le compte d'une volonté ancienne de maîtrise de la nature, notamment par le biais du feu, et, pour les périodes les plus récentes, de la mise en valeur agricole des terres (Ballouche, 2002 ; Wardell *et al.*, 2003). Ce facteur a certainement agi sur le milieu en conjonction avec les bouleversements climatiques parallèles que connaît cette période (deMenocal *et al.*, 2000 ; Breunig & Neumann, 2002 ; Maley, 2003 ; Marchant & Hooghiemstra, 2004). Dans les conditions structurales particulières du plateau dogon, nul doute que la fragilisation des sols par les défrichements, l'intensification et l'amélioration des techniques expliquent grandement les accumulations en fond de vallée. Pour autant, comment expliquer l'épaisse terrasse protohistorique reconnue sur le site d'Ounjougou ?

Cet épais colluvionnement – jusqu'à quatre mètres localement – représente-t-il globalement les deux

derniers millénaires, comme pourraient l'indiquer les dates extrêmes disponibles (à partir du VIII^e s. av. J.-C. et jusqu'au XX^e s. ap. J.-C.), ou est-il le fruit de quelques siècles géomorphologiquement beaucoup plus efficaces ? Dans cette dernière hypothèse, les autres datations ¹⁴C cernent davantage l'intervalle V^e-XIII^e s. ap. J.-C. qui, au *Promontoire protohistorique*, expliqueraient à peu près les 2/3 de l'accumulation totale.

Doit-on alors mettre en relation cet épisode avec les caractéristiques climatiques de la période V^e-XI^e s. ap. J.-C., reconnue dans le Sahel ouest-africain comme correspondant à un *Optimum humide* (Mayor *et al.*, 2005) ? Les sociétés pré-dogon ont-elles eu un impact beaucoup plus important sur les écosystèmes que les sociétés antérieures, à la fois parce que l'utilisation du fer était devenue courante et parce que les conditions pluviométriques permettaient des densités plus fortes ?

Ou doit-on envisager une explication sur un pas de temps plus large en recherchant son origine dans l'impact anthropique sur les formations végétales durant les siècles précédents (de 1000 av. J.-C. à 500 ap. J.-C.) davantage caractérisés par les sécheresses répétées du « *Big Dry* » (Mayor *et al.*, 2005) ?

Pour l'instant, il nous est impossible de préciser, mais indiscutablement, même si ce colluvionnement a pu être amplifié par les conditions morphostructurales locales (disposition des barrages gréseux, zone de confluence...), il paraît exceptionnel dans l'Holocène ouest africain. Les modalités de sa mise en place seront à affiner dans un proche avenir, mais il est intéressant de constater que les études menées dans le bassin du Tchad témoignent d'un scénario qui pourrait convenir et associer nos deux hypothèses dans un même schéma d'évolution : à la phase érosive qui se situerait vers la fin du I^{er} millénaire BC (*ca* 2200-1800 cal. BP) succède une longue période d'alluvionnement limoneux qui débute vers 1800-1700 cal. BP et qui se termine vers le XIII^e s. AD (Servant, 1973 ; Maley, 1981). La discordance entre les deux phases de colluvionnement HT¹ et HT² pourrait alors correspondre à la transition I^{er} millénaire av. J.-C. - I^{er} millénaire ap. J.-C. Toutefois, il nous paraît difficile de paralléliser, sans autres précisions chronologiques, le fonctionnement de l'hydrosystème du plateau de Bandiagara, à celui des cours d'eau dépendants du lac Tchad.

6 - CONCLUSION

Au même titre que la séquence pléistocène, la séquence holocène d'Ounjougou doit être considérée comme exceptionnelle pour la reconstitution des paléoenvironnements et l'étude du rôle des modifications climatiques et de l'impact anthropique sur les écosystèmes. D'ores et déjà, les enseignements tirés de l'analyse stratigraphique des formations et des datations ¹⁴C éclairent sous un angle nouveau les grandes étapes de l'évolution géomorphologique du plateau dogon, caractérisées durant l'Holocène par plusieurs

phases d'incision et d'accumulation et par l'élaboration de deux niveaux de substitution en contrebas du glaciaire principal. La corrélation fine des faits identifiés à Ounjougou avec des événements paléoclimatiques régionaux et globaux doit encore être recherchée à partir de la documentation précise des paléoenvironnements et des milieux sédimentaires. Une attention particulière devra être accordée au fonctionnement de l'hydrosystème du Yamé. Cependant, la recherche archéobotanique permet déjà de montrer le rôle grandissant de l'Homme dans les dynamiques paysagères et d'entrevoir un début de caractérisation du régime des feux, au moins durant l'Holocène récent. Enfin, l'impact des sociétés pré-dogon sur les écosystèmes est envisagé pour expliquer la mise en place de la terrasse protohistorique durant la deuxième moitié du I^{er} millénaire après J.-C.

REMERCIEMENTS

Nos recherches s'inscrivent dans un cadre pluridisciplinaire bâti autour du programme de recherche international « *Évolution paléoclimatique et peuplement humain en Afrique de l'Ouest* » dirigé par l'un des auteurs (E.H.), auquel participent plusieurs chercheurs d'institutions maliennes, françaises, suisses, allemande et britannique (Huysecom, 2002). Elles bénéficient de l'infrastructure locale de la M.A.E.S.A.O (Mission archéologique et ethno-archéologique suisse en Afrique de l'Ouest).

Les activités de l'équipe genevoise sont financées par le Fonds National de la Recherche Scientifique, la Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger et l'Etat de Genève. Les travaux de l'équipe française (Caen, Rouen) sur l'Holocène d'Ounjougou sont soutenus depuis avril 2005 par le programme ECLIPSE II (INSU-CNRS). Les déterminations archéobotaniques sont assurées par K. Neumann dans le cadre d'un projet financé par la DFG (Deutsche Forschungsgemeinschaft). Enfin, Ch. Tribolo bénéficie pour sa recherche post-doctorale d'une bourse Marie Curie financée par la Commission Européenne (MEIF-CT-2003-501195). Elle remercie le NERC pour le support financier apporté au travers du programme EFCHED.

Que les nombreux collaborateurs maliens qui contribuent à la réussite de ces travaux, notamment les membres de la Mission culturelle de Bandiagara et les villageois de Dimbal et de Gologou, soient ici encore chaleureusement remerciés.

Les auteurs remercient vivement les deux relecteurs de la revue pour leurs remarques minutieuses et constructives.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AITKEN M., 1998 - *An introduction to optical dating*, Oxford Science Publications, Oxford.
- BALLOUCHE A., 2002 - Histoire des paysages végétaux et mémoire des sociétés dans les savanes ouest-africaines. *Historiens et géographes*, **381**, 379-388.
- BALLOUCHE A., DOUTRELEPONT H., & HUYSECOM E., 2003 - Données archéobotaniques et palynologiques préliminaires des dépôts holocènes du site d'Ounjougou (Mali). *Colloque Archéométrie*, GMPCA, Bordeaux, p. 26.
- BEAUDET G., COQUE R., MICHEL P., & ROGNON P., 1981 - Reliefs cuirassés et évolution géomorphologique des régions orientales du Mali. 1 : La région du Tilemsi et la vallée du Niger de Taoussa à Gao ; 2 : Le Gourma et le Plateau de Bandiagara, son contact avec le Macina., *Z. Géomorph. N.F.*, Suppl.- Bd. **38**, Berlin-Stuttgart, 38-62 et 63-85.
- BREUNIG P., & NEUMANN K., 2002 - Continuity or discontinuity ? The first millenium BC - Crisis in West African prehistory. *Africa Praehistorica*, **14**, 491-505.

- CHRISTOL A., 2004** - *Etude des formes et des formations holocènes du site d'Ounjougou et de la vallée du Yamé (Pays dogon, Mali)*. Mémoire de maîtrise du Département de Géographie de l'Université de Rouen. 100 p.
- COMBAZ A., 1964** - Les palynofacies. *Revue de Micropal.*, **7**, 205-218
- COUTARD S., 1999** - *Etude de l'environnement géologique des sites archéologiques holocènes d'Ounjougou*. Mémoire de DEA « Environnement et Archéologie ». 52 p.
- DAVEAU S., 1958** - Les formes d'altération du grès observables sur le plateau de Bandiagara (Soudan français). *Revue de Géomorphologie dynamique*, **IX** (7-8), 103-111.
- DAVEAU S., 1959** - *Recherches morphologiques sur la région de Bandiagara*. Mém. I.F.A.N., **56**, 120 p.
- DeMENOCA 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 Sci. Rev.*, **19**, 347-361.
- GALBRAITH R. F., ROBERTS R. G., LASLETT G. M., YOSHIDA H., & OLLEY J. M., 1999** - Optical dating of the single and multiple grains of quartz from Jimmum Rock Shelter, northern Australia : part I, experimental design and statistical models. *Archaeometry*, **41**, 339-364.
- HUYSECOM E., 1996** - Découverte récente d'un site stratifié holocène à Ounjougou, Mali : résultats des deux missions préliminaires : *Nyame Akuma, Bulletin of the Society of Africanist Archaeologists*, **46**, 59-71.
- HUYSECOM E., 2002** - Palaeoenvironment and human population in West Africa : an international research project in Mali. *Antiquity*, **76**, 335-336.
- HUYSECOM E., BEECKMAN H., BOËDA E., DOUTRELEPONT H., FEDOROFF N., MAYOR A., RAEI F., ROBERT A., & SORIANO S., 1999** - Paléoenvironnement et peuplement humain en Afrique de l'Ouest. Rapport de la seconde mission de recherche (1998-99) sur le gisement d'Ounjougou (Mali). *Jahresbericht 1998*, FSLA, Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger, Zurich, Vaduz, 153-204.
- HUYSECOM E., BOËDA E., DEFORCE K., DOUTRELEPONT H., DOWNING A., FEDOROFF N., KONATE D., MAYOR A., OZAINNE S., RAEI F., ROBERT A., ROCHE E., SORIANO S., SOW O., & STOKES S., 2000** - Ounjougou (Mali) : troisième campagne de recherches dans le cadre du programme Paléoenvironnement et peuplement humain en Afrique de l'Ouest. *Jahresbericht 1999*, FSLA, Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger, Zurich, Vaduz, 97-149.
- HUYSECOM E., BOËDA E., DEFORCE K., DOUTRELEPONT H., DOWNING A., FEDOROFF N., GALLAY A., KONATE D., MAYOR A., OZAINNE S., RAEI F., ROBERT A., SORIANO S., SOW O., & STOKES S., 2001** - Ounjougou (Mali) : résultats préliminaires de la quatrième campagne de recherches. *Jahresbericht 2000*, FSLA, Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger, Zurich, Vaduz, 105-150.
- HUYSECOM E., BALLOUCHE A., BOËDA E., CAPPAL L., CISSE L., DEMBELE A., GALLAY A., KONATE D., MAYOR A., OZAINNE S., RAEI F., RASSE M., ROBERT A., ROBION C., SANOGO K., SANOGO K., SORIANO S., SOW O., & STOKES S., 2002** - Cinquième campagne de recherches à Ounjougou (Mali). Résultats préliminaires. *Jahresbericht 2001*, FSLA, Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger, Zurich, Vaduz, 55-113.
- HUYSECOM E., BALLOUCHE A., CISSE L., GALLAY A., KONATE D., MAYOR A., NEUMANN K., OZAINNE S., PERRET S., RASSE M., ROBERT A., ROBION C., SANOGO K., SERNEELS V., SORIANO S., & STOKES S., 2004** - Paléoenvironnement et peuplement humain en Afrique de l'Ouest : rapport de la sixième campagne de recherches à Ounjougou (Mali). *Jahresbericht 2003*, FSLA, Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger, Zürich, 27-68.
- HUYSECOM E., BALLOUCHE A., GALLAY A., GUINDO N., KEÏTA D., KOUTI S., LE DREZEN Y., MAYOR A., NEUMANN K., OZAINNE S., PERRET S., RASSE M., ROBION-BRUNNER C., SCHAER K., SERNEELS V., SORIANO S., STOKES S., & TRIBOLO CH., (à paraître)** - La septième campagne de terrain à Ounjougou (Mali) et ses apports au programme interdisciplinaire « Paléoenvironnement et peuplement humain en Afrique de l'Ouest ». *Jahresbericht 2004*, FSLA, Fondation Suisse-Liechtenstein pour les recherches archéologiques à l'étranger.
- HUYSECOM E., OZAINNE S., RAEI F., BALLOUCHE A., RASSE M., & STOKES S., 2004** - Ounjougou (Mali) : A History of Holocene settlement at the southern edge of the Sahara. *Antiquity*, **78**, 41-55.
- LEZINE A.-M., DUPLESSY J.-C., & CAZET J.-P., 2005** - West African monsoon variability during the last deglaciation and the Holocene : Evidence from fresh water algae, pollen and isotope data from core KW31, Gulf of Guinea. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **219**, 225-237.
- MAKASKE B., 1998** - *Anastomosing rivers. Forms, processes and sediments*. Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen, Universiteit Utrecht, 287 p.
- MALEY J., 1981** - *Etudes palynologiques dans le bassin du Tchad et paléoclimatologie de l'Afrique nord-tropicale de 30000 ans à l'époque actuelle*. Thèse Sc., Montpellier, *Travaux et Documents ORSTOM*, **129**, 586 p.
- MALEY J., 2003** - *Synthèse sur l'histoire de la végétation et du climat en Afrique centrale au cours du Quaternaire récent*. In Froment A. et Guffroy J. - *Peuplements anciens et actuels des forêts tropicales*. IRD Editions, Paris, 358 p.
- MARCHANT R., & HOOGHMESTRA H., 2004** - Rapid environmental change in African and South American tropics around 4000 years before present : a review. *Earth-Science Reviews*, **66** (3-4), 217-260.
- MAYOR A., HUYSECOM E., GALLAY A., RASSE M., & BALLOUCHE A., 2005** - Population dynamics and paleoclimate over the last 3000 years in the Dogon Country, Mali. *Journal of Anthropological Archaeology*, **24**, 25-61.
- OLLEY J.M., CAITCHEON G.G., & ROBERTS R.G., 1999** - The origin of dose distributions in fluvial sediments, and the prospect of dating single grains from fluvial deposits using optically stimulated luminescence. *Radiation Measurements*, **30**, 207-217.
- OLLEY J.M., PIETSCH T., & ROBERTS R.G., 2004** - Optical dating of Holocene sediments from a variety of geomorphic setting using single grains of quartz. *Geomorphology*, **60**, 337-358.
- OZAINNE S., HUYSECOM E., BALLOUCHE A., & RASSE M., 2004** - Le site des Varves à Ounjougou (Mali) : nouvelles données sur le peuplement néolithique des zones subsahariennes en Afrique de l'Ouest. *Le forum suisse des africanistes*, **4**, Munster, LIT Verlag, 265-281.
- ROBERT A., SORIANO S., RASSE M., STOKES S., & HUYSECOM E., 2003** - First chrono-cultural reference framework for the West African Palaeolithic : new data from Ounjougou (Dogon Country, Mali). *Journal of African Archaeology*, **1** (2), 151-169.
- RASSE M., SORIANO S., TRIBOLO CH., STOKES S., & HUYSECOM E., 2004** - La séquence pléistocène supérieur d'Ounjougou (Pays dogon, Mali, Afrique de l'Ouest) : évolution géomorphologique, enregistrements sédimentaires et changements culturels. *Quaternaire*, **15** (4), 329-341.
- SEBAG D., 2002** - *Apports de la matière organique pour la reconstitution des paléoenvironnements Holocènes de la Basse Vallée de la Seine. Fluctuations des conditions hydrologiques locales et environnementales des dépôts*. Thèse de Doctorat, Université de Rouen, 358 p.
- SERVANT M., 1973** - *Séquences continentales et variations climatiques : Evolution du bassin du Tchad au Cénozoïque supérieur*. Thèse Sc., Paris, publiée en 1983 in *Travaux et Documents ORSTOM*, **159**, 573 p.
- TYSON R.V., 1995** - *Sedimentary organic matter : organic facies and palynofacies*. Chapman & Hal, London, 615 p.
- WARDELL D.A., REENBERG A., & TØTTRUP C., 2003** - Historical footprints in contemporary landuse systems : forest cover changes in savannah woodlands in the Sudano-Sahelian zone. *Global Environmental Change*, **13**, 235-254