



**HAL**  
open science

**La formation loessique du Pléistocène moyen et supérieur de la Jouannière à Bonneval, Eure-et-loir (France) : sédimentologie, géochronologie, paléoenvironnement et préhistoire**

Jackie Despriée, Grégory Bayle, Sylvie Coutard, Xuefeng Sun, Norbert Mercier, Gilles Courcimault, Laurent Marquer, Pierre Voinchet, Jean-Jacques Bahain, Jean-luc Loch

► **To cite this version:**

Jackie Despriée, Grégory Bayle, Sylvie Coutard, Xuefeng Sun, Norbert Mercier, et al.. La formation loessique du Pléistocène moyen et supérieur de la Jouannière à Bonneval, Eure-et-loir (France) : sédimentologie, géochronologie, paléoenvironnement et préhistoire. Quaternaire, 2018, 29 (2), pp.131-148. 10.4000/quaternaire.8872 . hal-02196039

**HAL Id: hal-02196039**

**<https://hal.science/hal-02196039>**

Submitted on 26 Jul 2019

**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.



## Quaternaire

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

vol. 29/2 | 2018  
Volume 29 Numéro 2

---

# La formation loessique du Pléistocène moyen et supérieur de la Jouannière à Bonneval, Eure-et-loir (France) : sédimentologie, géochronologie, paléoenvironnement et préhistoire

*The middle and Upper Pleistocene loessic formation of La Jouannière at Bonneval, Eure-et-Loir (France) : sedimentology, geochronology, palaeoenvironment and prehistory*

Jackie Despriée, Grégory Bayle, Sylvie Coutard, Xuefeng Sun, Norbert Mercier, Gilles Courcimault, Laurent Marquer, Pierre Voinchet, Jean-Jacques Bahain et Jean-Luc Locht



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/8872>

DOI : 10.4000/quaternaire.8872

ISSN : 1965-0795

### Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

### Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2018

ISSN : 1142-2904

Ce document vous est offert par Muséum national d'histoire naturelle



### Référence électronique

Jackie Despriée, Grégory Bayle, Sylvie Coutard, Xuefeng Sun, Norbert Mercier, Gilles Courcimault, Laurent Marquer, Pierre Voinchet, Jean-Jacques Bahain et Jean-Luc Locht, « La formation loessique du Pléistocène moyen et supérieur de la Jouannière à Bonneval, Eure-et-loir (France) : sédimentologie, géochronologie, paléoenvironnement et préhistoire », *Quaternaire* [En ligne], vol. 29/2 | 2018, mis en ligne le 23 juillet 2018, consulté le 26 juillet 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/8872> ; DOI : 10.4000/quaternaire.8872

# LA FORMATION LÆSSIQUE DU PLÉISTOCÈNE MOYEN ET SUPÉRIEUR DE LA JOUANNIÈRE À BONNEVAL, EURE-ET-LOIR (FRANCE) : SÉDIMENTOLOGIE, GÉOCHRONOLOGIE, PALÉOENVIRONNEMENT ET PRÉHISTOIRE



Jackie DESPRIÉE<sup>1</sup>, Grégory BAYLE<sup>2</sup>, Sylvie COUTARD<sup>3</sup>, Xuefeng SUN<sup>4</sup>,  
Norbert MERCIER<sup>5</sup>, Gilles COURCIMAULT<sup>6</sup>, Laurent MARQUER<sup>7, 8</sup>,  
Pierre VOINCHET<sup>1</sup>, Jean-Jacques BAHAIN<sup>1</sup> & Jean-Luc LOCHT<sup>3</sup>

## RÉSUMÉ

Une formation limoneuse épaisse de plus de 6 m a été mise au jour en 2005 lors d'une opération de diagnostic archéologique, au lieu-dit la Jouanière, commune de Bonneval (Eure-et-Loir, France), sur le rebord occidental de la haute vallée du Loir. Les études sédimentologiques, micromorphologiques, géochronologiques (Re-OSL) et des microcharbons ont permis de répartir les dix couches de dépôts limoneux d'origine læssique en deux séquences. Dans la séquence inférieure (US 10 à 5), les loess ont été déposés entre les Stades Isotopiques Marins (SIM) 12 et 6. La découverte de bifaces et de nucléus *in situ* dans les couches supérieures de cette séquence (Unités Stratigraphiques US 6a et 5) indique la présence des hommes du Paléolithique moyen dès le début du SIM 8. La séquence læssique supérieure (US 4 à 1) a subi plusieurs séries de pédogenèses et de cryoturbations. Elle comprend notamment un sol gris forestier et, par comparaison avec les stratigraphies du Nord de la France, peut être rapportée au complexe Eemien-Weichselien. Deux amas de débitage de silex ont été fouillés en limite des US 4 et 3. Les chaînes opératoires utilisées, rapportées au Paléolithique moyen, ont également été observées dans les couches de loess supérieures qui contenaient des nucléus Levallois et des bifaces moustériens. Même si les différentes unités stratigraphiques sont moins épaisses que dans le stratotype de Saint-Pierre-lès-Elbeuf en Haute-Normandie, la stratigraphie de la Jouanière à Bonneval est à l'heure actuelle la seconde dans la moitié nord de la France à avoir enregistré et conservé des dépôts successifs de loess et de paléosols depuis 450 000 ans.

**Mots-clés :** loess, datation Re-OSL, Pléistocène moyen et supérieur, complexe Eemien-Weichselien, signal microcharbon, Paléolithique moyen, vallée du Loir, centre de la France

## ABSTRACT

THE MIDDLE AND UPPER PLEISTOCENE LOESSIC FORMATION OF LA JOUANNIÈRE AT BONNEVAL, EURE-ET-LOIR (FRANCE) : SEDIMENTOLOGY, GEOCHRONOLOGY, PALAEOENVIRONMENT AND PREHISTORY

A six meters thick loess formation has been discovered during an archaeological survey at la Jouanière, Commune of Bonneval (Eure-et-Loir, France) on the western edge of the high Loir Valley. Multidisciplinary studies (sedimentology, micromorphology, geochronology Re-OSL and palaeobotanics) contribute to the partition of the ten layers (or stratigraphical units, US) of silty loessic deposits into two sequences. In the lower sequence (US 10 to 5), loess was deposited during Marine Isotopic Stages (MIS) 12 to 6. In this lower sequence, handaxes and cores were discovered *in situ* in US 6a and 5. They suggest the presence of Middle Palaeolithic hominins since the beginning of the MIS 8. The upper loess sequence (US 4 to 1) was altered and disturbed many times (cryoturbation, bioturbation, illuviation). A grey forest soil was observed. This upper sequence, when compared with the main loessic records of northern France, was probably deposited and altered during the Eemian-Weichselian Complex. Two flaking heaps with cores and flakes were excavated on the soil at the contact of US 4 and 3. The "chaînes opératoires" are typical of Middle Palaeolithic flaking. The same types of flaking were also observed in the uppers US 2 and 1 that contained numerous but scattered Levallois cores and Mousterian handaxes. At Bonneval, the stratigraphical units are thinner than in the Saint-Pierre-lès-Elbeuf stratotype in Normandy. However the la Jouanière Formation is the second site in northern France that recorded the loess deposits and paleosols succession since 450 000 years.

**Keywords:** loess, Re-OSL dating, Middle and Upper Pleistocene, Eemian-Weichselian complex, charcoal signal, Middle Palaeolithic, Loir Valley, centre of France

<sup>1</sup> Muséum national d'Histoire naturelle, UMR 7194 HNHP, Département Homme et Environnement, 1 rue René-Panhard, 75013 Paris, France. *Courriel* : jackie.desprIEEE@free.fr; pvoinch@mnhn.fr; bahain@mnhn.fr

<sup>2</sup> Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), UMR 7324 CITERES, 32 rue Délézy, 93692 Pantin Cedex, France. *Courriel* : gregory.bayle@inrap.fr

<sup>3</sup> Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP), 32 avenue de l'Étoile du Sud, 80440 Glisy, France. *Courriel* : sylvie.coutard@inrap.fr ; jean-luc.locht@inrap.fr

<sup>4</sup> School of geographical and Oceanographical Sciences, Nanjing University, n°22 Hankou Road, 210093 Nanjing, China. *Courriel* : xuefeng@nju.edu.cn

<sup>5</sup> Institut de Recherche sur les Archéomatériaux, UMR 5060 CNRS – Université de Bordeaux, Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (CRP2A), Maison de l'archéologie, 33607 Pessac Cedex, France. *Courriel* : norbert.mercier@u-bordeaux-montaigne.fr

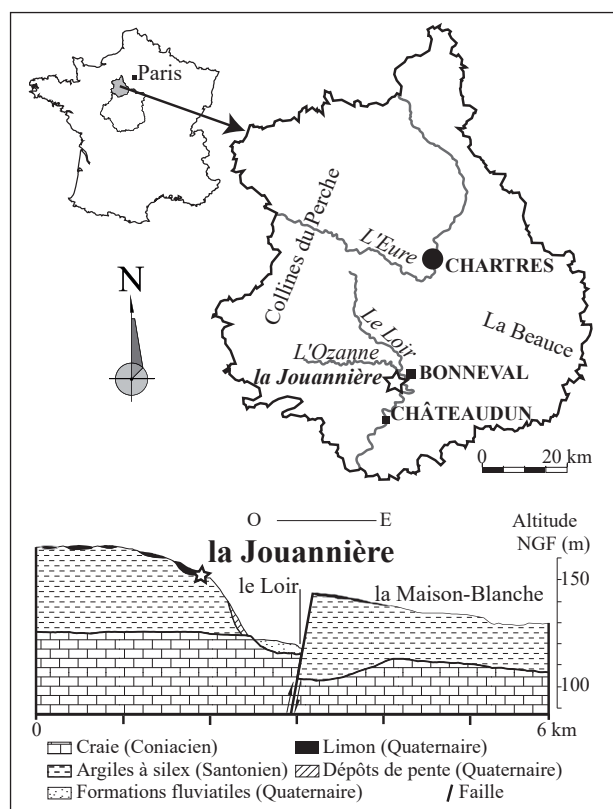
<sup>6</sup> Centre régional de recherches archéologiques, 18 rue Charles-Lindbergh, 41000 Blois, France. *Courriel* : roquezon41@gmail.com

<sup>7</sup> GEODE UMR-CNRS 5602, Université de Toulouse Jean-Jaurès, 31058 Toulouse cedex 1, France. *Courriel* : laurent.marquer.es@gmail.com

<sup>8</sup> Research Group for Terrestrial Palaeoclimates, Max Planck Institute for Chemistry, Mainz, Germany.

## 1 – INTRODUCTION

Le site de la Jouanière se trouve sur la commune de Bonneval (Eure-et-Loir). Le territoire de cette commune est traversé du nord au sud par la haute vallée du Loir. Il s'étend, à l'ouest de la vallée, sur les argiles à silex crétacées du Perche et à l'est, sur les calcaires lutétiens de la bordure de la Beauce (fig. 1). Localement, le cours de la rivière qui incise les formations crétacées emprunte successivement des directions orthogonales nord-est / sud-ouest et nord-ouest / sud-est. Ces directions correspondent à un réseau d'accidents tectoniques limitant les divers compartiments.



**Fig. 1 : Localisation du site de la Jouanière.**

Position de la ville de Bonneval dans la haute vallée du Loir (département d'Eure-et-Loir, région Centre-Val de Loire, France). Position de la formation loessique de la Jouanière sur le transect géologique de la vallée du Loir à Bonneval.

*Fig. 1: Location of the La Jouanière Site. Location of the City of Bonneval in the upper Loir Valley (Eure-et-Loir Department, Centre-Val de Loire Region, France). Location of the la Jouanière loessic Formation on the geologic section of the Loir Valley at Bonneval.*

Le plateau de la Jouanière (153,80 m NGF) correspond à la surface de l'un de ces compartiments du substrat. Il est surélevé à la fois par rapport au compartiment de la Maison-Blanche, situé à l'est (135-140 m) et par rapport au compartiment situé au nord qui est incliné en pente douce (143-125 m) vers l'Ozanne (fig. 1). Plusieurs carottages profonds (Gigot *et al.*, 1977), qui ont atteint ou dépassé la cote 100 m NGF, confirment que ces compartiments situés à l'ouest de la vallée sont constitués d'argiles à silex santonniennes reposant sur les craies du Coniacien qui affleurent en bas de versant (fig. 1).

L'ensemble du territoire de Bonneval est recouvert par le « Limon des plateaux » qui peut atteindre par endroits plus de trois mètres d'épaisseur (Dewolf, 1977 ; Gigot *et al.*, 1977). C'est le cas à la Jouanière, où ces limons autrefois qualifiés de « terre à brique » ont été extraits pour une fabrique qui a fonctionné depuis la fin du XIX<sup>e</sup> siècle. Des silex taillés attribués au Paléolithique ancien et moyen y ont été découverts jusque dans les années 1960. Plusieurs chercheurs sont venus récolter des pièces et faire des observations stratigraphiques (Jousset de Bellesme, 1918 ; Cotteville-Giraudet, 1927, 1932 ; Bonifay, 1966). Deux ensembles lithiques principaux ont alors été repérés : des pièces à débitage Levallois dans « des limons jaunes, situés entre 1,2 m et 1,5 m de profondeur » sous la surface et des bifaces de type acheuléen dans « une argile rouge, veinée d'argile grise et à sable grossier », apparaissant à environ 2,5 m sous le sol actuel (Anonyme, sd). Ces anciennes séries lithiques sont aujourd'hui conservées au musée de Bonneval (Esnault *et al.*, 2016).

La situation topographique des dépôts argilo-limoneux contenant les assemblages préhistoriques de la Jouanière, en « rebord de plateau », est assez particulière. Elle est relativement rare parmi les sites paléolithiques en contexte sablo-limoneux ou lœssique qui ont été fouillés et étudiés depuis vingt ans dans le sud et le sud-ouest du Bassin parisien (Coussot & Liard, 2017 ; Lochet *et al.*, 2015).

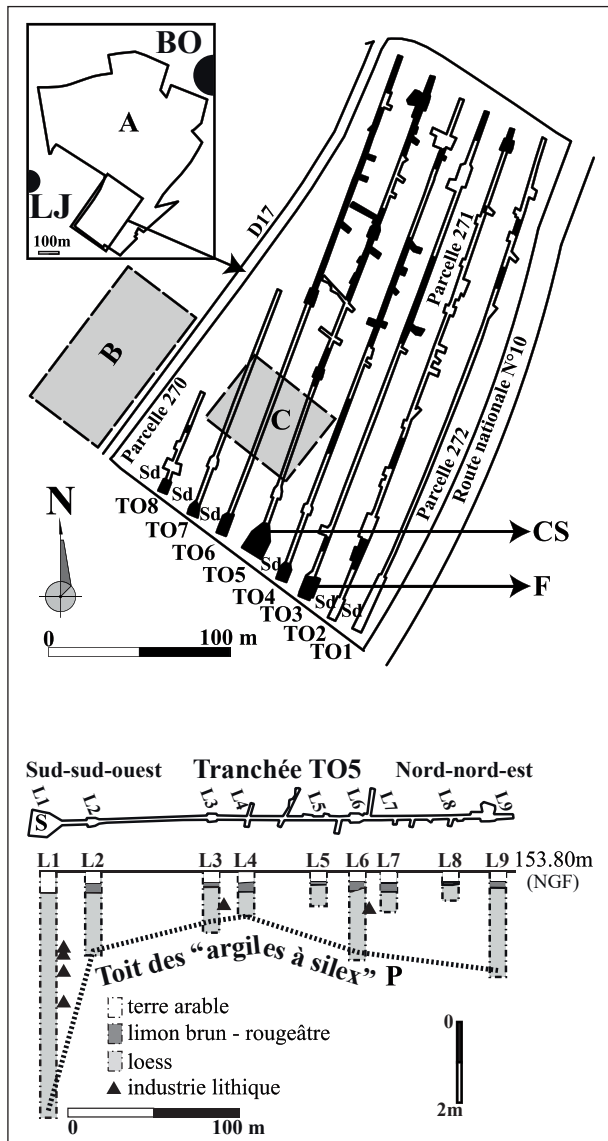
En 2005, un projet d'aménagement d'une zone d'activité dans le secteur de la Jouanière a été déposé par la Communauté de Communes de Bonneval. Compte tenu des découvertes anciennes, ce projet a fait l'objet d'une prescription de diagnostic archéologique préventif par le Service régional de l'Archéologie (ministère de la Culture, DRAC du Centre-Val de Loire).

## 2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'emprise du projet, situé à l'ouest de la route nationale 10, comprenait 44 hectares proches du hameau de la Jouanière, au niveau de la rupture entre le plateau et le versant ouest de la vallée du Loir. Les parcelles concernées ont été sondées par de longues tranchées creusées à la pelle mécanique (fig. 2).

Lors de l'étude d'impact archéologique, les limons ont été étudiés plus particulièrement dans les parcelles cadastrées YA 01-270-271-272, les plus au sud de l'emprise (A) (fig 2). Les huit tranchées d'orientation nord-nord-est/sud-sud-ouest (TO 1 à TO 8) ont révélé que, sur les deux tiers nord de ces parcelles, le toit des « argiles à silex » se trouve à moins de trois mètres de profondeur. Les limons beiges déposés sur ces « argiles à silex » sont d'épaisseur variable, entre 0,50 m et 2 m. Légèrement indurés, ils sont très chargés en oxydes de fer et de manganèse qui leur donnent une coloration jaune ou orangée.

Dans l'extrême sud de cette parcelle, l'épaisseur de ces limons augmente brutalement : sur une distance d'environ 50 m, leur épaisseur passe de 0,50 m à 6 m au niveau de la séquence étudiée en limite de parcelle. Les profils (P)



**Fig. 2 : Orientation et profondeur des tranchées de diagnostic archéologique sur le site de la Jouannière (LJ), commune de Bonneval (BO).**

(A) Emprise du diagnostic archéologique ; (B) Ancienne briqueterie ; (C) Ancienne extraction ; TO : Tranchée de diagnostic archéologique ; CS : Coupe stratigraphique en TO 5 ; F : Fouille de deux amas de silex en TO 3. Sd : Sondages ; Zones en noir : présence d'artefacts lithiques du Paléolithique. P : Exemple de profil du toit de la formation d'argiles à silex santonniennes mis au jour dans la tranchée TO 5 et logs stratigraphiques (L) relevés.

*Fig. 2: Orientation and depths of the previous archaeological trenches in the la Jouannière Site (LJ) near the city of Bonneval (BO). (A) Extending surfaces of the prospecting survey. (B) Ancient brick-making; (C) Brick-field; TO : Trench for archaeological investigation; CS : Stratigraphic section at the southern end of TO 5; F : Excavations of two flint clusters, end of TO 3. Sd : Pitts. Black surfaces: areas with Palaeolithic artifacts ; P : Profile of the top wall of the santonian flint clay Formation reached in the trench TO 5 similar to the others profiles, and stratigraphic logs (L).*

obtenus indiquent que le loëss comblerait à cet endroit une dépression orientée nord-ouest/sud-est (fig. 2).

La position du sondage permet de constater que cette épaisseur se prolonge dans la parcelle suivante située plus au sud hors de l'emprise. La surface du plateau de la Jouannière étant sub-horizontale, les limons seraient donc conservés dans une irrégularité du substratum profonde d'au moins six mètres. Compte tenu de l'exis-

tence de nombreux petits accidents locaux, ce relief en creux pourrait avoir une origine tectonique et pourrait être un vallon semblable à celui comblé par environ 6 m de loëss qui a été récemment observé à Mainvilliers près de Chartres (Coussot, 2018). Du fait de la présence d'un substratum crayeux, un phénomène karstique de grande ampleur ne saurait être ignoré, mais aucune figure modifiant la stratigraphie et indiquant une dissolution sous-jacente n'a été observée. Enfin, cette structure en creux ne peut être confondue avec l'ancienne extraction (C) proche de la briqueterie (B) (fig. 2) : son remblaiement, moins épais, était bien reconnaissable dans les tranchées car très différent dans sa couleur et sa composition.

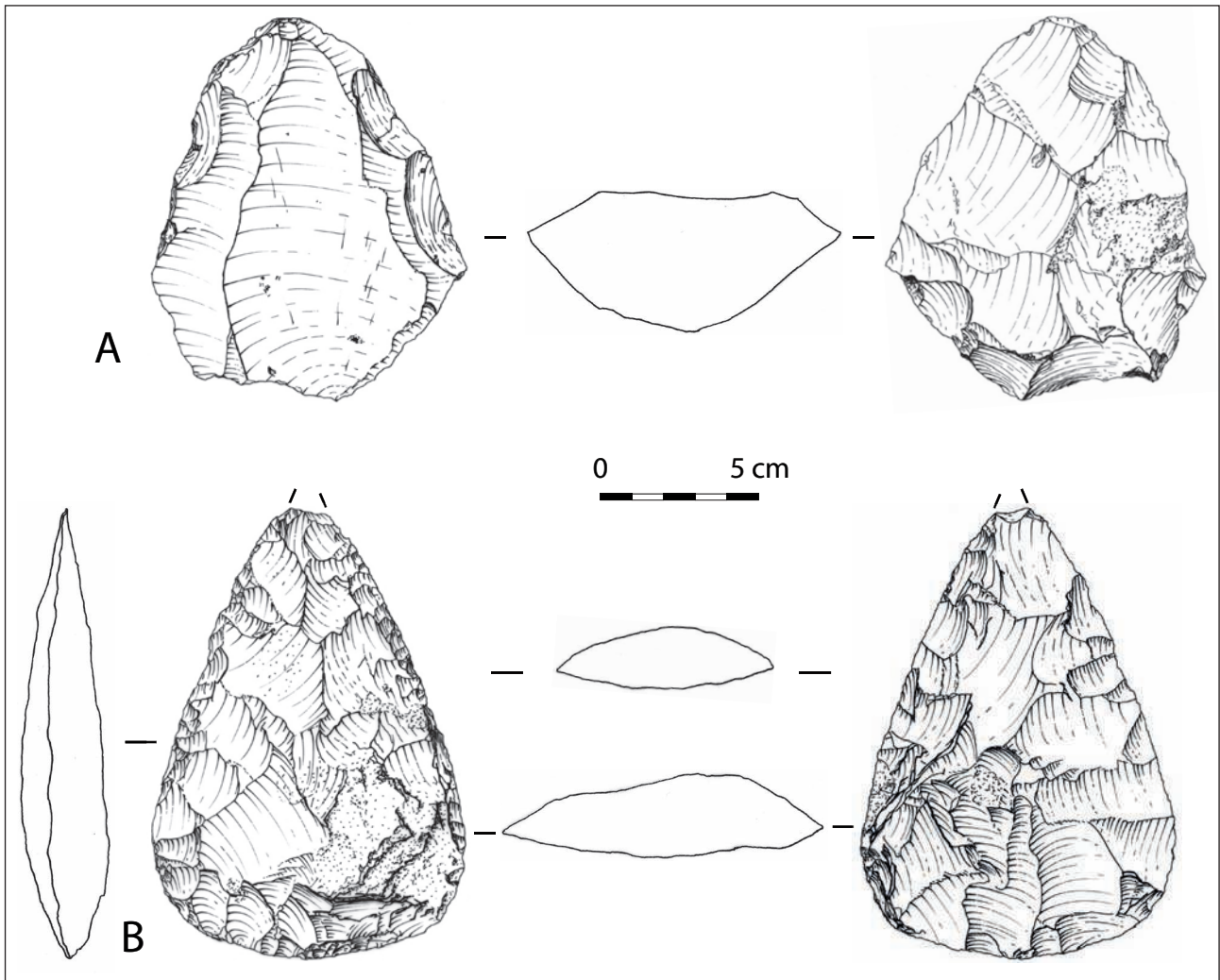
Lors des investigations dans la couverture limoneuse, divers éléments témoignant de présences humaines successives ont été mis au jour. D'après leurs typologies ou leurs natures, ils ont été attribués à des périodes allant de l'Époque moderne au Paléolithique. En ce qui concerne le Paléolithique *sensu lato*, il s'agit de nucléus (dont certains Levallois), d'éclats et de bifaces, tous en silex (fig. 3, A et B), qui ont été pour la plupart trouvés dans les limons argileux jaunâtres supérieurs. Sur toute l'emprise diagnostiquée, leur distribution horizontale et verticale (entre 50 et 100 cm sous le sol actuel) ne fait apparaître aucune concentration significative (Bayle *et al.*, 2005).

Toutefois, leur nombre plus élevé dans la partie sud, proche de l'ancienne extraction dans laquelle avaient eu lieu les ramassages, pouvait indiquer une zone susceptible de contenir des assemblages plus conséquents et, au regard des découvertes anciennes, receler des niveaux plus profonds (Despriée *et al.*, 2005). Un sondage réalisé dans cette partie sud, à l'extrémité de la tranchée TO 3, a effectivement permis de mettre au jour deux amas de débitage de silex (F) conservés sur un même niveau situé un peu plus profondément à la base de limons gris entre 1,40 et 1,70 m sous la surface actuelle (fig. 2). Cette découverte a motivé la réalisation, dans la tranchée TO 5, à quelques mètres plus à l'ouest, d'un autre sondage (S) qui a atteint le substratum d'argiles à silex (fig. 2). Ce dernier sondage a livré une séquence stratigraphique épaisse de six mètres présentée dans cet article. Plusieurs artefacts lithiques préhistoriques ont été trouvés *in situ* lors de la réalisation de ce sondage dont un biface coté à 3,30 m sous la surface.

Ce sondage, remblayé à la fin de la fouille préventive pour des raisons de sécurité, a été rouvert en décembre 2005, sous l'initiative de J. Despriée, pour permettre des observations et des prélèvements en vue d'études stratigraphiques, géochronologiques et paléoenvironnementales (Despriée *et al.*, 2005).

### 3 - LA STRATIGRAPHIE DU SONDAGE TO 5

La formation observée dans le sondage réalisé à l'extrémité sud de la tranchée TO 5, atteint 6,30 m d'épaisseur sous la surface de labour. Elle comprend, au-dessus du substratum constitué d'argiles sableuses du Sénonien emballant de gros rognons de silex et, sous l'horizon



**Fig. 3 : Industrie du Paléolithique moyen des unités stratigraphiques 1 et 2.**

A : Nucléus Levallois à pointe préférentielle trouvé dans la tranchée TO 5 à 1 m sous la surface (US 2). B : Biface moustérien cordiforme trouvé dans la tranchée TO 2, à 0,45 m sous la surface (US 1). Dessin N. Holzem, INRAP.

Fig. 3: Middle Palaeolithic Industry from stratigraphic units US 1 and 2. A: Levallois core with preferential point, found one meter deep in the TO 5 trench (US 2); B: Cordiform Mousterian handaxe, 0,45 m deep, in the TO 2 trench, (US 1). Drawing by N. Holzem, INRAP.

de labour actuel, dix unités stratigraphiques (US) limoneuses caractérisées par des variations importantes dans leurs structures et leurs colorations (fig. 4). On distingue de bas en haut dans cette formation deux séquences :

#### séquence inférieure

- US 10 : sable limono-argileux rouge vif ;
- US 9 : limon argileux, rouge dans les cinquante centimètres supérieurs, plus orangé ensuite, contenant des graviers (dont certains pluri-centimétriques). On observe quelques glosses de grande taille de couleur gris clair ;
- US 8 : limon argileux orangé à glosses gris clair de grande taille ;
- US 7 : limon argileux bariolé orange et gris à traces rougeâtres, emballant des graviers siliceux infra- à pluri-centimétriques ;
- US 6 : limon beige avec glosses discrètes et courtes (US 6a). Assez argileux, il est chargé en graviers dans les quarante centimètres inférieurs (US.6b) ;
- US 5 : limon argileux rougeâtre à orangé à structure polyédrique nette, plus brun au sommet avec de nombreuses marbrures blanchâtres ;

#### séquence supérieure

- US 4 : limon gris foncé à noirâtre, très riche en nodules ferro-manganiques pluri-millimétriques à centimétriques. Des pièces taillées du Paléolithique moyen ont été trouvées au sommet de cet horizon ;
- US 3 : limon gris à blanc, poudreux, à structure lamellaire centimétrique, plus sableux au sommet. Il est très riche en nodules ferro-manganiques pluri-millimétriques à centimétriques à la base, plus dispersés dans la partie supérieure ;
- US 2 : limon lœssique beige compact, à structure massive, avec graviers centimétriques et rares nodules ferro-manganiques à la base. Ce cailloutis est recoupé par de petites fentes comblées de limon beige qui traversent la couche sous-jacente ;
- US 1 : limon argileux rougeâtre à structure prismatique mal exprimée dont la porosité résulte d'une bioturbation importante. Il repose sur un petit cailloutis de silex émoussés de taille centimétrique.

#### 4 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Les méthodes utilisées et les stratégies d'échantillonnages sont présentées ci-dessous.

##### 4.1 - ÉTUDE MICROMORPHOLOGIQUE

Onze échantillons pour analyse micromorphologique ont été prélevés en blocs non perturbés dans l'ensemble de la formation par S. Coutard. Cinq proviennent des unités stratigraphiques 10 et 9, 8 (base), 7, 5, et six des unités stratigraphiques 4, 3 et 2 de la séquence supérieure (fig. 4). Les lames ont été fabriquées selon les méthodes classiques de séchage, d'imprégnation dans la résine et de montage sur lame avec polissage à 25-30 µm. Les observations ont été menées sur un microscope Olympus BX 51 en lumière polarisée analysée et non analysée suivant les principes de Bullock *et al.* (1985) et de Stoops *et al.* (2010).

##### 4.2 - ÉTUDE GÉOCHRONOLOGIQUE

La méthode de datation utilisée à Bonneval est la méthode de Luminescence stimulée optiquement récupérée (*Recuperated Optically Stimulated Luminescence*, Re-OSL). Son utilisation a été préférée à celle du signal OSL classique car le signal correspondant mobilise des charges électroniques issues de pièges profonds, lesquels sont censés disposer de capacités de stockage de l'information dosimétrique bien supérieures à celles offertes par le signal classique (Huntley *et al.*, 1985 ; Aitken, 1985, 1998 ; Murray & Wintle, 2000). Ainsi, alors que le signal OSL ne permet pas de dater au-delà de 100 ka environ dans des sédiments équivalents en termes de dosimétrie à ceux de la Jouannière, le signal Re-OSL doit permettre de couvrir plusieurs centaines de milliers d'années (Mercier & Valladas, 2003 ; Mercier *et al.*, 2007 ; Wang *et al.*, 2006 a, b).

Néanmoins, contrairement au signal OSL, le signal Re-OSL est plus difficilement remis à zéro lors d'une exposition des grains de quartz à la lumière du jour pendant leur transport. Par ailleurs, la mesure du signal Re-OSL nécessite la vidange, dans un premier temps, des charges produisant le signal OSL classique, puis le transfert des charges profondes vers des niveaux énergétiques moins profonds, d'où le terme de « Récupération ». Ce mécanisme, simple en apparence, reste en réalité complexe et difficile à maîtriser. L'utilisation du signal Re-OSL apporte donc d'un côté certains avantages, mais renferme également un certain nombre de difficultés (Wang *et al.*, 2006 a et b, 2007 ; Sun *et al.*, 2010).

Huit prélèvements de sédiments ont été effectués sur la séquence stratigraphique de la tranchée TO 5 par P. Voinchet et X. Sun pour dater les grains de quartz optiquement blanchis contenus dans les limons. Dans ce type de sédiment d'origine éolienne, une grande partie des grains a pu subir un remaniement par les eaux (ruissellement) ou lors de perturbations biologiques (terriers, etc.) qui ont pu conduire soit à l'intrusion de matériel plus jeune que le niveau que l'on cherche à dater, soit à un mélange

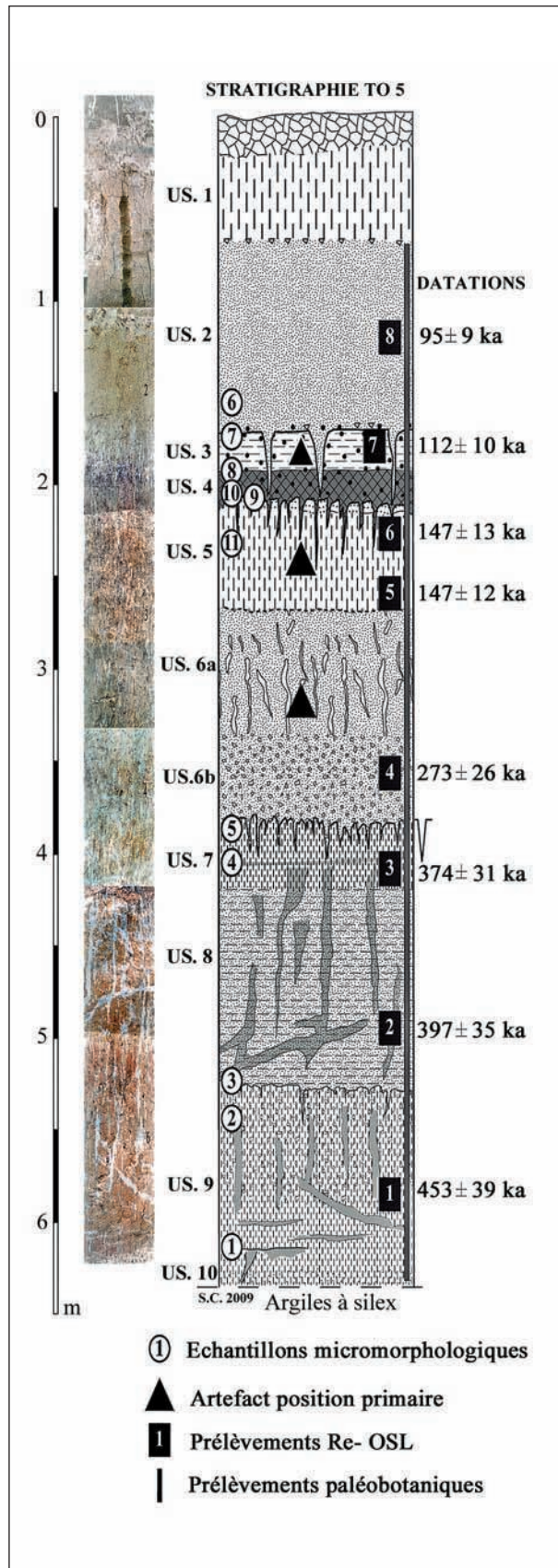


Fig. 4 : Log stratigraphique du gisement de la Jouannière à Bonneval relevé à l'extrémité sud de la tranchée TO 5 et position des différents niveaux d'industrie lithique préhistorique. (Interprétation et dessin S. Coutard).

Fig. 4: Stratigraphic log of the la Jouannière site observed at the southern end of TO 5 Trench and location of the different prehistoric levels (lithic artefacts or assemblages). (Interpretation and drawing S. Coutard).

des niveaux. Il est important de repérer les grains mal blanchis ou intrusifs et de les écarter avant le calcul de l'âge.

Les huit échantillons ont été découpés dans la section sous la forme de blocs de 10 x 10 cm ou prélevés à l'aide de tubes métalliques enfoncés au marteau. Ils proviennent de sept des couches de loess, de bas en haut : les unités stratigraphiques 9, 8, 7, 6b, 5, 3 et 2.

Après traitement physico-chimique en laboratoire sous lumière tamisée orange, les grains de quartz les plus fins ( $\sigma = 40-63 \mu\text{m}$ ) qui étaient abondants dans chaque échantillon ont été séparés en douze aliquotes. Le débit de dose a été déterminé en combinant plusieurs techniques analytiques : spectrométrie gamma sur le terrain et spectrométrie gamma à haute résolution ou ICPMS (*Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry*) au laboratoire. Pour mesurer la dose équivalente sur les grains de quartz, deux méthodes ont été conjointement utilisées : *additive-multiple aliquot dating et regeneration-multiple aliquot dating methods*. Les aliquotes de quartz ont été préchauffées dix secondes à 260 °C pour déménager les électrons accumulés dans les pièges instables. Ces aliquotes ont été ensuite exposées à la lumière bleue pendant 270 secondes à 125 °C pour remplir les pièges OSL puis chauffées à 300 °C. Les mesures ont été effectuées avec le lecteur TL/OSL DA-15 Risø équipé de diodes LEDs Y-Sr90 à une température de 125 °C dans le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement à Saclay. Les signaux de luminescence ont été détectés dans un tube amplificateur EMI 9635Q avec filtres U-340 de 7,5 mm (Sun *et al.*, 2010). Les calculs ont été effectués en utilisant le logiciel Anatol 1.5.

#### 4.3 - ÉTUDE DES MICROCHARBONS

La reconstitution des paléoenvironnements contemporains des dépôts de limons par l'intermédiaire de l'étude des grains de pollen fossiles est souvent difficile – voire quasi impossible – à cause de la nature limoneuse des sédiments et surtout d'une oxydation importante des dépôts, qui sont responsables d'une très mauvaise préservation (Marquer, 2009). C'est le cas à la Jouannière où tous les échantillons sont stériles en grains de pollen. Lors des tests, des microcharbons ont néanmoins été observés. Ces microéléments brûlés, souvent présents dans les sédiments terrestres quaternaires, sont soit des traces d'incendies naturels ou anthropiques (Patterson *et al.*, 1987 ; Clark, 1988 ; Clark & Hussey, 1996 ; Rhodes, 1998 ; Carcaillet *et al.*, 2001 ; Asselin & Payette, 2005), soit des résidus issus de la combustion de matériel végétal effectuée par les hommes pour des activités bien spécifiques sur les lieux d'habitat (Marquer, 2010 ; Marquer *et al.*, 2010, 2012, 2015).

Pour pouvoir caractériser les microcharbons, une quantification systématique a été entreprise sur les sédiments accessibles dans la tranchée TO5. Des prélèvements (de 100 g) ont été effectués en continu (avec un pas d'échantillonnage de cinq centimètres) sur toute la hauteur de la stratigraphie (US 10 à 2) par L. Marquer en vue d'observer les variations des concentrations de ces micropar-

ticules, et de les mettre en relation avec les observations paléoclimatiques et les niveaux préhistoriques repérés (fig. 4).

Les sédiments ont été traités au Laboratoire de Palynologie de l'UMR 7194 HNHP du Muséum national d'Histoire naturelle par tamisage à l'eau dans une colonne granulométrique et classés en trois fractions : les macroéléments ( $> 500 \mu\text{m}$ ), les mésoéléments (500 - 160  $\mu\text{m}$ ) et les microéléments ( $< 160 \mu\text{m}$ ). Ils ont ensuite été observés à la loupe binoculaire (éléments macroscopiques), par analyse en microscopie à réflexion (éléments mésoscopiques) et au microscope électronique à transmission (éléments microscopiques).

## 5 - RÉSULTATS ET PREMIÈRES INTERPRÉTATIONS

Toutes les unités stratigraphiques sont constituées de limons quartzeux, avec une fraction sableuse toujours présente, avec de rares graviers dans les US 7 et 6b. Ce sont des loess mal classés, vraisemblablement contaminés par des sédiments locaux. Les traits pédologiques d'illuviation, d'oxydo-réduction, biologiques et cryogéniques qui se sont développés dans ces unités stratigraphiques limono-loessiques sont regroupés dans la figure 5 et décrits ci-dessous. Les concrétions ferro-manganiques, en place ou remaniées, ne sont présentes que dans les unités supérieures 4 à 2. Les plages blanches et les plages ferrugineuses, présentes dans ces mêmes US 4 à 2, sont très abondantes dans les unités inférieures.

### 5.1 - RÉSULTATS DE L'ÉTUDE STRATIGRAPHIQUE ET MICROMORPHOLOGIQUE

Les sédiments des unités stratigraphiques de la Jouannière ont été étudiés par micromorphologie. La répartition des traits pédologiques observés a permis de caractériser plusieurs paléosols présents dans la formation (fig. 5) :

- l'US10 qui repose directement sur le substratum d'argiles à silex est un sable limoneux avec des traits abondants d'une illuviation rouge vif, microlitée, et brune-orangée, poussiéreuse. Cette couche pourrait correspondre à un horizon Bt (polygénique ?) et montre des traces d'hydromorphie avec des glosses associées à un lavage poussé des argiles ;

- l'US 9 est un limon dans lequel la fraction sableuse reste abondante. Les graviers de silex altérés sont nombreux. Les revêtements sont argileux, limpides, orange vif à brun rouge, localement lités, et généralement très fragmentés sur place. Quelques revêtements poussiéreux sont également observés. Les agrégats, ferruginisés, sont de couleur rouge vif. La masse basale est rubéfiée. Ces traits correspondent à un horizon d'illuviation de type Bt rubéfié, érodé au sommet (papules) ;

- l'US 8, très poussiéreuse, contient des pédoreliques, des papules et des intercalations limoneuses qui réapparaissent ensuite en limite des US 8 et 9. La structure lamellaire est discontinue. Cette US 8 résulte de l'érosion de la couche 9 sous-jacente ;



Bonneval, la Jouanière		Traits d'oxydo-réduction	Traits cryogéniques	Traits d'illuviation	Fractions
<b>Unités stratigraphiques (US)</b>		<b>N° lame</b>			
		plages blanchies, glosses plages ferruginisées (bariolage) concrétions FeMn remaniées concrétions et imprégnations FeMn en place fragments végétaux ferruginisés revêtements ferrugineux (et organiques ?) noire floconneuse	comblement lité de cavités biologiques intercalations limoneuses ovoïdes de géfluxion coiffes fissuration horizontale (structure lamellaire) silames (accumulations de poussière) revêtements argileux jaunes à orangés, parfois lités, dans pores biologique et fentes	illuviation microlitée à stratifiée brun-rouge silto-argileuse ferri-argilanes lités jaunes-gris lavés et fragmentés (+ parfois lits poussiéreux) pédoreliques et papules orangés-jaunes  illuviation limpide à microlitée jaune (lavée) à orangée, souvent fragmentée et argiles stressées (réseau orthogonal) papules de revêtements brun-rouge argiles diaphanes clairement associées aux glosses revêtements argileux brun rouge, souvent lités fragmentés sur place	fraction sableuse graviers
US. 2	loess beige	6			
US. 3	sommet horizon blanchi	7			
US. 3/4	horizon blanchi/ horizon noirâtre	8 haut 8 bas			
US. 4	horizon noirâtre	9A 9B			
US. 4	base horizon noirâtre	9C/10			
US. 5	sommet horizon rougeâtre	9C/10			
US. 5	2nd horizon rougeâtre	11			
US. 7	sommet 3ème horizon rougeâtre	5			
US. 7	3ème horizon rougeâtre	4			
US. 9	LA orangés/ 4ème horizon rougeâtre	3 haut 3			
US. 9	4ème horizon rougeâtre	2			
US. 10	base coupe glosse horizontale sédiment sableux	1			
		abondance relative des traits pédologiques	● très abondants/très marquée ● abondants/marqué ● assez nombreux/visible	X présent/discernable ○ remanié ↵ érosion	

**Fig. 5 : Présence et hiérarchie des principaux traits pédo-sédimentaires observés dans les lames minces issues de la coupe TO 5 de la Jouanière à Bonneval.**

Fig. 5: Main pedo-sedimentary features observed in the thin sections from the la Jouanière TO 5 Trench at Bonneval.

– l'US 7 est constituée de limon quartzeux à structure polyédrique (*subangular blocky structure?*, Bullock *et al.*, 1985). Les revêtements argileux brun-rouge sont très abondants et souvent très fragmentés. Les argiles, diaphanes, sont clairement associées aux glosses. Cette couche correspond également à un horizon d'illuviation de type Bt, rubéfié et très dégradé par l'hydromorphie (glosses) ;

– l'US 6 est un limon beige avec glosses discrètes et courtes (US 6a). Assez argileux, il est chargé en graviers dans les quarante centimètres inférieurs (US 6b) ;

– dans le limon de l'US 5, la microstructure du sédiment est polyédrique. Cette structure résulte d'une fissuration orthogonale de type microstructure prismatique (Bullock *et al.*, 1985). Un horizon d'illuviation de type Bt de sol brun lessivé est également visible dans cette

US 5. Les illuviations, orangées, limpides, parfois microlitées, sont souvent fragmentées. Les cavités biologiques sont assez nombreuses dans le sommet de cette unité ;

– l'US 4 correspond vraisemblablement à des colluvions remaniant la couche 5 sous-jacente. Les intercalations limoneuses sont particulièrement abondantes. Plusieurs types d'illuviation sont visibles : illuviation silto-argileuse microlitée, brun rouge, ferri-argilanes gris jaune lités lavés et fragmentés, parfois très poussiéreux. Les concrétions à contours diffus ferromagnétiques en place sont particulièrement abondantes. Les revêtements ferrugineux et peut-être organiques (?) ont une couleur noire et un aspect floconneux. Les cavités biologiques sont assez nombreuses dans la base de cette US 4 ;

– l'US 3 est un lœss assez sableux. Les cavités biologiques sont encore assez nombreuses dans la base de cette unité. La transition entre les unités 4 et 3 est marquée par l'abondance des siltanes (accumulation de limons fins lavés dans la porosité), qui donne un aspect blanchi sur le terrain. Les ovoïdes de gélifluxion (Van Vliet-Lanoë, 2005, 2010) et les coiffes sont présents uniquement dans le sommet. Très marquée par l'impact des alternances gel-dégel (aspect blanchi), cette US 3, qui contient encore quelques éléments humifères, pourrait être un horizon de type Bth (sol gris forestier) très dégradé (affectant la partie supérieure de la couche 4 sous-jacente (horizon blanchi ?) ;

– l'US 2 est un lœss mélangé avec des apports locaux (colluvions ?) ;

– l'US 1 est un sol brun lessivé de surface (horizon Bt) dont les illuviations pénètrent dans les couches 2 et 3.

Les US 3 à 5 constituent un complexe pédo-sédimentaire qui traduit une dégradation du climat et le passage d'un sol brun lessivé à un sol gris forestier (ou Grisolo, Baize & Girard, 2009 ; Antoine *et al.*, 1999). Ce sol gris forestier se développe sur des sédiments issus de l'érosion de l'horizon Bt sous-jacent comme le montre la présence de papules et de pédoreliques dans les lames 9 et 8. Cet horizon Bt caractérisé par l'abondance des nodules ferromanganiques est noirâtre sur le terrain (US 4).

Les US 3 et 2 ont été secondairement déstructurées par le gel. On observe le développement d'une structure lamellaire, la présence de coiffes sur certains nodules ferro-manganiques, avec redistribution des particules au sein de la masse basale (intercalations limoneuses). Le remaniement est encore plus poussé dans l'horizon blanchi où apparaissent quelques ovoïdes de gélifluxion. Les siltanes présents en abondance dans la lame 9B témoignent du drainage vertical important lié aux phases de dégel et de fonte des neiges (Locht *et al.*, 2003). Ces deux couches ont subi une forte bioturbation et l'impact important des alternances gel-dégel.

## 5.2 - RÉSULTATS DE L'ÉTUDE GÉOCHRONOLOGIQUE

Les résultats sont donnés avec une marge d'erreur d'environ 10 % dans le tableau 1. Les âges Re-OSL obtenus semblent, compte tenu de la marge d'erreur, être cohérents entre eux et leur décroissance, en cohérence avec la stratigraphie.

La nature limono-lœssique des sédiments indique qu'ils se sont déposés au cours de stades glaciaires.

L'âge Re-OSL de l'US 9, de  $453 \pm 39$  ka, est le plus ancien et pourrait correspondre au SIM 12 (~478-424 ka). Les âges obtenus pour les US 8 et 7 indiqueraient un dépôt au SIM 10 (~374-337 ka). Leurs altérations, qui correspondent à l'enregistrement d'au moins deux phases de pédogenèse interglaciaire, pourraient alors être attribuables au SIM 11 et au SIM 9 (Sun *et al.*, 2010). Ces mesures sont assez concordantes avec celles obtenues par luminescence stimulée par infra-rouge (IRSL) pour les

« lœss anciens » de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Seine-Maritime) (Cliquet *et al.*, 2009 ; Balescu, 2013).

Un âge de  $273 \pm 26$  ka a été obtenu pour l'US 6b plaçant son dépôt au cours du SIM 8 (300 - 243 ka). Les âges des échantillons BVL-6 et 5 (US 5), de  $147 \pm 13$  ka et  $147 \pm 12$  ka sont identiques, avec la même marge d'erreur. Ils indiqueraient que le dépôt des limons serait contemporain du Pléniglaciaire Saalien (SIM 6 : ~191-123 ka), et ils permettraient donc d'attribuer la pédogenèse qui les altère à l'interglaciaire Eemien (SIM 5e : ~123-109 ka) comme à Saint-Pierre-lès-Elbeuf, à Saint-Romain-de-Colbosc (Seine-Maritime) et dans la plupart des sites du nord-ouest de la France (Cliquet *et al.*, 2009 ; Balescu, 2013 ; Coussot & Liard, 2017).

Enfin les lœss prélevés dans les US 3 et 2, respectivement de  $112 \pm 10$  ka et de  $95 \pm 9$  ka pourraient s'être déposés en Début Glaciaire Weichselien (SIM 5d : ~109-96 ka).

## 5.3 - RÉSULTATS DE L'ÉTUDE DES MICRO-CHARBONS

Aucun macro- et mésofragment de charbon n'a été observé dans les échantillons prélevés. Par contre les quantifications des microcharbons ont pu être réalisées dans les couches 10 à 2. Elles ont été faites sur des lames polliniques car les tailles des microparticules étaient inférieures à 100 µm. Le « signal micro-charbon » ainsi enregistré correspond à une concentration moyenne de  $0,7 \text{ mm}^2 \cdot \text{cm}^{-3}$ . De la base au sommet, les variations de ce signal sont les suivantes (fig. 6).

Dans l'US 10, les microparticules charbonneuses sont rares. Dans l'US 9, on observe des augmentations signifi-

Echantillons	Couches Sun 2010 (1)	US (2)	Dose annuelle (Gy/ka)	De (Gy)	Âges Re-OSL obtenus
BVL-8	2	2	$3.01 \pm 0.23$	$286 \pm 15$	$95 \pm 9$ ka
BVL-7	3	3	$2.80 \pm 0.21$	$313 \pm 14$	$112 \pm 10$ ka
BVL-6	5	5	$2.91 \pm 0.22$	$429 \pm 18$	$147 \pm 13$ ka
BVL-5	5	5	$2.90 \pm 0.22$	$427 \pm 10$	$147 \pm 12$ ka
BVL-4	7	6b	$2.43 \pm 0.19$	$662 \pm 35$	$273 \pm 26$ ka
BVL-3	8	7	$2.26 \pm 0.15$	$845 \pm 43$	$374 \pm 31$ ka
BVL-2	9	8	$2.36 \pm 0.16$	$937 \pm 53$	$397 \pm 35$ ka
BVL-1	10	9	$2.35 \pm 0.15$	$1063 \pm 62$	$453 \pm 39$ ka

**Tab. 1 : Âges obtenus sur la formation de la Jouannière par la méthode RE-OSL.**

(1) : Unités lithostratigraphiques selon Sun *et al.*, 2010 ; (2) : Couches sédimentaires selon S. Coutard, cet article. Le regroupement de l'US 7, devenue 6b, avec la couche 6 devenue 6a a entraîné un décalage dans la numérotation des couches inférieures.

Tab. 1: Re-OSL datas of the la Jouannière Formation. (1) Lithostratigraphical Units (after Sun *et al.*, 2010) ; (2) Stratigraphical Units after S. Coutard, this paper. Unit 7 was renamed 6b and grouped with unit 6a, this has modified the numeration of the lower beds.

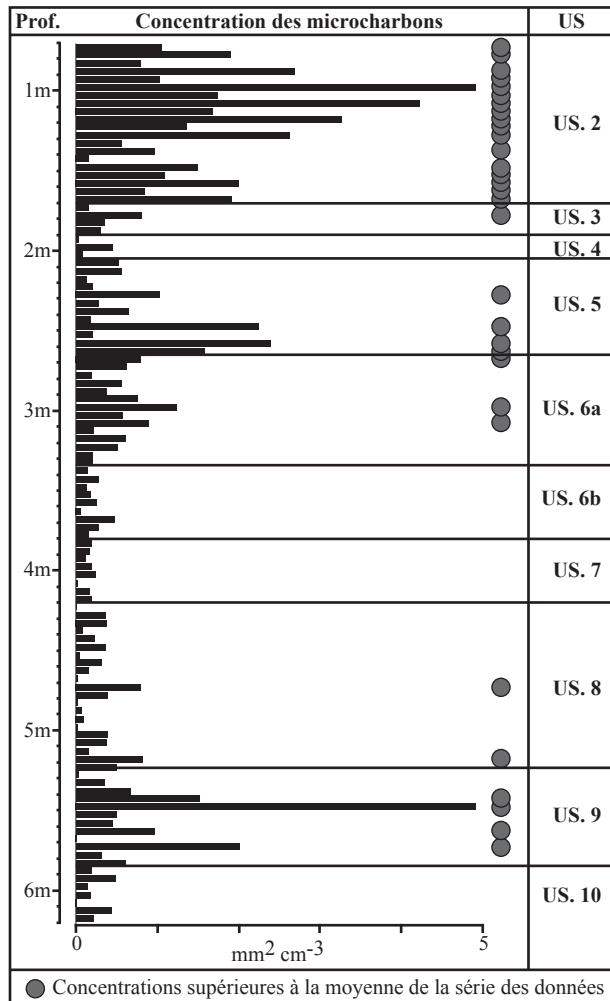


Fig. 6 : Variation du signal micro-charbon dans la formation sédimentaire de la Jouannière à Bonneval (d'après Marquer, 2009).

Fig. 6: Changes of the charcoal signals along the different loess units at la Jouannière (after Marquer, 2009).

catives qui indiquent des événements de feux plus importants. Dans cette unité où s'est développé un horizon Bt interglaciaire, une origine naturelle du signal micro-charbon (paléo-feux régionaux) semble plausible étant donné l'ancienneté de la couche âgée de  $453 \pm 39$  ka et l'absence apparente de matériel archéologique dans ce niveau.

Dans les US 8, 7 et 6b, les signaux des microcharbons sont les plus faibles enregistrés, avec des tailles des particules très variables. D'après l'interprétation chronostratigraphique, une phase d'érosion importante se place au sein de l'US 6b datée de  $273 \pm 26$  ka. Cette érosion des sédiments (érodés durant le SIM 7 ?) pourrait être à l'origine de l'altération du signal microcharbon, aboutissant à sa quasi-disparition.

On retrouve des signaux microcharbons plus élevés avec des tailles de particules importantes dans le sommet de cette couche 6 (US 6a) dans lequel a été découvert un biface *in situ*. Cette augmentation des signaux pourrait avoir été potentiellement influencée par des activités humaines liées à des structures de combustion qui n'ont pas été observées lors du sondage. On note encore à la

base de l'US 5 des signaux microcharbons importants mais qui diminuent progressivement sur l'ensemble de l'unité. Les tailles des particules sont régulières.

Le signal reste également très faible dans les prélèvements qui ont été effectués dans les limons des US 4 et 3 et auprès des amas de débitage qu'ils contenaient dans la tranchée TO 3. Dans ce niveau préhistorique, pouvaient être supposés des résidus de combustions liées à des activités humaines (foyers) ou en résultant c'est-à-dire des sources susceptibles d'amplifier le signal microcharbon.

Dans l'US 2, l'augmentation des concentrations et des tailles des microparticules est constante pour toute l'épaisseur du sédiment. Toutefois, les accumulations exceptionnelles dans cette couche supérieure pourraient résulter des nombreux facteurs d'érosion et de perturbations (bioturbations) relevés lors de l'étude micromorphologique (fig. 6). L'US 1, au sommet remanié par les labours, n'a pas été prélevée.

## 6 - LES INDUSTRIES PALÉOLITHIQUES

L'étude d'impact archéologique du site de Bonneval a montré l'existence probable de plusieurs phases d'occupations préhistoriques à des profondeurs différentes, dans les unités stratigraphiques 5 et 6a, en limite des unités 3 et 4, et enfin, dans les unités 1 et 2 (fig. 2).

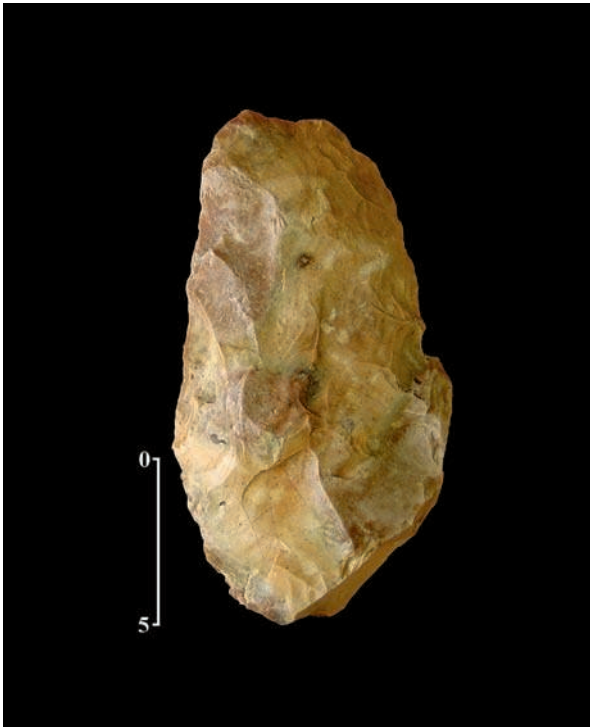
### 6.1 - BIFACES ET NUCLÉUS DES UNITÉS 6A ET 5

Dans la tranchée TO 5, un biface de type amygdaloïde épais (Bordes, 1966), en silex, a été mis au jour à 3,30 m de profondeur dans le sommet (US 6a) du limon beige de l'unité 6. L'âge Re-OSL de ce limon, obtenu sur un prélèvement effectué dans sa base (US 6b), est de  $273 \pm 26$  ka. Les surfaces de ce biface ont la coloration beige du niveau, elles ont été lustrées au contact des limons. Les arêtes ne sont pas émoussées et aucun stigmate de concassage n'est visible sur les tranchants. On observe sur une face des cupules de gel de taille centimétrique (fig. 7).

Toujours à l'extrémité sud de la tranchée TO 5, un nucléus en silex à surface patinée a été trouvé entre 2,45 et 2,65 m dans le limon argileux orangé de l'US 5 dont l'âge Re-OSL est de  $147 \pm 12$  ka. Un biface épais en silex patiné brun rouge, associé à un éclat, a été trouvé dans le même limon orangé à 2,10 m de profondeur dans la tranchée TO 21.

### 6.2 - LES CONCENTRATIONS EN LIMITE DES UNITÉS 3 ET 4

Dans la partie sud de l'emprise, à l'extrémité sud de la tranchée TO 3, un niveau archéologique cohérent a été mis au jour à 1,4 m de profondeur sous la surface du sol actuel, au contact des deux US 3 et 4. Plus de 150 restes lithiques ont été mis au jour lors de fouilles manuelles exécutées sur deux surfaces de 4 m<sup>2</sup> chacune et distantes de 2,5 m.



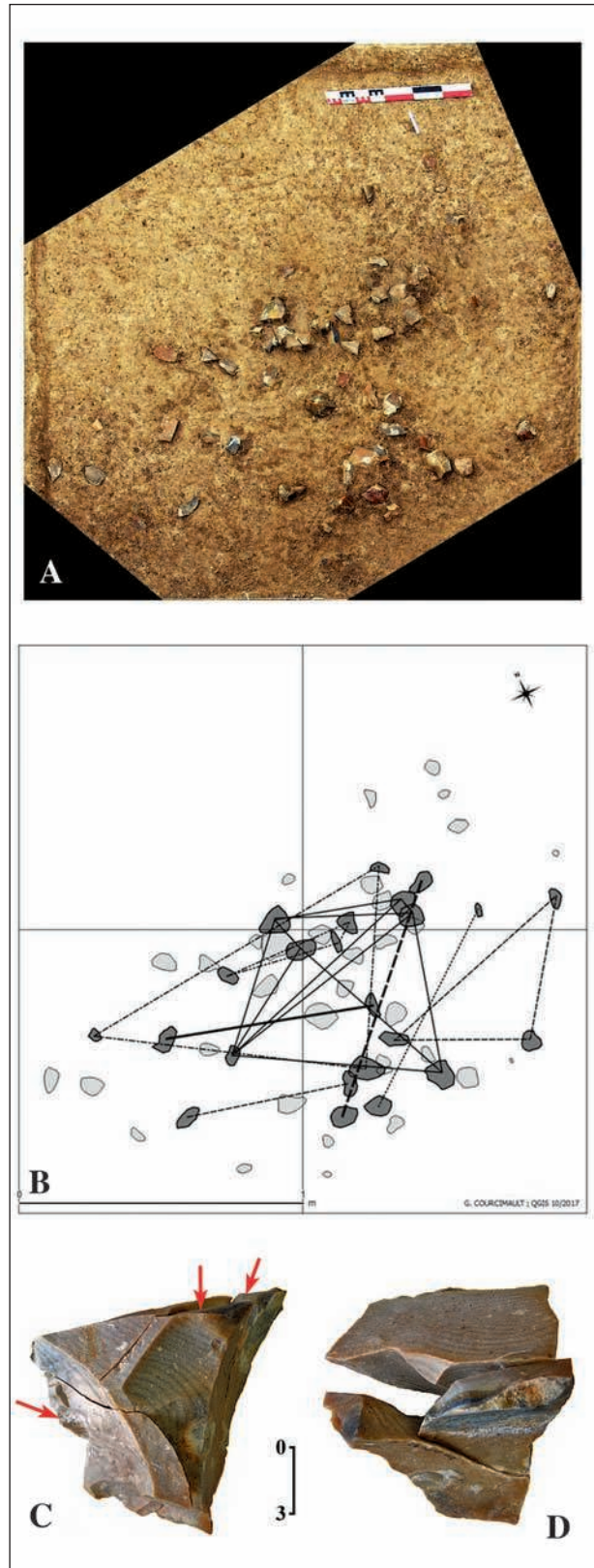
**Fig. 7 : Biface de type amygdaloïde exhumé en TO 5 dans l'US 6a** (cliché N. Connet, INRAP). Echelle en cm.

*Fig. 7: amygdaloid-shaped handaxe found in situ in the stratigraphical Unit US 6a, in the TO 5 trench. (photo N. Connet, INRAP ; centimetric scale).*

Les pièces, généralement en position horizontale, forment deux assemblages bien groupés, sans dispersion verticale (fig. 8, A). Les surfaces des éléments débités, aux arêtes vives et généralement sans patine, et les parties tranchantes ne présentent pas de traces macroscopiques d'altérations post-dépositionnelles. Elles ont un lustré que l'on peut mettre en relation avec le sédiment hydromorphe qui les emballait.

Deux types de silicifications ont été débités : un silex fin, homogène, gris et blond, présent sous la forme de fragments de nodules de moins de 15 cm de longueur, et des fragments ou des nodules (jusqu'à 30 cm) d'un silex grenu blond ou noir, parfois zoné, ou avec des inclusions. Des « silex blonds ou noirs » sont disposés en bancs de nodules branchus dans les craies du Coniacien qui sont présentes dans les escarpements en pied du versant de la vallée du Loir. Les argiles à silex du Santonien, qui surmontent les craies, contiennent aussi « des silex noirs branchus » (Gigot *et al.*, 1977). Les silex débités étaient donc accessibles sur le versant ouest du Loir dans l'environnement immédiat du site.

Comme l'indiqueraient le faible pourcentage d'éclats portant des surfaces totalement corticales et l'absence de cassons provenant des « parties branchues » des silicifications exploitées, il est vraisemblable que la matière première a été apportée sur le site sous la forme de gros fragments de nodules probablement déjà fragmentés sur le gîte. Les irrégularités ayant déjà été supprimées, on peut parler de blocs (Connet, *in* Bayle *et al.*, 2005) (fig. 8 A).



**Fig. 8 : Fouille à l'extrémité sud de la tranchée TO 3.**

A . Amas de débitage n° 1 (cliché N. Holzem et relevés G. Bayle). B . Liaisons montrant les nombreux raccords entre les nucléus, éclats, et cassons abandonnés sur le sol (4 m<sup>2</sup>) (DAO N. Holzem, INRAP, modifié G. Courcimault). C-D : Exemple de remontage de trois éclats et d'un fragment (cliché du remontage N. Connet, échelle en cm).

*Fig. 8: Excavation at the southern end of the Trench TO 3. A: The flint flaking cluster number 1 (Photo N. Holzem, drawing G. Bayle, INRAP). B: Connections between cores, flakes and fragments (4 m<sup>2</sup>) (DAO, N. Holzem, mod. G. Courcimault). C-D: Example of refitting of three flakes and one fragment. (photo of refitting, N. Connet).*

Les éclats (66 % des artefacts), les fragments d'éclats et les cassons constituant les deux assemblages lithiques mis au jour dans la tranchée TO 3 (amas 1 et 2) proviennent vraisemblablement de l'exploitation des sept nucléus arrivés à exhaustion retrouvés dans les huit mètres carrés fouillés. Les éclats sont partiellement corticaux (39 %) et non corticaux (41 %).

Deux méthodes de débitage ont été reconnues. La plus fréquente est la méthode discoïde unifaciale et bifaciale, avec débitage centripète à convergent (4 nucléus). L'autre, dite méthode unipolaire, a un caractère plus opportuniste (1 nucléus). Des remontages partiels ont pu être effectués dans chacun des amas, mais aucune liaison n'a été trouvée entre les deux zones de débitage. Ces remontages concernent environ un tiers de la collection. Ils sont nombreux mais ne réunissent que quelques pièces chacun et sont donc incomplets (fig. 8 B et C-D). Il manque de nombreux éclats qui ont pu être prélevés pour être utilisés plus loin. L'observation des tranchants sur les artefacts retrouvés n'a pas permis d'identifier de macrotraces pouvant être liées à une utilisation des éclats ou débris restés sur place (Connet *in Bayle et al.*, 2005).

En conclusion, l'importance numérique des remontages indique une absence de perturbation de ces ensembles de vestiges lithiques rapportables à une chaîne opératoire de production d'éclats. Au travers des paramètres observés, d'une part l'auto-entretien des surfaces exploitées par alternance du débitage sur les deux faces, accolées et sécantes, l'utilisation de surfaces naturelles offrant les mêmes caractéristiques, et d'autre part, la récurrence du débitage et la recherche de produits allongés, les deux méthodes utilisées s'inscrivent toutes les deux dans une même conception de débitage qui peut être rapportée au Paléolithique moyen (Jaubert *et al.*, 2014 ; Lochet *et al.*, 2016).

D'autres pièces lithiques ont été trouvées au même niveau de contact entre les US 3 et 4 dans la séquence TO 5, à 1,8 m de profondeur par rapport au sol actuel. Les concordances stratigraphiques, sédimentologiques, et le faible décalage altimétrique indiquent qu'il peut s'agir du même niveau archéologique. Il repose sur le sommet de l'unité 4 et a été recouvert ensuite par les limons de l'unité 3.

### 6.3 - L'INDUSTRIE LITHIQUE DANS LES COUCHES 1 ET 2

Sur une grande partie de la surface diagnostiquée, des artefacts lithiques ont été retrouvés dans la partie supérieure de la séquence stratigraphique (US 1 et 2), le plus souvent isolés, quelquefois suivant des concentrations variables en quantité. La plupart de ces artefacts ont été trouvés en position verticale ou oblique, parfois sur chant. Ils ont vraisemblablement été remaniés par les phénomènes postérieurs d'origine géologique (colluvionnement), climatique (cryoturbation), biologique (terriers) et, peut-être, pour les plus proches de la surface, anthropiques (agriculture, occupations historiques). Ces phénomènes ont été observés tout au long des coupes

mis au jour dans les tranchées. Ces artefacts sont généralement recouverts d'un cacholong blanc à jaunâtre ou bleuté. La typologie caractéristique des petits bifaces et le débitage Levallois omniprésent permet de les placer dans le Paléolithique moyen (*sensu lato*) sans attribution culturelle précise.

## 7 - DISCUSSION

Le plateau de la Jouannière domine le versant ouest de la vallée du Loir à Bonneval (Eure-et-Loir). Il est recouvert par des épaisseurs irrégulières de limons variant de 0,50 m à 3 m. Une accumulation de lœss plus importante, déjà connue par une ancienne exploitation artisanale, a pu être étudiée lors d'une étude d'impact archéologique. La stratigraphie mise au jour jusqu'au substratum atteint 6 m et contient dix unités stratigraphiques limoneuses ou lœssiques. Elle a été divisée en deux séquences, la séquence inférieure (US 10 à 5) et la séquence supérieure (US 4 à 1). Lors des différentes interventions, des artefacts préhistoriques ont pu être observés *in situ* dans trois niveaux différents situés respectivement à 3,30 m, entre 2,65 et 2,45 m, et vers 1,80 m de profondeur sous la surface.

Les résultats des études géochronologiques, micro-morphologiques et des microcharbons paraissent concordantes et permettent de proposer des interprétations chronostratigraphiques et climatiques, et de tenter des corrélations avec les stratigraphies lœssiques du nord du Bassin parisien.

### 7.1 - UNITÉS STRATIGRAPHIQUES ET DONNÉES GÉOCHRONOLOGIQUES

Les stratigraphies longues en contexte lœssique sont peu fréquentes dans la moitié nord de la France, les plus proches de Bonneval étant Saint-Pierre-lès-Elbeuf en Haute-Normandie (Lautridou, 1985 ; Cliquet *et al.*, 2009) et Saint-Illiers-la-Ville dans les Yvelines (Blaser & Chaussé, 2016). Les corrélations sur une base litho-stratigraphique étant impossibles du fait des convergences de faciès entre les sols bruns lessivés successifs, les informations les plus pertinentes pour l'établissement d'une chronostratigraphie sont les datations numériques.

#### 7.1.1 - Séquence inférieure (unités stratigraphiques 10 à 5)

L'US 10, qui repose sur le substratum, est un sable limono-argileux qui n'a pas été daté. Les US 9 à 6 sont des lœss sableux déposés sous climat périglaciaire pendant les SIM 12, 10 et 8 (fig. 4). Or, dans cette séquence de dépôts lœssiques, plusieurs paléosols de type sol brun lessivé sont présents. Chacun peut être attribué à un interglaciaire postérieur au dépôt. Les datations numériques obtenues sur les sédiments sont antérieures à la phase de pédogenèse donc antérieures à l'interglaciaire pendant lequel le sol se forme, puisque l'on date le dépôt du sédiment. Les paléosols de Bonneval observés dans l'US 9 et l'US 7 pourraient donc être attribués respectivement aux

interglaciaires 11 et 9 et pourraient être corrélés aux sols Elbeuf IV et III (Cliquet *et al.*, 2009 ; Balescu, 2013).

Les apports lœssiques de l'US 5 sont clairement corrélables au SIM 6 (fin du Saalien). L'horizon Bt du sol brun lessivé qui s'est développé aux dépens de cette couche serait donc rapportable à l'Eemien. Ces attributions chronologiques impliquent que l'enregistrement du SIM 7 n'ait pas été conservé dans la séquence de la Jouannière. Ceci pourrait être lié à une phase d'érosion importante que la présence du cailloutis de la couche 6b mettrait alors en évidence.

Dans la séquence inférieure de la Jouannière, les lœss des unités stratigraphiques 9 à 6 se sont déposés et ont été altérés au Pléistocène moyen. Le lœss de l'unité stratigraphique 5, déposé à la fin du Pléistocène moyen (Saalien) a subi l'érosion et la pédogenèse de l'interglaciaire Eemien avant d'être altéré de nouveau au Weichselien

### 7.1.2 - Séquence supérieure (unités stratigraphiques 4 à 1)

Le sol humifère présent dans les unités 4 et 3 est un horizon d'illuviation Bth de sol gris forestier développé sur des colluvions limono-argileuses issues du démantèlement du sol eemien (présence de papules et de nodules de sol remaniés). Dans le détail, deux phases d'illuviation argileuse sont observables dans ces US 4 et 3 : une première, assez semblable à celle du Bt eemien sous-jacent, est présente uniquement à la base de l'US 4, fragmentée. Une deuxième, caractérisée par d'épaisses illuviations brunes ou brun-rouge souvent stratifiées se développe dans la porosité de chenaux et dans les espaces inter-agrégats, mais aussi sur les fissures horizontales de la structure lamellaire.

Dans chacune des séquences de référence de Bettencourt-Saint-Ouen (Somme) et de Villiers-Adam (Val-d'Oise), deux sols forestiers superposés ont été décrits. Le plus ancien, le *Sol de Bettencourt*, est corrélé à l'interstade 5c (~105-100 ka). Le deuxième, le *Sol de Saint-Sauflieu* SS1, est rapporté à l'interstade 5a (~80-75 ka). A Bonneval, les deux phases d'illuviation, séparées par une phase de structuration cryogénique (structure lamellaire), pourraient témoigner de l'enregistrement des deux sols. Si l'on se réfère à la répartition des traits d'illuviation, la limite entre ces deux sols se trouverait au sein de l'US 4. Cependant, aucune surface d'érosion interne n'est décelable sur le terrain et sur lame mince. Il est donc difficile d'établir des corrélations précises entre le pédo-complexe de la Jouannière et le *Sol de Bettencourt* ou celui *Saint-Sauflieu* (Antoine *et al.*, 1999).

A Bonneval, le sol gris forestier se trouve ensuite érodé et dégradé, ce qui est marqué par le caractère blanchi de l'US 3. L'abondance des concrétions ferro-manganiques est remarquable. Elles sont clairement associées à la dégradation de l'horizon humifère. Ce type de concrétion est souvent observé dans les colluvions issues des sols weichseliens, comme dans la vallée du Loir (Saint-Firmin-des-Prés - Loir-et-Cher, Chaussé, 2000) et en Beauce (Coussot & Liard, 2017). A Courmelles (Aisne), elles sont très présentes dans un horizon blanchi qui

dégrade les sols gris forestiers (Sellier & Coutard, 2007). On peut supposer que les concrétions ferro-manganiques se forment dans des contextes fortement hydromorphes liés aux dégradations climatiques de fin d'interglaciaire et d'interstades, comme le propose P. Antoine pour Villiers-Adam (Antoine *et al.*, 2003 ; Fédoroff & Goldberg, 1982). Il est possible que la présence de l'horizon argillique eemien sous-jacent ait favorisé l'hydromorphie locale comme cela peut arriver pour les sols bruns lessivés holocènes qui évoluent en pseudogley lorsque la porosité est comblée par l'illuviation des argiles (formation d'une nappe perchée). Notons toutefois que des nodules ferrugineux peuvent être présents dans les horizons éluviaux des *Greyzems* actuels de Russie (Gerasimova, 2003).

L'horizon blanchi présent à Bonneval (US 3) se rapproche fortement de « l'horizon blanchi » de Momalle décrit par Haesaerts *et al.* (1999) à Remicourt (Province de Liège, Belgique) entre sol gris forestier et sol steppique. Cette phase de dégradation majeure avec accentuation des processus de gel-dégel se rapporterait à la crise climatique de la fin du stade 5a vers 75-73 ka BP (Locht *et al.*, 2003). Un âge de  $105 \pm 12$  ka sur silex chauffé avait été obtenu dans un horizon de dégradation blanchi à Villiers-Adam (Locht *et al.*, 2003) mais cet horizon était clairement encadré par deux sols gris forestiers différents, alors qu'à Bonneval, l'horizon blanchi est la partie sommitale du pédo-complexe humifère observé. La datation à  $112 \pm 10$  ka, obtenue sur l'US 3, semble donc surestimée, ce qui pourrait s'expliquer par le fait que le signal Re-OSL est difficilement remis à zéro lors du dépôt des grains (présence d'une dose résiduelle) mais aussi par des migrations d'éléments ou des contaminations résultant des diverses perturbations observées.

Dans les séquences de référence du Nord de la France, le pédo-complexe eemien-weichselien se termine par des sols isohumiques steppiques corrélés à la fin de l'interstade isotopique 5a (Antoine *et al.*, 2016). Ces sols sont absents à Bonneval.

Les horizons présents dans les US 5 à 3 constituent un pédo-complexe comprenant un sol brun lessivé et d'un (ou plusieurs) sol(s) humifère(s) de type sol gris forestier. Une telle superposition dans cette position stratigraphique (c'est-à-dire, séparés du sol de surface par des lœss) est typique du *Complexe de sols eemien-weichselien* largement décrit dans le Nord de la France.

Les limons sus-jacents (US 2) sont donc corrélables au pléniglaciaire du Weichselien. Ils ne sont pas homogènes, contiennent des apports locaux, ont subi plusieurs pédogenèses et ont été remaniés, ce qui peut expliquer que la date OSL ( $95 \pm 9$  ka) obtenue sur ces sédiments soient également nettement surestimée. Cette surestimation pourrait également résulter de l'utilisation de la méthode par récupération (Re-OSL) dont la méthodologie était en cours de calibration au moment des mesures (Sun *et al.*, 2010).

### 7.1.3 - Le sol de surface

Le sol de surface, non étudié en lame mince, mais dont les illuviations descendent jusque dans l'US 3, peut être attribué à l'Holocène. Il s'agit d'un sol brun lessivé sur

limons, peu développé, probablement du fait de l'hydro-morphie ambiante.

## 7.2 - MICROCHARBONS ET CYCLES CLIMATIQUES

Les microcharbons présents tout au long de la formation sédimentaire laissent supposer que les signaux les plus importants sont observés au sein d'horizons d'illuviation qui correspondent à des sols Bt caractéristiques de climats interglaciaires. Une corrélation entre les événements de feux régionaux et les phases interglaciaires pourrait alors être supposée à Bonneval même s'il est impossible d'écarter l'influence de l'homme lors des phases d'occupation du site. L'évolution de la végétation et du climat au cours des derniers 450 000 ans en Europe (Tzedakis, 2003 ; Tzedakis *et al.*, 2003, 2006 ; Desprat *et al.*, 2005, 2006 ; Roucoux *et al.*, 2006, 2008 ; Sanchez Goni *et al.*, 2008) révèle une corrélation entre les évolutions climatiques et végétales en relation avec la succession des périodes glaciaires et interglaciaires. Les paysages des phases glaciaires sont caractérisés par des steppes plus ou moins arborées, quand les phases interglaciaires enregistrent le développement d'un couvert arboré de type forêt tempérée. Si l'on part sur l'hypothèse que les microcharbons retrouvés dans la formation de Bonneval reflètent des événements de feux naturels, une corrélation entre les événements de feux et l'augmentation de la biomasse arborée lors des phases interglaciaires pourrait être envisagée, comme cela a déjà été suggéré dans d'autres études (Power *et al.*, 2008 ; Marlon *et al.*, 2009 ; Daniau *et al.*, 2010). Les phases interglaciaires pourraient être en effet plus propices à une plus grande production, émission et dépôt des microcharbons. Cependant, seules des recherches interdisciplinaires approfondies permettraient de véritablement confirmer cette hypothèse.

## 7.3 - POSITIONS STRATIGRAPHIQUE ET CHRONOLOGIQUE DES ARTEFACTS PRÉHISTORIQUES

L'artefact le plus profond, isolé, a été trouvé à 3,30 m de profondeur dans l'unité stratigraphique 6 dont l'âge Re-OSL est  $273 \pm 26$  ka (fig. 9). Des fouilles dans ces niveaux datés pourraient peut-être confirmer l'importance de la présence d'industrie du Paléolithique moyen à Bonneval aux stades isotopiques 8 et 6, présence humaine déjà détectée dans les formations fluviales de la vallée du Loir vendômois (Despriée *et al.*, 2010).

La présence de nucléus, d'éclats et de bifaces dans le limon argileux rougeâtre à orangé de la couche 5 datée de  $147 \pm 13$  ka a été observée à plusieurs reprises sur le site. Cette présence est attestée par exemple dans les tranchées TO 5 et TO 21, à des profondeurs de -2,10 m et entre -2,45m / -2,65 m, dans un limon orangé à fentes grises. Ces profondeurs pourraient correspondre aux indications anciennes mentionnant « des bifaces de type acheuléen » dans « une argile rouge, veinée d'argile grise et à sable grossier », apparaissant à environ 2,5 m sous le sol actuel (Anonyme, sd.). Toutefois, les comparaisons avec les collections de pièces non positionnées, conservées au

musée de Bonneval (Esnault *et al.*, 2016) paraissent délicates.

Les ateliers de taille fouillés sur le sol au contact des US 4 et 3 ont livré des nucléus et des produits de débitage qui ont permis de caractériser plusieurs chaînes opératoires caractéristiques du Paléolithique moyen. Pour préciser la position chronostratigraphique des ateliers de taille observés *in situ*, deux hypothèses sont envisageables :

1- les US 4 et 3 correspondent chacune à un sol gris forestier et à un interstade différent (Brørup/SIM 5c et Odderade/SIM 5a) ;

2- les US 4 et 3 correspondent à un unique sol gris forestier dégradé dans sa partie supérieure. Dans ce cas, vu la présence d'illuviations sur la structure lamellaire, il s'agirait plutôt du *Sol de Saint-Sauflieu* attribuable au stade 5a.

En tenant compte de ce qui a déjà été observé dans d'autres séquences du Début Glaciaire weichselien dans le nord de la France, cette seconde hypothèse semble la plus plausible. Elle renforcerait les observations sédimentologiques permettant de penser que les datations obtenues par la méthode RE-OSL sur les couches 3 et 2 ne seraient donc pas en adéquation avec les observations stratigraphiques.

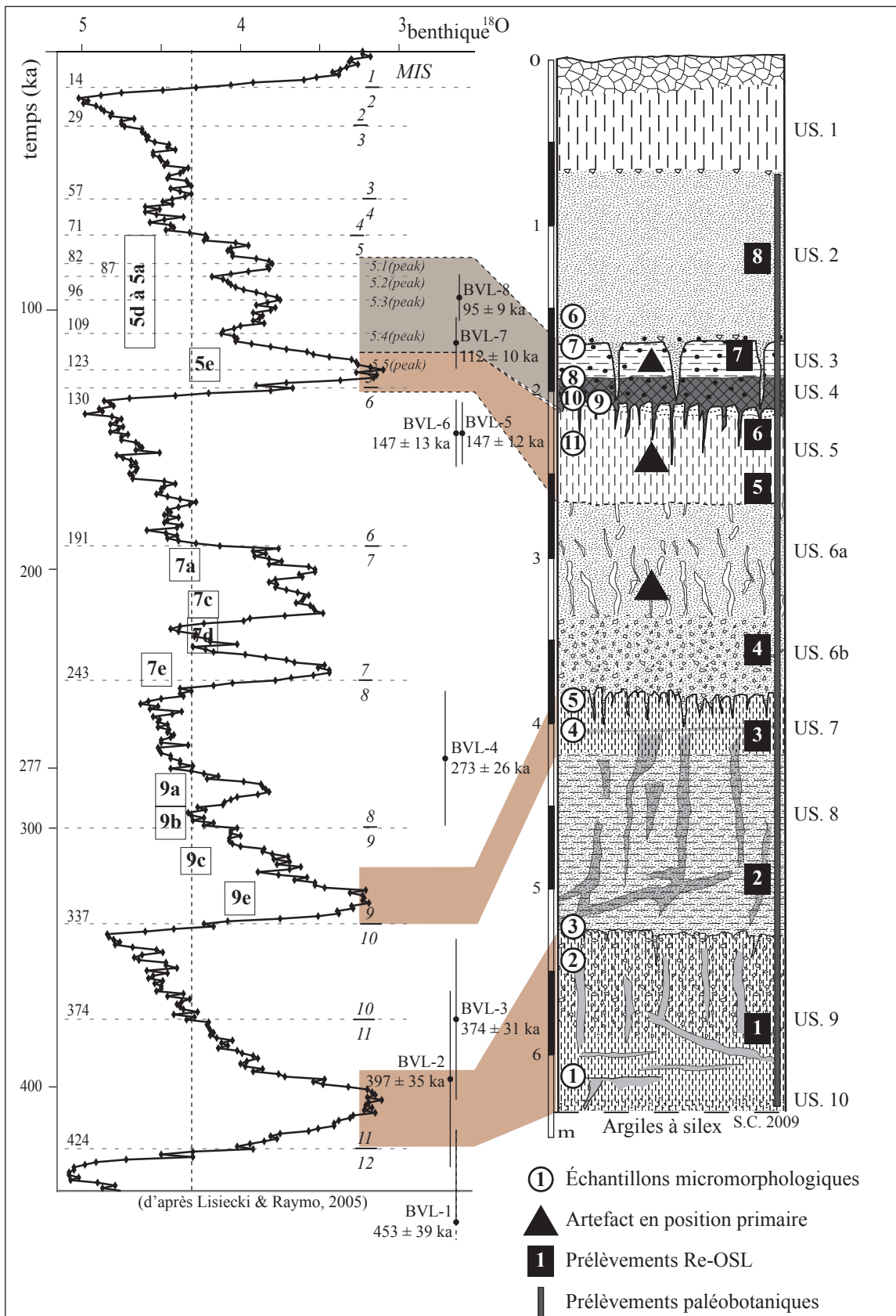
## 7.4 - COMPARAISONS RÉGIONALES

Quatre formations ont été récemment décrites par Coussot & Liard (2017) en Eure-et-Loir (fig. 10). Le site d'Illiers-Combray se trouve à 15 km en amont de Bonneval près de la source du Loir à la limite de la Beauce et du Perche. Les sites d'Allonnes, de Beauvilliers et de Prasville sont regroupés dans la plaine de Beauce à seulement 25 km de Bonneval. Ces formations qui varient de 1,50 m à 3 m d'épaisseur, reposent sur des colluvions polygéniques recouvrant le substratum tertiaire. Ces loess et limons n'ont pas fait l'objet de datations numériques.

Il faut toutefois souligner que l'étude des séquences stratigraphiques de ces quatre gisements a permis de les rapprocher du modèle mis en évidence pour le Début Glaciaire weichselien du Nord de la France, à partir des stratigraphies de référence de Bettencourt-Saint-Ouen (Somme) et de Villiers-Adam (Val-d'Oise) (Locht, 2002 ; Antoine *et al.*, 2003 ; Locht *et al.*, 2003). La présence de caractéristiques pédo-sédimentaires communes a permis de construire une séquence synthétique comportant 8 unités stratigraphiques. Par comparaison avec les stratigraphies de référence du Nord de la France et la présence de sols typiques, l'hypothèse est que les unités de la séquence supérieure couvriraient le dernier cycle glaciaire interglaciaire soit les 125 000 dernières années.

Les autres séquences étudiées en région Centre-Val de Loire sont celles de la Godée à Saint-Firmin-des-Prés (Loir-et-Cher), dans la vallée du Loir en aval de Bonneval (Lhomme *et al.*, 1999 ; Chaussé, 2000) et celle de Angé (Loir-et-Cher), au lieu-dit le Petit-Jardin, dans la vallée du Cher (Locht *et al.*, 2015).

Au-delà, il est nécessaire de se rattacher à la chronologie du Pléistocène moyen et supérieur du Nord de



**Fig. 9 : Proposition de corrélation de la séquence de Bonneval avec la courbe isotopique LR04 (d'après Lisiecki & Raymo, 2005).**  
 Fig. 9: Proposed correlations of the Bonneval sequence with the isotopic curve LR04 (after Lisiecki & Raymo, 2005).



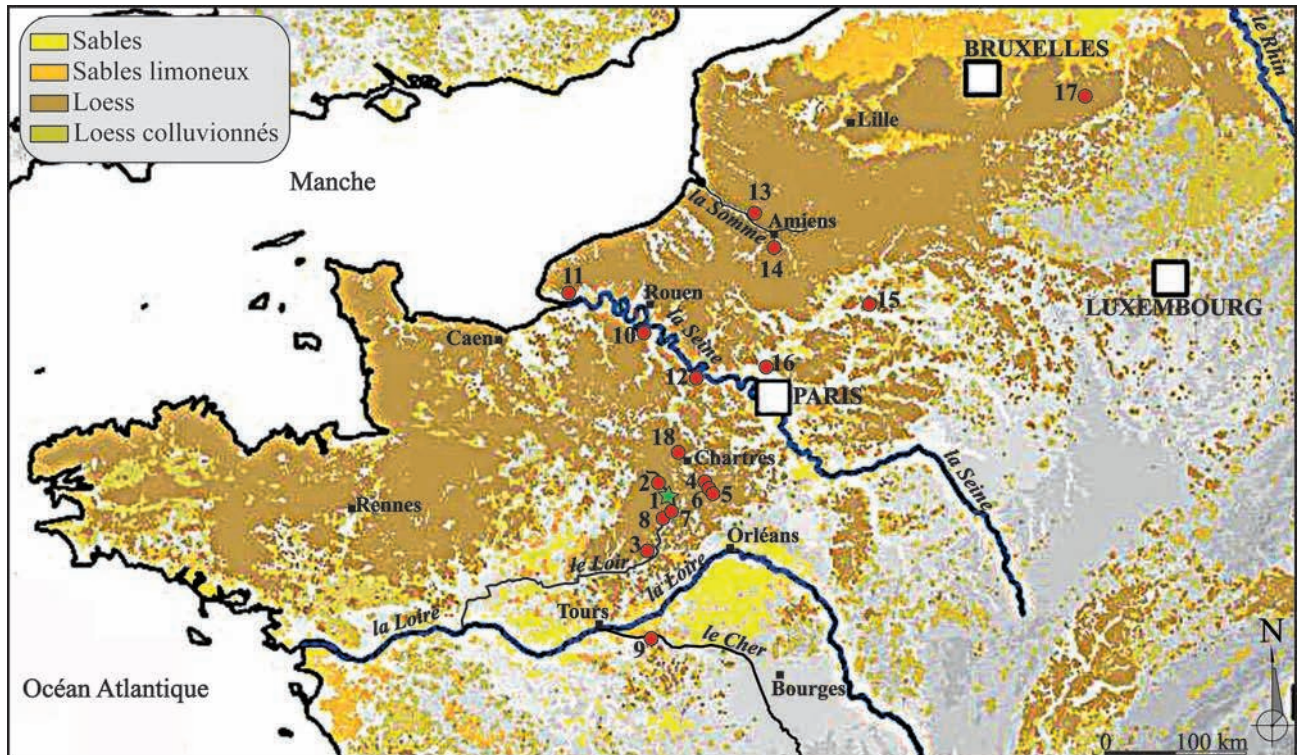


Fig. 10 : Carte des principales formations lœssiques reconnues dans les bassins de la Somme, de la Seine et de la Loire.

1/ Bonneval, la Jouanière (Eure-et-Loir) ; 2/ Illiers-Combray, la Croix-des-Marains (Eure-et-Loir) ; 3/ Saint-Firmin-des-Prés, la Godée (Loir-et-Cher) ; 4/ Allonnes, l'Ouche-Pigeonnier (Eure-et-Loir) ; 5/ Prasville, le Gas-Jacquet (Eure-et-Loir) ; 6/ Beauvilliers, la Fosse-Aubert (Eure-et-Loir) ; 7/ Châteaudun, la Malassise (Eure-et-Loir) ; 8/ Secteur de Cloyes-sur-le-Loir : Douy, Saint-Hilaire-sur-Yerre (Eure-et-Loir), Saint-Jean-Froidmentel (Loir-et-Cher) ; 9/ Angé, le Petit-Jardin (Loir-et-Cher) ; 10/ Saint-Pierre-lès-Elbeuf, la Briqueterie (Seine-Maritime) ; 11/ Saint-Romain-de-Colbosc (Seine-Maritime) ; 12/ Saint-Illiers-la-Ville, la Vallée-des-Prés (Yvelines) ; 13/ Bettencourt-Saint-Ouen, le Fond-des-Éronvalles (Somme) ; 14/ Saint-Saufieu (Somme) ; 15/ Courmelles, la Plaine-du-Mont-de-Courmelles (Aisne) ; 16/ Villiers-Adam, le Petit-Saule et Chamesson (Val-d'Oise) ; 17/ Remicourt, Momalle (Province de Liège, Belgique). D'après Bertran *et al.*, 2016, modifié.

Fig. 10: Location map of the main loessic formations studied in the Somme, Seine and Loire basins. After Bertrand *et al.*, 2016, modified.

la France, essentiellement établie à partir de séquences de Picardie (Antoine *et al.*, 1999, 2016). La séquence synthétique du Pléistocène supérieur y a été établie à Saint-Saufieu (Somme) puis complétée et détaillée à partir de coupes de référence en relation avec des sites archéologiques, notamment Bettencourt-Saint-Ouen dans la Somme (Locht, 2002) et Villiers-Adam dans le Val-d'Oise (Locht *et al.*, 2003). Un horizon blanchi dans le complexe pédo-sédimentaire weichselien semblable à celui observé ici a également été décrit à Courmelles dans l'Aisne (Sellier & Coutard, 2007).

#### 7.5 - SIGNIFICATION DU GISEMENT PRÉHISTORIQUE DE BONNEVAL AU WEICHSELIEN ANCIEN

Au niveau régional, l'industrie de Bonneval peut, pour partie, être rapprochée de celle d'Angé (Loir-et-Cher). Cette dernière, attribuée majoritairement au SIM 5a, est caractérisée par l'association de plusieurs chaînes opératoires parmi lesquelles figurent le débitage discoïde et surtout une production unipolaire (Locht *et al.*, 2015). Géographiquement plus proche, le site de Saint-Firmin-des-Prés, dans la vallée du Loir, a livré un ensemble lithique associant plusieurs modalités de débitage (Levallois, discoïde, pyramidal ; Lhomme *et al.*, 1999). Pour le Centre de la France, les comparaisons s'arrêtent là, ce qui

implique d'élargir la réflexion avec, d'une part le Nord de la France, et d'autre part avec le Sud-Ouest.

Le Nord de la France est riche en gisements de cette période. Ils sont la plupart du temps caractérisés par la coexistence de chaînes opératoires orientées vers la production de lames, de pointes et d'éclats. Le débitage Levallois est omniprésent (Locht *et al.*, 2016). Par contre, le débitage discoïde est rare, uniquement représenté par quelques artefacts dans le niveau N3b de Bettencourt-Saint-Ouen attribué au SIM 5d (Locht, dir., 2002). La composition technologique des ensembles lithiques du Nord diffère donc de celle de l'industrie de Bonneval, caractérisée par les débitages discoïde et unipolaire. Dans le Sud-Ouest, durant le SIM 5, les industries lithiques sont caractérisées par la présence du débitage Levallois. Le débitage discoïde caractérise le Moustérien à denticulés, mais ce faciès est contemporain du Pléniglaciaire moyen (SIM 3) (Jaubert *et al.*, 2014).

Le Centre de la France est une région où très peu de données sont disponibles (Locht *et al.*, 2016), mais des tendances régionales semblent s'y esquisser. Les sites de Saint-Firmin-des-Prés et d'Angé sont caractérisés par la présence d'un débitage pyramidal, destiné à produire des lames pointues. Ce type de débitage n'a été identifié, pour l'instant, que dans le Centre de la France, ainsi que dans le Paléolithique moyen ancien (Tabun, couche XI) et dans le Paléolithique intermédiaire du Levant (Boker Tachtit,

horizon 4 ; Marks, 1988). La composition technologique de l'assemblage de Angé permet de plus des comparaisons à la fois avec les séries lithiques du Sud-Ouest (outillage de type *Moustérien charentien de faciès Ferrassie*) et du nord du territoire (débitage de pointes, production de lames et d'éclats Levallois), mais aussi avec les industries apparentées au « Micoquien » d'Europe centrale (plus précisément aux *Keilmessergruppen* ; Jöris, 2004).

## 8 - CONCLUSION

Connus anciennement par des ramassages abondants d'artefacts préhistoriques, les dépôts limoneux de la Jouannière ont pu être étudiés lors d'un diagnostic archéologique de grande ampleur. Les lœss se sont vraisemblablement accumulés dans un accident du substratum affectant le rebord du plateau au-dessus du versant de la vallée du Loir. La puissance conservée, d'un peu plus de six mètres, est à ce jour, assez exceptionnelle dans cette région située en bordure du Perche et de la Beauce.

Les âges Re-OSL obtenus sur six des neuf unités lœssiques reconnues indiquent des dépôts du SIM 12 au SIM 6 pour la séquence inférieure de la formation. Régionalement il n'existe aucune stratigraphie pouvant être comparée à celle de la Jouannière. La seule comparaison est fournie par le stratotype de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Seine-Maritime). Dans la séquence supérieure, les analyses micromorphologiques ont permis d'observer une succession d'altérations caractéristiques du pédocomplexe Eemien-Weischelien.

Les recherches pluridisciplinaires menées à la Jouannière sont progressivement complétées par d'autres travaux d'opérations d'archéologie préventive qui permettent d'aboutir aux premières synthèses lithostratigraphiques des dépôts limoneux pléistocènes, en Beauce (Coussot & Liard, 2017 ; Borderie *et al.*, 2017) et jusque dans la vallée du Cher (Locht *et al.*, 2015).

L'industrie lithique du site de Bonneval se distingue des techno-complexes du Moustérien tels qu'ils sont définis dans le Nord et le Sud-Ouest de la France. A l'instar des sites de Angé et de Saint-Firmin-des-Prés (Loir-et-Cher), il témoigne peut-être de traditions régionales propres au Paléolithique moyen du Centre de la France, mais cette hypothèse reste à valider par la réalisation de nouvelles fouilles.

Des assemblages lithiques à débitage Levallois, et avec bifaces, avaient aussi été signalés en rebord de plateau surplombant la vallée du Loir dans une extraction de terre à brique à la Malassise, commune de Châteaudun (Cottevielle-Giraudet, 1927, 1932 ; Baudet, 1951 ; Nouel, 1966). Ces assemblages sont connus uniquement par des ramassages. La formation de la Malassise mériterait donc d'être étudiée.

Dans la vallée du Loir proprement dite, les découvertes d'assemblages préhistoriques en contexte limoneux ont généralement été signalées en association avec des limons déposés en couverture sur les deux formations fluviatiles les plus basses. Dans la région de Cloyes, ces

assemblages sont rapportables au Paléolithique moyen (Mallet, 2006) ou au Paléolithique supérieur (Djemmal, 2015).

## REMERCIEMENTS

Les auteurs de cet article tiennent à remercier : Le Service Régional de l'Archéologie, Drac du Centre-Val de Loire et la Direction Interrégionale Centre-Ile-de-France de l'Institut National de Recherche Archéologique Préventive ; la commune de Bonneval et le sénateur-maire pour les autorisations administratives ; le Conseil Régional du Centre-Val-de-Loire pour le soutien financier aux travaux de prélèvements et d'analyse (ARCHÉA) ; la Commission Européenne qui a permis à Xuefeng Sun de travailler sur les datations de la formation de Bonneval dans le cadre du programme *Master Erasmus Mundus in Quaternary and Prehistory* dans le Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement (N. Mercier et H. Valladas), master dont le mémoire a été soutenu au Muséum National d'Histoire Naturelle. Nous remercions P. Bertran et le deuxième relecteur pour les suggestions et modifications qui ont permis d'améliorer sensiblement le texte et les figures de cet article. Merci à P. Bertran et H. Tissoux pour l'accès à la cartographie des lœss.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AITKEN M.J., 1985 - *Thermoluminescence dating*. Academic Press, Oxford, 269-273.
- AITKEN M.J., 1998 - *An introduction to Optical Dating*. Oxford University Press, Oxford, 177-179 and 199-202.
- ANTOINE P., ROUSSEAU D. D., LAUTRIDOU J.-P. & HATTÉ C., 1999 - Last interglacial-glacial climatic cycle in loess-palaeosol successions of north-western France. *Boreas*, **28**, 551-563.
- ANTOINE, P., BAHAIN J.-J., DEBENHAM N., FRECHEN M., GAUTHIER A., HATTÉ C., LIMONDIN-LOZOUET N., LOCHT J.-L., RAYMOND P. & ROUSSEAU D.-D., 2003 - Nouvelles données sur le Pléistocène du nord du Bassin parisien : les séquences lœssiques de Villiers-Adam (Val-d'Oise, France). *Quaternaire*, **14** (4), 219-235.
- ANTOINE P., COUTARD S., GUÉRIN G., DESCHODT L., GOVAL E., LOCHT J.-L. & PARIS C., 2016 - Upper Pleistocene loess-palaeosols records from Northern France in the European context: environmental background and dating of the Middle Palaeolithic. *Quaternary International*, **411**, 4-24.
- ANONYME, sans date - *Étude de préhistoire locale : l'atelier de taille de la Jouannière, commune de Bonneval*. Manuscrit déposé à l'Association des Amis de Bonneval, Mairie de Bonneval, Eure-et-Loir.
- ASSELIN H. & PAYETTE S., 2005 - Detecting local-scale fire episodes on pollen slides. *Review of Palaeobotany and Palynology*, **137**, 31-40.
- BAIZE D. & GIRARD M.-C., 2009 - *Référentiel pédologique 2008*. Association Française pour l'Étude des Sols. Collection Savoir-Faire, Quae, Versailles, 406 p.
- BALESCU S., 2013 - Chronologie des lœss du Pléistocène moyen de Normandie. *Quaternaire*, **24** (3), 237-245.
- BAUDET J.L., 1951 - Chronologie d'une Station d'E.-et-L. (la Malassise, Châteaudun). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, **48** (1), 87-89.
- BAYLE G., JOSSET D., DESPRIÉE J., CHAUSSÉ C., CHAMBON M.-P., BARTHÉLÉMY-SYLVAND C. & CONNET N., 2005 - *Bonneval (Eure-et-Loir), future zone d'activités, tranche 2*. Rapport de diagnostic archéologique, SRA Centre, Orléans, 2 volumes, 58 et 92 p.
- BERTRAN P., LIARD M., SITZIA L., TISSOUX H., 2016 - Map of Pleistocene aeolian deposits in Western Europe, with special emphasis on France. *Journal of Quaternary Science*, **31** (8), 844-856.

- BLASER F. & CHAUSSE C., 2016 - Saint-Illiers-la-Ville and the Micoquian of Weichselian sequences of the Paris Basin. *Quaternary International*, **411**, 163-178.
- BONIFAY E., 1966 - *Gisement de la Joignière à Bonneval*. Lettre adressée au Docteur J. Allain, Directeur Régional des Antiquités Préhistoriques, datée du 26 avril 1966, déposée à l'Association des Amis de Bonneval, Mairie de Bonneval, 2 p.
- BORDES F., 1966 - *Typologie du Paléolithique ancien et moyen*. Ed. Delmas, Bordeaux, 2 vol., 85 et 216 p.
- BORDERIE Q., CHAMAUX G., ROUSSAFA H., DOUARD M., FENCKE É., RODOT M.-A., PERRICHON P. & SELLES H., 2017 - La couverture lacustre d'Eure-et-Loir (France) : potentiel pédo-sédimentaire et organisation spatiale. *Quaternaire*, **28** (3), 389-400.
- BULLOCK P., FÉDOROFF N., JONGERIUS A., STOOPS G., TURSINA T.V., 1985 - *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publications, Wolverhampton, 152 p.
- CARCAILLET C., BOUVIER M., FRÉCHETTE B., LAROUCHE A.C. & RICHARD P.J.H., 2001 - Comparison of pollen-slide and sieving methods in lacustrine charcoal analyses for local and regional fire history. *Holocene*, **11**, 467-476.
- CHAUSSE C., 2000 - *Etude lithostratigraphique du profil de la Godée à Saint-Firmin (41)*. In : Document d'Etude approfondie, Orléans : SRA région Centre ; AFAN, Paris, 40 p.
- CLARK J. S., 1988 - Particle motion and the theory of charcoal analysis: source area, transport, deposition, and sampling. *Quaternary Research*, **30**, 67-80.
- CLARK J.S. & HUSSEY T.C., 1996 - Estimating the mass flux of charcoal from sedimentary records: effects of particle size, morphology, and orientation. *Holocene*, **6**, 129-144.
- CLIQUET D., LAUTRIDOU J.P., ANTOINE P., LAMOTHE M., LEROYER C., LIMONDIN-LOZOUET N. & MERCIER N., 2009 - La séquence loessique de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Normandie, France) : nouvelles données archéologiques, géochronologiques et paléontologiques. *Quaternaire*, **20** (3), 321-343.
- COTTEVIEILLE-GIRAUDET M.-R., 1927 - La Préhistoire de la région de Châteaudun. *Revue Anthropologique*, **37** (4), 346-363.
- COTTEVIEILLE-GIRAUDET M.-R., 1932 - Canton de Bonneval (au nord du canton de Châteaudun), suite. *Revue Anthropologique*, **4** (4), 343-377.
- COUSSOT C., 2018 - Etude géomorphologique. In: *Amilly (Boissay) et Maimvilliers (l'Enclos), Eure-et-Loir: Rapport de diagnostic archéologique*, Dir. J.-P. Gay, INRAP. Rapport au Service Régional de l'Archéologie, DRAC du Centre-Val de Loire, Orléans, 31-36.
- COUSSOT C. & LIARD M., 2017 - Élaboration d'un cadre chronostratigraphique pour le Pléistocène de la région Centre-Val de Loire (France) : présentation du projet de recherche et premiers résultats. *Revue archéologique du Centre de la France*, **56** | 2017 numéro ouvert, mis en ligne 06 avril 2014.
- DANIAU A.L., HARRISON S. & BARTLEIN P., 2010 - Fire regimes during the last glacial. *Quaternary Science Reviews*, **29** (21) 2918-2930.
- DESPRAT S., SANCHEZ GONI M.F., TURON J.L., Mc MANUS J.F., LOUTRE M.F. DUPRAT J., MALAIZÉ B., PEYRON O. & PEYPOUQUET J.P., 2005 - Is vegetation responsible for glacial inception periods during periods of muted insolation changes? *Quaternary Science Reviews*, **24**, 1361-1374.
- DESPRAT S., SANCHEZ-GONI M.-F., TURON J.-L., DUPRAT J., MALAIZÉ B. & PEYPOUQUET J.P., 2006 - Climatic variability of marine Isotope Stage 7 : direct land-sea-ice correlation from a multiproxy analysis of a northwestern Iberian margin deep-sea core. *Quaternary Science Reviews*, **25**, 1010-1026.
- DESPRIÉE J., COURCIMAULT G., VOINCHET P. & MARQUER L., 2005 - *Rapport sur les sondages effectués à la « Jouannière », Bonneval, Eure-et-Loir*. Rapport de diagnostic archéologique, Bonneval, Eure-et-Loir, Future zone d'activités, Tranche 2, SRA Centre, Orléans, 5 p.
- DESPRIÉE J., VOINCHET P., TISSOUX H., MONCEL M.-H., ARZARELLO M., ROBIN S., BAHAIN J.-J., FALGUÈRES C., COURCIMAULT G., DÉPONT J., GAGEONNET G., MARQUER L., MESSAGER E., ABDESSADOK S. & PUAUD S., 2010 - Lower and middle Pleistocene human settlements in the Middle Loire River Basin, Centre Region, France. *Quaternary International*, **223-224**, 345-359.
- DEWOLF Y., 1977 - *Contribution à l'étude des marges occidentales du bassin de Paris, problèmes de géomorphologie*. Thèse d'État, Géographie Physique, Université de Paris 7, 589 p.
- DJEMMALI N., 2015 - *Saint-Jean-Froidmental, Loir-et-Cher, « Terres du Buisson »*. Rapport de diagnostic archéologique, SRA Centre, Orléans, 95 p.
- ESNAULT P.-A., BLANCHET T., AHMED-DELACROIX E., CHAMAUX G., BORDERIE Q. & LELONG A., 2016 - *Inventaire des collections « Decourtye » et « Sidoisne » du gisement paléolithique de la Jouannière à Bonneval (Eure-et-Loir, France) : contribution à la connaissance du Paléolithique moyen dans le nord de la région Centre-Val-de-Loire*. Rapport au Service Régional d'Archéologie, DRAC du Centre-val de Loire, Orléans, 95 p.
- FÉDOROFF N. & GOLDBERG, P. 1982 - Comparative micromorphology of two last Pleistocene palaeosols (in the Paris Basin). *Catena*, **9**, 227-251.
- GERASIMOVA M., 2003 - Higher levels of description – Approaches to the micromorphological characterisation of Russian soils. *Catena*, **54**, 319-337.
- GIGOT C., DESPREZ N & FERDIÈRE A., 1977 - *Carte géologique de la France à 1/50 000. Feuille Châteaudun, n° 325*. Ed. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, la Source.
- HAESAERTS P., MESTDAGH H. & BOSQUET D., 1999 - The sequence of Remicourt (Hesbaye, Belgium): new insights on the pedo- and chronostratigraphy of the Rocourt soil. *Geologica Belgica*, **2** (1-2), 5-27.
- HUNTLEY D.J. GODFREY-SMITH D.I. & THEWALT M. L.W., 1985 - Optical dating of sediments. *Nature*, **313**, 105-107.
- JAUBERT J., BORDES, J.-G., DISCAMPS, E., GRAVINA, B., 2014 - A New Look at the End of the Middle Palaeolithic Sequence in Southwestern France. In : A. P. Derevianko & M. V. Shunkov (eds.) "Characteristic Features of the Middle to Upper Paleolithic Transition in Eurasia", Asian Palaeolithic Association, Novosibirsk, p. 102-115.
- JÖRIS O., 2004 - Zur chronostratigraphischen Stellung der spätmitelpaläolithischen Keilmesserguppen. Der Versuch einer kulturgeographischen Abgrenzung einer mittelpaläolithischen Formengruppe in ihrem europäischen Kontext, *Berichte RGK*, **84** (2003), p. 49-153.
- JOUSSET de BELLESME G., 1917-1918 (1918) - Etudes Préhistoriques sur la Province du Perche. Les terrains quaternaires du Perche et leurs industries. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, **4** (1) 163-167.
- LAUTRIDOU J.P., 1985 - *Le cycle périglaciaire pléistocène en Europe du Nord-Ouest et plus particulièrement en Normandie*. Thèse Doctorat Etat, Centre de Géomorphologie CNRS, Caen 1984, 2 vol., 908 p.
- LHOMME V., CONNET N. & CHAUSSE C., 1999 - *Le site paléolithique moyen de « la Garenne » à Saint-Firmin-des-Prés (Loir-et-Cher)*. Document final de synthèse de sauvetage urgent, AFAN, SRA Centre, Orléans, 74 p.
- LISIECKI L.E. & RAYMO M.E., 2005 - A Pliocene-Pleistocene stack of 57 globally distributed benthic  $\delta^{18}\text{O}$  records. *Palaeoceanography*, **20**, 1, PA 1003.
- LOCHT J.L., 2002 - *Bettencourt-Saint-Ouen (Somme). Cinq occupations paléolithiques au début de la dernière glaciation*. Documents d'Archéologie Française, 90. Ed. Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 176 p.
- LOCHT J.L., ANTOINE P., BAHAIN J.-J., DRWILA G., RAYMOND P., LIMONDIN-LOZOUET N., GAUTHIER A., DEBENHAM N., FRECHEN M., ROUSSEAU D.-D., HATTE C., HAESAERTS P. & METSDAGH H., 2003 - Le gisement paléolithique moyen et les séquences Pléistocènes de Villiers-Adam (Val d'Oise). Chronostratigraphie, environnements et occupations humaines. *Gallia préhistoire*, **45**, 1-111.
- LOCHT J.-L., COUTARD S., SORESSI M., KIEFER D., KOEHLER H. & DEBENHAM N., 2015 - Angé (Loir-et-Cher) : un site moustérien à influences multiples. In Depaep P., Goval E., Koehler H. & Loch J.-L. (dir.). *Les plaines du Nord-Ouest : carrefour de l'Europe au Paléolithique moyen ?* Actes de la table-ronde d'Amiens, 28-29 mars 2008, Mémoire de la Société Préhistorique Française, **59**, 101-125.
- LOCHT J.-L., HÉRISSON D., GOVAL É., CLIQUET D., HUET B., COUTARDS S., ANTOINE P. & FERAY P., 2016 - Timescales, space and culture during the Middle Palaeolithic in north-western France. *Quaternary International*, **411**, 129-148.
- MALLET, M., 2006 - Prospections de surface de sites paléolithiques sur les communes de Douy et Saint-Hilaire-sur-Yerre. In : *Histoire du Pays Dunois*. B. Robreau, dir., I, 131-177. Ed. Société Dunoise d'Archéologie, d'Histoire, Sciences et Arts, Châteaudun (Eure-et-Loir).
- MARKS A., 1988 - The Middle to Upper Paleolithic transition in the Southern Levant: technological change as an adaptation to increasing mobility, in J. K. Kozłowski (coord.), *L'Homme de Néandertal*, **8. La mutation, actes du colloque international (Liège, 4-7 décembre 1986), Liège, université de Liège, service de Préhistoire (ERAUL, 35), p. 109-123.**

- MARLON J.R., BARTLEIN P.J., WALSH M.K., HARRISON S.P., BROWN K.J., EDWARDS M.E., HIGUERA P.E., POWER M.J., ANDERSON R.S., BRILES C., BRUNELLE A., CARCAILLET C., DANIELS M., HU F.S., LAVOIE M., LONG C., MINCKLEY T., RICHARD P.J.H., SCOTT A.C., SHAFER D.S., TINNER W., UMBANHOWAR C.E. Jr, WHITLOCK C. (2009) - Wildfire Responses to Abrupt Climate Change in North America, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **106** (8), 2519-2524.
- MARQUER L., 2009 - *Apports des signaux polliniques et charbons à la reconstitution des paléoenvironnements et à la connaissance des relations homme/milieu au Pléistocène dans le bassin de la Loire moyenne (France)*. Thèse du Muséum national d'histoire naturelle de Paris, 233 p.
- MARQUER L., 2010 - From microcharcoal to macrocharcoal: reconstruction of the "wood charcoal" signature in Paleolithic archaeological contexts. In: *The taphonomy of burned organic residues and combustion features in archaeological contexts*, Théry-Parisot I., Chabal L. & Costamagno S. (Eds). Proceedings of the round table, Valbonne, Palethnology, **2**, 105-115.
- MARQUER L., OTTO T., NESPOULET R. & CHIOTTI L., 2010 - A new approach to study the fuel used in hearths by hunter-gatherers at the Upper Palaeolithic site of Abri Pataud (Dordogne, France). *Journal of Archaeological Science*, **37** (11), 2735-2746.
- MARQUER L., LEBRETON V., OTTO T., VALLADAS H., HAESAERTS P., MESSEGER E., NUZHNYI D. & PÉAN S., 2012 - Charcoal scarcity in Epigravettian settlements with mammoth bone dwellings: the taphonomic evidence from Mezhyrich (Ukraine). *Journal of Archaeological Science*, **39**, 109-120.
- MARQUER L., LEBRETON V., OTTO T. & MESSEGER E., 2015 - Etude des macro- et des micro-charbons du site épigravettien de Mezhyrich (Ukraine) : données taphonomiques et anthracologiques. *L'Anthropologie*, **119**, 487-504.
- MERCIER N. & VALLADAS H., 2003 - Reassessment of TL age estimates of burnt flints from the Palaeolithic site of Tabun Cave, Israel. *Journal of Human Evolution*, **45**, 401-409.
- MERCIER N., WENGLER L., VALLADAS H., JORON J.-L., FROGET L. & REYSS J.-L., 2007 - The Rhafas Cave (Morocco). Chronology of the Mousterian and Aterian archaeological occupations and their implications for Quaternary geochronology based on Luminescence (TL/OSL age determinations). *Quaternary Geochronology*, **2** (1-4), 309-313.
- MURRAY A.S & WINTLE A. G., 2000 - Luminescence dating of quartz using improved single aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements*, **32**, 57-73
- NOUEL Abbé A., 1966 - Le Paléolithique ancien, inférieur et moyen. In : *Manuel de Préhistoire pour le sud du Bassin Parisien*, 15-23. Ed. J. Masselot, Orléans (Loiret).
- PATTERSON W. A., EDWARDS K.J. & MAGUIRE D.J., 1987 - Microscopic charcoal as a fossil indicator of fire. *Quaternary Science Reviews*, **6**, 3-23.
- POWER M. J., MARLON J.R., ORTIZ N. & ZANG J.H., 2008 - Changes in fire regimes since the Last Glacial Maximum: An assessment based on a global synthesis and analysis of charcoal data. *Climate Dynamics*, **30** (7) 887-907.
- RHODES A.N., 1998 - A method for the preparation and quantification of microscopic charcoal from terrestrial and lacustrine sediment cores. *Holocene*, **8**, 113-117.
- ROUCOUX K.H., TZEDAKIS P.C., DE ABREU L. & SHACKLETON N.J., 2006 - Climate and vegetation changes 180,000 to 345,000 years ago recorded in a deep-sea core of Portugal. *Earth and Planetary Science Letters*, **249**, 307-325.
- ROUCOUX K.H., TZEDAKIS P.C., FROGLEY M.R., LAWSON I.P. & PREECE R.C., 2008 - Vegetation history of the marine Isotope stage 7 interglacial complex at Ioannina, NW Greece. *Quaternary Science Reviews*, **27**, 1378-1395.
- SANCHEZ GONI M.F., LANDAIS A., FLETCHER W.J., NAUGHTON F., DESPRAT S., DUPRAT, J., 2008 - Contrasting impacts of Dansgaard-Oeschger events over a western European latitudinal transect modulated by orbital parameters. *Quaternary Science Reviews*, **27**, 1136-1151.
- SELLIER N. & COUTARD S., 2007 - Données récentes sur le Paléolithique moyen de l'Aisne. Une occupation du Weichselien ancien à Courmelles. *Revue Archéologique de Picardie*, **3/4**, 5-16.
- STOOPS G., MARCELINO V. & MEES F., eds, 2010 - *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Elsevier, 720 p.
- SUN X., MERCIER N., FALGUÈRES C., BAHAIN J.-J., DESPRIÉE J., BAYLE G. & LU H., 2010 - Recuperated optically stimulated luminescence dating of middle-size quartz grains from the Palaeolithic site of Bonneval (Eure-et-Loir, France). *Quaternary Geochronology*, **5**, 342-347.
- TZEDAKIS C., 2003 - Timing and duration of Last Interglacial conditions in Europe: a chronicle of a changing chronology. *Quaternary Science Reviews*, **22**, 763-768.
- TZEDAKIS P.C., McMANUS J.F., HOOGHMESTRA H., OPPO D.W., WIJMSTRA T.A., 2003 - Comparison of changes in vegetation in northeast Greece with records of climate variability on orbital and suborbital frequencies over the last 450 000 years. *Earth and Planetary Science Letters*, **212**, 197-212.
- TZEDAKIS P.C., HOOGHMESTRA H., PÄLIKE H., 2006 - The last 1.35 million years at Tenaghi Philippon: revised chronostratigraphy and long-term vegetation trends. *Quaternary Science Reviews*, **25**, 3416-3430.
- VAN VLIET-LANOË B., 2005 - *La Planète des glaces*. Ed. Vuibert, Paris, 472 p.
- VAN VLIET-LANOË B., 2010 - Frost action. In Stoops G., Marcelino V., Mees F. (eds) - *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Ed. Elsevier, Berlin, 81-108.
- WANG X.L. LU Y.C. & WINTLE A.G., 2006 a - Recuperated OSL dating of fine-grained quartz in Chinese loess: *Quaternary Geochronology*, **1**, 89-100.
- WANG X.L., WINTLE A.G. & LU Y.C., 2006 b - Thermally transferred Luminescence fine-grained quartz from Chinese loess. Basic observations. *Radiation Measurements*, **41**, 649-658.
- WANG X.L., WINTLE A.G. & LU Y.C., 2007 - Testing a single aliquot for recuperated OSL dating. *Radiation Measurements*, **42** (3) 380-391.