



## Quaternaire

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

vol. 20/2 | 2009  
Volume 20 Numéro 2

---

# Paléoenvironnements tardiglaciaires en Aquitaine : la séquence alluviale de la Brunetière (Bergerac, France)

*Late-glacial palaeoenvironments in Aquitaine, Southwestern France: the “La Brunetière” alluvial sequence (Bergerac, France)*

Pascal Bertran, Gisèle Allenet, Christophe Fourloubey, Chantal Leroyer, Nicole Limondin-Lozouet, Zoubida Maazouzi, Stéphane Madelaine, Jeanne Perrière, Philippe Ponel, Fabrice Casagrande et Luc Detrain

---



### Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/5107>

DOI : 10.4000/quaternaire.5107

ISSN : 1965-0795

### Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

### Édition imprimée

Date de publication : 1 juin 2009

Pagination : 161-193

ISSN : 1142-2904

### Référence électronique

Pascal Bertran, Gisèle Allenet, Christophe Fourloubey, Chantal Leroyer, Nicole Limondin-Lozouet, Zoubida Maazouzi, Stéphane Madelaine, Jeanne Perrière, Philippe Ponel, Fabrice Casagrande et Luc Detrain, « Paléoenvironnements tardiglaciaires en Aquitaine : la séquence alluviale de la Brunetière (Bergerac, France) », *Quaternaire* [En ligne], vol. 20/2 | 2009, mis en ligne le 01 juin 2012, consulté le 19 avril 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/5107> ; DOI : 10.4000/quaternaire.5107

---

## PALÉOENVIRONNEMENTS TARDIGLACIAIRES EN AQUITAINE : LA SÉQUENCE ALLUVIALE DE LA BRUNETIÈRE (BERGERAC, FRANCE)

Pascal BERTRAN <sup>1,2</sup>, Giselle ALLENET <sup>1,3</sup>, Christophe FOURLOUBEY <sup>1,2</sup>,  
Chantal LEROYER <sup>4</sup>, Nicole LIMONDIN-LOZOUET <sup>5</sup>, Zoubida MAAZOUZI <sup>5</sup>,  
Stéphane MADELAINE <sup>2,6</sup>, Jeanne PERRIÈRE <sup>3,7</sup>, Philippe PONEL <sup>8</sup>,  
Fabrice CASAGRANDE <sup>1</sup> & Luc DETRAIN <sup>1,2</sup>

### RÉSUMÉ

Des dépôts alluviaux datant du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène ont été découverts dans la plaine du Caudeau, petit affluent de la Dordogne, à La Brunetière sur la commune de Pombonne (Dordogne) à l'occasion de travaux d'archéologie préventive. Leur analyse permet de renouveler nos connaissances sur l'évolution des cours d'eau en Aquitaine pendant cette période charnière. Ils montrent en particulier que les principales phases de métamorphose alluviale décrites dans le nord de l'Europe se sont également produites dans cette région de manière à peu près synchronique, pour autant que l'on puisse en juger d'après les dates disponibles. Deux phases majeures d'incision aux dépens de la nappe alluviale à galets pléniglaciaire sont identifiables. La première intervient pendant une phase très précoce du Bølling, soit avant  $12\ 700 \pm 45$  BP, dans un environnement steppique. L'abandon rapide du chenal, associé à du soutirage karstique, permet ensuite l'installation d'un petit lac colmaté par des argiles avec quelques intercalations tourbeuses riches en macrorestes végétaux (bouleau nain, saule). L'image de la végétation donnée aussi bien par les pollens que par la faune de mollusques et d'insectes est celle d'une steppe encore très ouverte à armoise et genévriers, alors que les paléotempératures estivales indiquées par les insectes sont déjà proches de celles connues actuellement dans la région. Des paléotempératures hivernales sensiblement plus froides que les actuelles ( $-20$  à  $5$  °C) renvoient cependant l'image d'un climat à caractère plus continental. Les dépôts lacustres sont ensuite recouverts par une couche de sables d'inondation attribués au Dryas moyen et/ou récent. L'assèchement du chenal et le développement d'un sol hydromorphe pourrait correspondre respectivement soit à l'Allerød, soit au tout début de l'Holocène. La seconde phase d'incision est attribuée au Préboréal et tronque la séquence tardiglaciaire ; elle est associée à un style alluvial à chenaux anastomosés. L'abandon de la majorité des chenaux pendant le Boréal marque la réduction du lit à un chenal unique sinueux, comparable à celui qui caractérise le Caudeau actuel. Une industrie lithique de type Magdalénien supérieur a également été découverte sur la berge du chenal tardiglaciaire. L'industrie recueillie est exclusivement taillée dans le silex local maestrichtien. Elle comprend environ 200 éclats et 800 petits restes de taille, pour seulement 15 lames de plein débitage et 6 outils (sans aucun microlithe). L'utilisation exclusive d'un percuteur minéral tendre, la morphologie du nucléus laminaire, la rectitude des petites lames, les 2 lames appointées sont autant de caractères qui évoquent le stade ultime du Magdalénien supérieur, tel qu'il est connu plus en amont le long de la Dordogne sur les sites de la Gare de Couze et du Moulin du Roc.

**Mots-clés** : Tardiglaciaire, Holocène, dynamique alluviale, pollen, mollusques, insectes, Magdalénien supérieur, Aquitaine.

### ABSTRACT

LATE-GLACIAL PALAEOENVIRONMENTS IN AQUITAINE, SOUTHWESTERN FRANCE: THE "LA BRUNETIÈRE" ALLUVIAL SEQUENCE (BERGERAC, FRANCE)

Late-glacial to Holocene alluvial deposits have been discovered along a small tributary of the Dordogne river at "La Brunetière" near Bergerac (Dordogne, southwestern France) and yield novel information on the evolution of rivers at the end of the Weichselian. The deposits show that the main alluvial changes described in Northern Europe occurred simultaneously at "La Brunetière". Two major phases of channel incision in the basal Pleniglacial gravel body have been identified. The first channels developed at the very onset of the Bølling, i.e. before  $12,700 \pm 45$  BP, in a steppic landscape. Rapid channel abandonment allowed development of a small lake, filled in with alternating peat and clay layers rich in vegetal debris. Pollen data as well as molluscs and insects point to an open *Artemisia* steppe with juniper trees, together with a local component of riparian shrubs (willow and dwarf birch). Palaeotemperatures reconstructed from coleopteran assemblages indicate larger-than-today yearly thermal amplitude with cold winters and warm summers. The lacustrine clays and peats are buried by sandy overbank deposits that are attributed to the Older and/or the Upper Dryas. Channel drying and subsequent hydromorphic soil development relate respectively to the Allerød or the early Holocene. The second phase of incision corresponds to the Preboreal and is typified by stable anastomosed channel formation. Most of these were abandoned during the Boreal and filled by organic

<sup>1</sup> INRAP, centre d'activité Les Echoppes, 156, avenue Jean Jaurès, F-33600 Pessac. Courriel : pascal.bertran@inrap.fr, fabrice.casagrande@inrap.fr, luc.detrain@inrap.fr, christophe.fourloubey@inrap.fr

<sup>2</sup> PACEA, UMR 5199 CNRS, bâtiment de géologie, avenue des facultés, F-33405 Talence

<sup>3</sup> Centre National de Préhistoire, 38 rue du 26<sup>e</sup> Régiment d'Infanterie, F-24000 Périgueux. Courriel : gisele.allenet@culture.gouv.fr

<sup>4</sup> MCC, CRéAAH, UMR 6566 CNRS, Laboratoire Archéosciences, Campus de Beaulieu, bâtiment 24-25, F-33042 Rennes cedex. Courriel : chantal.leroy@univ-rennes1.fr

<sup>5</sup> Laboratoire de Géographie Physique, UMR 5579 CNRS, 1 place A. Briand, F-92195 Meudon cedex. Courriel : limondin@cnrs-belleveuve.fr

<sup>6</sup> Musée National de Préhistoire, F-24620 Les Eyzies-de-Tayac. Courriel : stephane.madelaine@culture.gouv.fr

<sup>7</sup> Université de Paris 1, ArScAn, UMR 7041 CNRS, Maison de l'Archéologie et de l'Ethnologie, 21, allée de l'Université, F-92023 Nanterre cedex. Courriel : perriere.jeanne@yahoo.fr

<sup>8</sup> Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléoécologie, UMR 6116 CNRS, Université Paul Cézanne, Europole Méditerranéen de l'Arbois, Pavillon Villemin, BP 80, F-13545 Aix-en-Provence cedex 04. Courriel : philippe.ponel@univ-cezanne.fr

clay. An Upper Magdalenian lithic industry has been discovered in a paleosol on the bank of the Late-glacial channel. It includes ca. 200 flakes and 800 small debris of local Maestrichtian flint, and only 15 full-debitage blades and 6 tools. Exclusive use of soft hammer, laminar core morphology, straightness of the small blades, and the 2 pointed blades indicate an ultimate stage of the Upper Magdalenian.

**Keys-words:** Late-glacial, Holocene, alluvial sediments, pollens, molluscs, insects, Upper Magdalenian, Aquitaine, southwestern France.

## 1 - INTRODUCTION

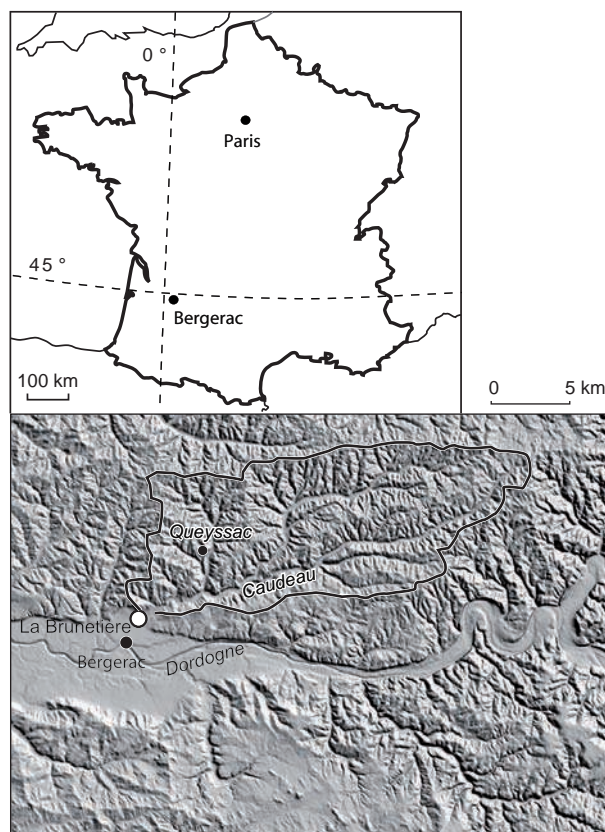
Au cours des deux dernières décennies, de nombreux travaux ont permis de documenter la dynamique alluviale en Europe. Ils ont mis en évidence une grande sensibilité des rivières aux changements climatiques, qui constitue le principal forçage de la métamorphose fluviale pour des échelles de temps de l'ordre de 1 à 10 ka. L'essentiel des acquis récents concerne la moitié nord de l'Europe (bassin de la Seine : Pastre *et al.*, 2001, 2002 ; Ponel *et al.*, 2005 ; bassin de la Somme : Antoine, 1997 ; Antoine *et al.*, 2002 ; Ponel *et al.*, 2005 ; Allemagne : Mol, 1997 ; Mol *et al.*, 2000 ; Kasse *et al.*, 2005 ; Pays-Bas : Huisink, 1997 ; Tebbens *et al.*, 1999 ; Vandenberghe, 2002 ; Angleterre : Jones *et al.*, 2002 ; Lewin *et al.*, 2005 ; Briant *et al.*, 2004). Pour ces régions, l'ensemble des données disponibles montre que le Tardiglaciaire, marqué par des oscillations climatiques brutales, correspond à une période clef dans la mise en place et l'organisation des vallées actuelles. Il marque en effet le passage entre une phase majeure d'aggradation des vallées, associée à des cours d'eau en tresses typiques du Pléniglaciaire, à une phase de dégradation liée à la diminution drastique de la charge solide en transit dans les lits alluviaux et à l'augmentation des débits liquides pendant l'Holocène. Les données sont en revanche beaucoup plus rares au sud et quasiment inexistantes en Aquitaine. En raison d'un gradient thermique latitudinal plus élevé pendant les périodes froides qu'actuellement (Coope *et al.*, 1998), la similitude des régimes fluviaux entre l'Aquitaine et les régions plus nordiques ainsi que le synchronisme des métamorphoses restent encore hypothétiques. De nouvelles données sont donc nécessaires pour évaluer la pertinence du modèle décrit en Europe du nord dans des zones plus méridionales.

Un des grands intérêts des milieux alluviaux réside également dans la présence de dépôts tourbeux et lacustres, qui se sont révélés être des enregistreurs à haute résolution des changements paléoenvironnementaux. Les études concernant divers indicateurs isotopiques et biologiques se sont donc multipliées et permettent d'ores et déjà d'avoir une bonne vision d'ensemble de l'évolution des environnements continentaux dans le nord de l'Europe, notamment pendant le Tardiglaciaire (par exemple : Limondin-Lozouet *et al.*, 2002 ; Coope *et al.*, 1998). Pour cette même période, peu de dépôts de ce type sont connus en Aquitaine. Quelques séquences polliniques fragmentaires ont été décrites dans le bassin de la Dronne à Valeuil-Les Andrivaux, Douchapt-Beauclair et Saint-Just (vallée du Buffebale). Ces enregistrements, très lacunaires, ont pu être attribués au Bølling (Valeuil), à l'Allerød (Douchapt et Saint-Just) et au Dryas récent (Saint-Just) (Tixier, 2001 ; Leroyer *et al.*, 2006).

La découverte d'une séquence tardiglaciaire dans la plaine du Caudeau au lieu-dit La Brunetière (commune de Bergerac, Dordogne) à l'occasion de travaux d'archéologie préventive permet de renouveler nos connaissances pour l'Aquitaine. Une étude pluridisciplinaire de cette séquence a été entreprise, de manière à comprendre l'évolution de la dynamique alluviale à la charnière fin du Pléistocène - début de l'Holocène et à reconstituer les paléoenvironnements biologiques associés.

## 2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

La séquence étudiée est localisée dans la plaine alluviale du Caudeau, à environ 5 km à l'amont de sa confluence avec la Dordogne (fig. 1). De nombreux sondages à la pelle mécanique ont été réalisés en rive droite et permettent d'appréhender en détail l'architecture des formations alluviales qui forment le remblaiement de la vallée. Pour la rive gauche du Caudeau, les données ont été complétées à partir des travaux archéologiques de L. Wozny (2000) et de P. Fouéré (données non publiées) au lieu-dit Les Vaures.



**Fig. 1 : Localisation du site de La Brunetière.**

Sur la carte ombrée, le trait continu souligne les contours du bassin versant du Caudeau.

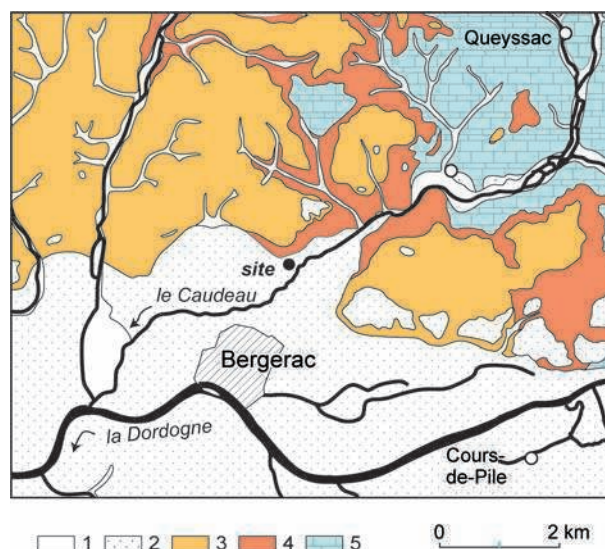
Fig. 1: Location of the study site. On the map, the continuous line outlines the watershed of the Caudeau River.

Le Caudeau est un petit cours d'eau dont le bassin versant atteint 269 km<sup>2</sup>. Ce bassin est incisé pour l'essentiel dans les calcaires secondaires qui affleurent quelques kilomètres au nord de Bergerac (Dubreuilh, 1984). L'élargissement de la plaine alluviale un peu à l'amont de la confluence avec la Dordogne correspond à un changement de lithologie du bassin versant, les calcaires cédant la place à des formations fluviales et lacustres (graviers, molasses, argiles et calcaires) d'âge Tertiaire (fig. 2). Ce changement s'accompagne d'une augmentation significative de la pente longitudinale, qui passe de 4,3‰ dans le secteur calcaire de Lembras à 9,1‰ près de la confluence, la plaine du Caudeau formant alors un cône alluvial surbaissé.

Dans le secteur étudié, une seule terrasse alluviale, notée Fw2 («Rissien») sur la carte géologique 1/50 000 (Dubreuilh, 1984), s'individualise clairement en rive gauche au-dessus de la plaine alluviale actuelle. La principale raison semble être l'épaisseur des formations colluviales dérivées du substratum tertiaire qui nappent les versants et masquent probablement en grande partie les traces de morphogénèse alluviale ancienne.

Les différentes tranchées réalisées dans la plaine ont fait l'objet d'un relevé sommaire à l'occasion du diagnostic archéologique, accompagné d'un test palynologique (Tixier & Leroyer, 2004). L'une d'entre elles (T64), qui avait livré une séquence potentiellement d'âge Tardiglaciaire, a ensuite donné lieu à une opération spécifique, destinée à une étude sédimentologique, malacologique, entomologique et palynologique. Les analyses ont concerné deux profils dans le remplissage du chenal tardiglaciaire, distants d'une dizaine de mètres, l'un localisé dans des faciès détritiques de berge (P2), l'autre dans des faciès organiques au centre du chenal (P3). La texture des sédiments a été mesurée par tamisage et granulométrie laser à l'Institut de Préhistoire et de Géologie du Quaternaire (PACEA) de Talence et la teneur en carbonates (CaCO<sub>3</sub>), en carbone organique total (COT) et en soufre (S) par pyrolyse et spectrométrie infrarouge à l'aide d'un analyseur Leco CS-125 au Département de Géologie et Océanographie (EPOC) de Talence. Une série de prélèvements a été effectuée pour l'étude des successions malacologiques dans chacun des profils, représentant respectivement 10 et 24 échantillons. Ces échantillons ont été tamisés et déterminés au Laboratoire de Géographie Physique de Meudon. Deux colonnes continues, prélevées sous forme de blocs successifs puis découpés en tranches de 0,5 à 1 cm d'épaisseur, ont été étudiées pour l'analyse pollinique au Centre National de Préhistoire de Périgueux. Au total, 24 échantillons couvrant toutes les unités sédimentaires reconnues ont été sélectionnés à partir de ces deux colonnes.

Dix-sept échantillons ont également été prélevés sur le profil P3 pour l'analyse entomologique et traités à l'Institut Méditerranéen d'Ecologie et de Paléocologie, Université Paul Cézanne (Aix-Marseille). L'extraction des restes d'Arthropodes a été effectuée selon la méthode habituelle préconisée par Coope (1986). L'identification des fragments a ensuite été faite par compa-



**Fig. 2 : Carte géologique schématisée du secteur, simplifiée d'après Dubreuilh (1984).**

1 : alluvions holocènes, 2 : alluvions pléistocènes, 3 : argiles et molasses tertiaires, 4 : sables ferrugineux de l'Eocène moyen, 5 : calcaires du Crétacé supérieur.

*Fig. 2: Simplified geological map of the study area, from Dubreuilh (1984). 1: Holocene alluvium, 2: Pleistocene alluvium, 3: Tertiary shales and sandstones, 4: Eocene ferruginous sands, 5: Upper Cretaceous limestone.*

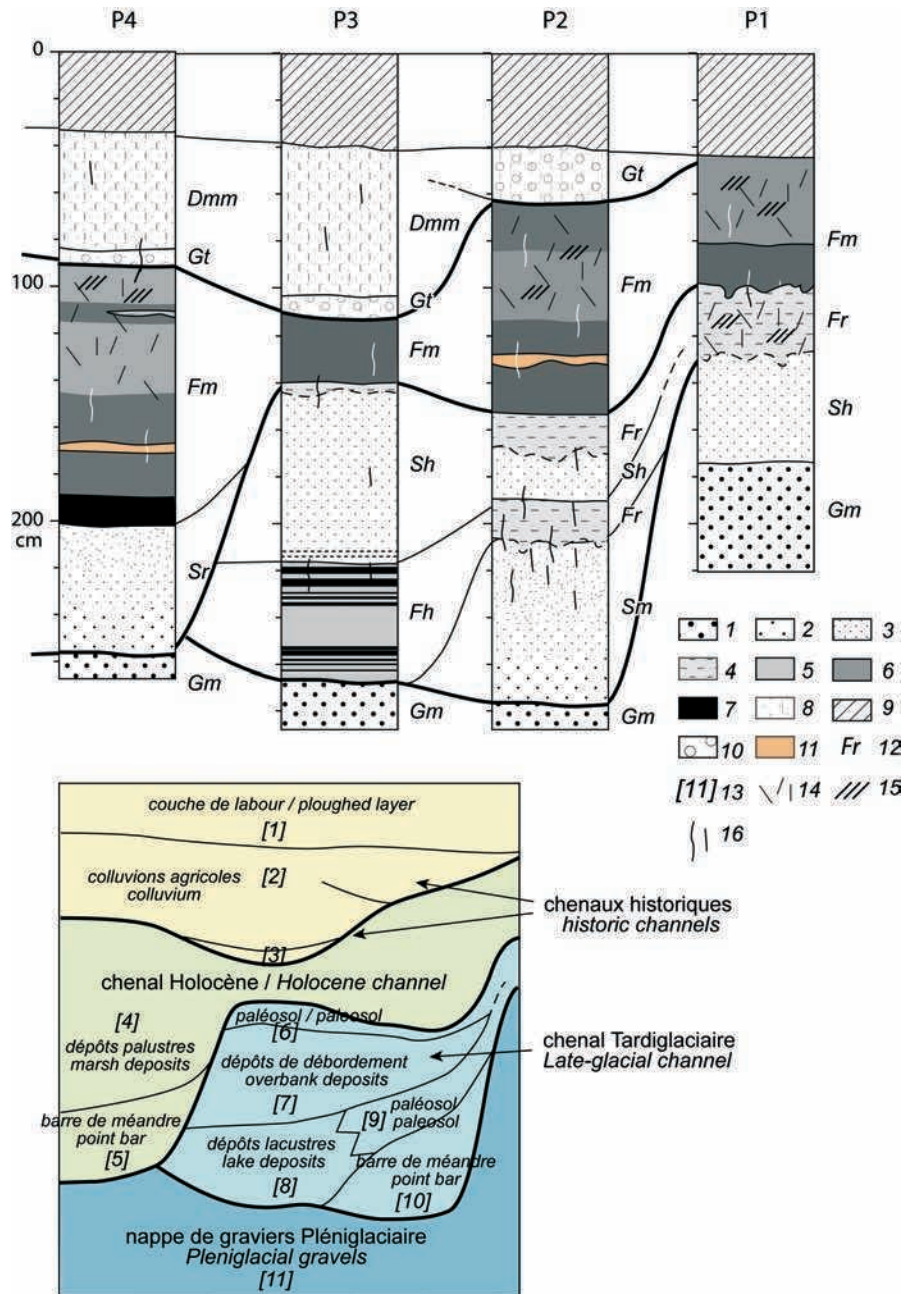
raison directe avec des spécimens provenant d'une collection de référence actuelle. L'interprétation paléocologique des assemblages de Coléoptères subfossiles est établie principalement à partir des données écologiques actuelles tirées de Koch (1989-1992).

### 3 - ARCHITECTURE DU REMBLAIEMENT ALLUVIAL DE FOND DE VALLÉE

Différentes unités lithostratigraphiques peuvent être distinguées à partir des coupes disponibles. Elles comprennent (le code de lithofaciès est indiqué d'après Miall, 1996) (fig. 3) :

- des alluvions calcaires sablo-graveleuses, de module de 2 à 4 cm [unité 11]. Elles ont été rencontrées dans tous les sondages à une profondeur variable et forment donc une nappe continue dont la puissance dépasse 3 m, le substratum n'ayant été atteint nulle part. Le faciès est généralement massif (Gm). Dans certaines coupes, des corps sableux à litage en auge très plates (St) ou horizontal (Sh) sont interstratifiés dans les alluvions à graviers. Ils correspondent probablement au colmatage de petits chenaux peu profonds, qui n'ont pas pu être suivis d'une coupe à l'autre.

- plusieurs chenaux incisés dans l'unité [11], actuellement complètement masqués mais mis en évidence par le report en plan de la cote du toit des graviers (fig. 4). La cartographie fait également apparaître plusieurs dépressions allongées alignées sur le fond de certains chenaux. Ces dépressions correspondent vraisemblablement à des zones de soutirage karstique. Les chenaux, caractérisés par un rapport profondeur / largeur élevé, ont un colma-



**Fig. 3 : Coupe synthétique du sondage T64 et interprétation.**

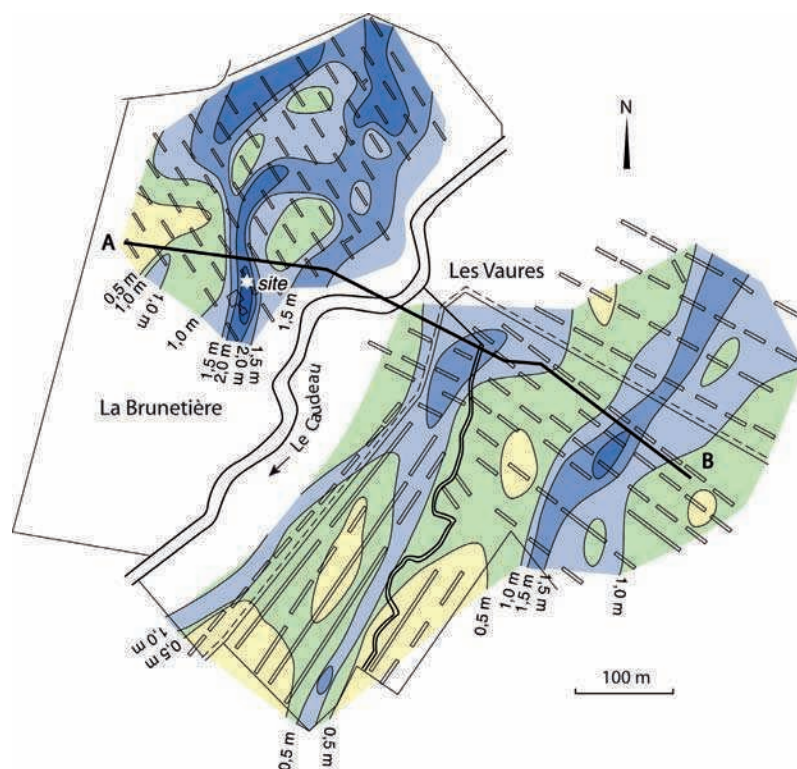
Les chiffres indiqués entre crochets correspondent aux principales unités lithostratigraphiques détaillées dans le texte. 1 : gravier, 2 : sable moyen, 3 : sable fin, 4 : sable argileux, 5 : argile grise, 6 : argile organique gris foncé, 7 : argile tourbeuse noire, 8 : limon argileux brun, 9 : limon sableux brun foncé, 10 : oncolithes, 11 : argile rubéfiée, 12 : lithofaciés (Miall, 1996), 13 : n° d'unité, 14 : slickensides, 15 : marbrures, 16 : racines.

Fig. 3: Synthetic cross-section of T64 pit and interpretation. The numbers between brackets correspond to the main lithostratigraphic units used in the text. 1: gravel, 2: medium sand, 3: fine sand, 4: clayey sand, 5: grey clay, 6: dark grey organic clay, 7: black peaty clay, 8: brown clayey loam, 9: dark brown sandy loam, 10: oncolithes, 11: red clay, 12: lithofacies (Miall, 1996), 13: unit number, 14: slickensides, 15: mottling, 16: roots.

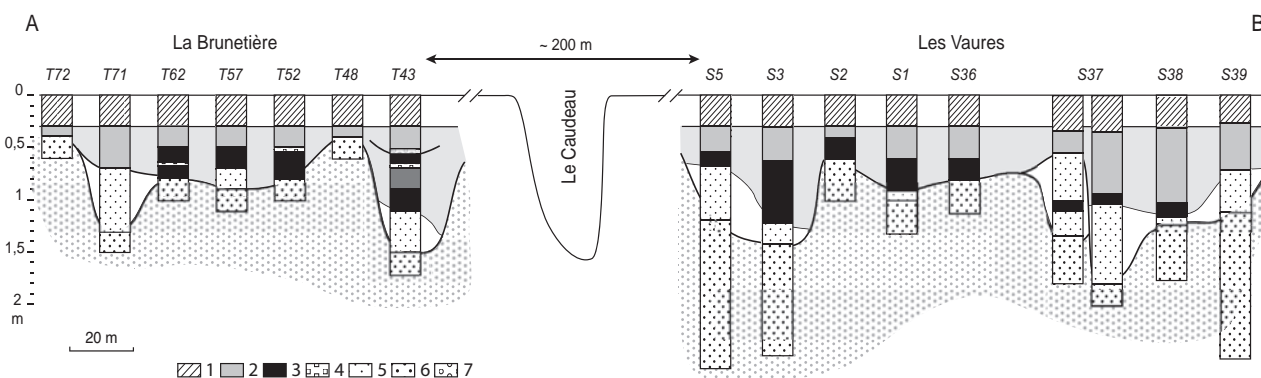
tage soit essentiellement sableux, soit argileux et organique (fig. 5) et correspondent à au moins deux générations successives: (i) une première génération dont ne subsistent que quelques lambeaux préservés localement; leur colmatage est dominé par les sables avec des intercalations argileuses ou tourbeuses [unités 6 à 10] qui ont fourni un âge Tardiglaciaire dans la tranchée T64, (ii) une seconde génération à colmatage essentiellement argileux et organique, d'âge Holocène [unités 4 et 5]. La similitude du comblement des chenaux appartenant à la deuxième génération, notamment la présence de lits rubéfiés interstratifiés dans les niveaux organi-

ques, indiquent qu'ils correspondent tous à une phase ancienne de morphogenèse fluviale holocène. Les tests palynologiques préliminaires effectués sur la parcelle des Vaures (Tixier & Leroyer, *in* Wozny, 2000) montrent également des cortèges caractéristiques soit du Boréal, soit de l'Atlantique ancien à la base des remplissages.

– quelques chenaux généralement peu profonds, dont le fond est tapissé de concrétions calcaires laminaires de taille centimétrique (oncolithes) et qui recourent les dépôts argileux organiques [unité 3]. A La Brunetière, leur contenu archéologique indique un âge historique (principalement médiéval et/ou moderne).



**Fig. 4 : Isobathes du toit des alluvions sablo-graveleuses.**  
 Fig. 4: Contour lines of the top of the sandy gravel deposits.



**Fig. 5 : Coupe schématique du remblaiement de fond de vallée.**

La position de la coupe est indiquée sur la figure 3. 1 : limon sableux brun, 2 : limon argileux brun clair oxydé, 3 : argile organique noire, 4 : argile rubéfiée, 5 : sable, 6 : gravier, 7 : oncolithes.

Fig. 5: Schematic cross-section of the valley infilling. Section location is given on figure 3. 1: brown loamy sand, 2: oxidized pale brown clayey loam, 3: black organic clay, 4: red clay, 5: sand, 6: gravel, 7: oncolithes.

Aux Vaures, des niveaux similaires à colmatage tuffacé ont livré des cortèges polliniques allant de l'Atlantique ancien au Subboréal. L'ensemble est surmonté par des dépôts limono-sableux massifs à graviers dispersés, interprétés comme des colluvions agricoles [unités 1 et 2].

#### 4 - STRATIGRAPHIE DU CHENAL TARDIGLACIAIRE (SONDAGE T64)

Différents faciès de dépôts ont été individualisés et permettent de définir une séquence de berge (profil P2,

fig. 3), essentiellement détritifique, et une séquence de fond de chenal (profil P3, fig. 3) dans laquelle apparaissent plusieurs niveaux argileux et tourbeux. Ces dépôts comprennent :

- à la base, des sables moyens à fins de couleur verdâtre (Sm) avec une granodécroissance verticale bien exprimée, atteignant environ 70 cm d'épaisseur [unité 10] (fig. 6). Cette unité, dont l'épaisseur est maximale contre la berge et qui disparaît vers le centre du chenal, correspond à une barre de méandre embryonnaire. Elle repose sur des graviers massifs (Gm) au sein desquels il n'a pas été possible de distinguer la nappe charriée sur le fond du chenal, vraisemblablement



**Fig. 6 : Coupe sur la berge convexe du chenal tardiglaciaire.** On distingue deux niveaux de gley séparés par une couche de sable. L'ensemble est recouvert par des argiles organiques holocènes.  
*Fig. 6: Cross-section through the convex bank of the Late-glacial channel. We can distinguish two gleyed levels separated by a sand layer, then overlain by Holocene organic clays.*



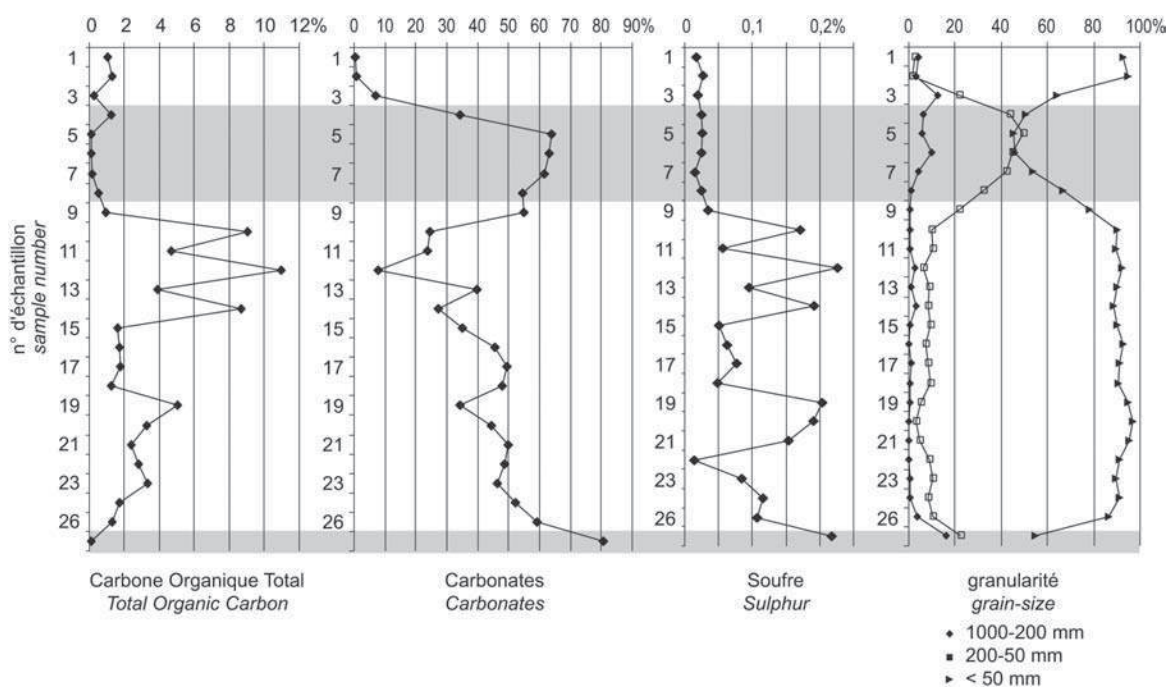
**Fig. 7 : Coupe dans la partie centrale du chenal tardiglaciaire.** Des dépôts lacustres laminés, plus ou moins tourbeux, sont visibles à la base. Ils sont surmontés par une épaisse couche de sables.  
*Fig. 7: Cross-section in the central part of the Late-glacial channel. More or less peaty laminated lacustrine deposits are overlain by a thick sand layer.*

réduite à un simple pavage, du matériel plus ancien non remobilisé.

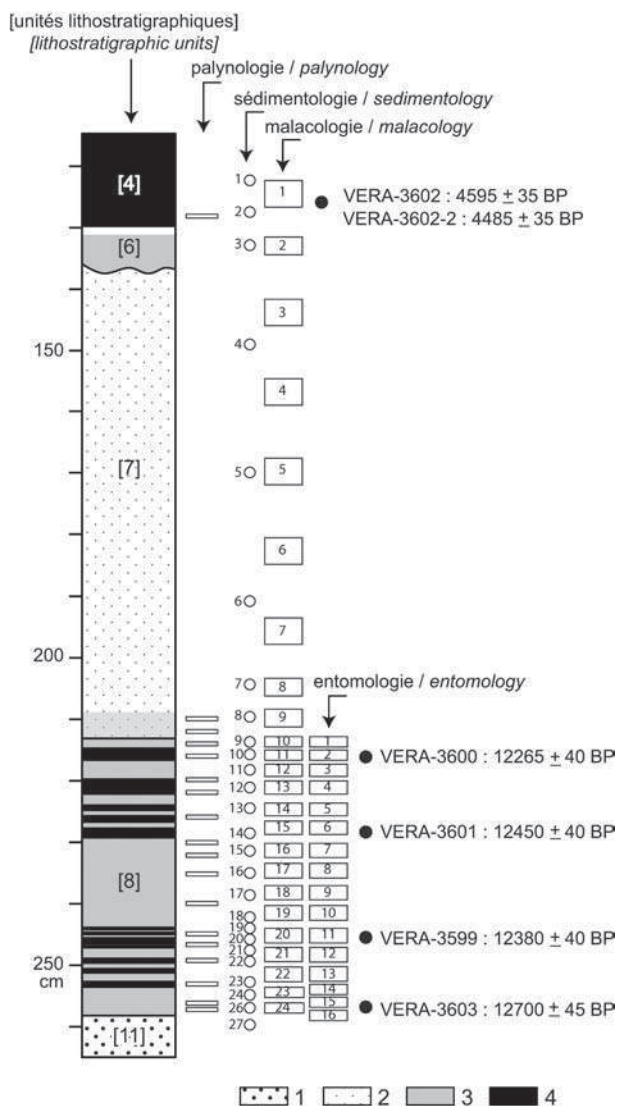
Des sables fins argileux et organiques décarbonatés (Fr), d'une quinzaine de centimètres d'épaisseur [9]. L'ensemble est perforé par de nombreuses racines,

souvent entourées par un manchon d'oxydes de fer, et marque le développement d'un sol à gley (*réductisol*, Baize & Girard, 1995) sur la barre de méandre.

Vers le centre du chenal, des limons argileux de décanation, dans lesquels s'interstratifient plusieurs niveaux



**Fig. 8 : Données analytiques, dépôts de comblement du chenal tardiglaciaire (profil P3).** La localisation des échantillons est indiquée sur la figure 9.  
*Fig. 8: Analytical data of the Late-glacial deposits, profile P3. The location of the samples is indicated on figure 9.*



**Fig. 9 : Canevas de prélèvement dans les dépôts tardiglaciaires au centre du chenal (profil P3) et dates radiocarbone.**

1 : gravier, 2 : sable, 3 : argile grise, 4 : tourbe, argile organique.

Fig. 9: Sample location in the Late-glacial deposits at the centre of the channel, profile P3, and radiocarbonate dates. 1: gravel, 2: sand, 3: grey clay, 4: peat, organic clay.

tourbeux laminés (Fh) [8] et qui représentent un équivalent latéral du paléosol (fig. 7). Les données analytiques (fig. 8) indiquent que, même dans les niveaux paraissant constitués de tourbe feuilletée sur le terrain, la fraction limono-argileuse reste élevée et au moins égale à 80 %. Outre leur stock pollinique, ces niveaux contiennent de nombreux restes de mollusques, d'insectes et de végétaux disposés à plat, qui ont fait l'objet d'une détermination. Le canevas des prélèvements est illustré sur la figure 9. L'ensemble de ces dépôts indique l'abandon du chenal et l'installation d'un petit lac.

– des sables à litage horizontal (Sh) recouvrant la totalité des dépôts antérieurs [7]. Ils indiquent une reprise des écoulements dans le chenal abandonné à la faveur d'une ou de plusieurs crues importantes. La base de cette unité est non ou faiblement érosive: le contact avec les tourbes est rectiligne et aucune cuvette d'érosion n'a été observée

tout au long des coupes, soit sur une vingtaine de mètres. Il ne semble donc pas y avoir de hiatus d'érosion important entre ces dépôts et les dépôts lacustres sous-jacents.

– un second gley, développé sur les sables lités dans l'ensemble du chenal (Fr) [6]. Sur la berge, ce paléosol fusionne avec le précédent pour donner naissance à un horizon Sg argileux et décarbonaté épais, à structure polyédrique avec des faces brillantes liées aux cycles de retrait-gonflement des argiles (*slickensides*).

– des sables et des argiles organiques, qui colmatent un nouveau chenal incisé dans la vallée. L'incision atteint une côte comparable à celle du chenal tardiglaciaire. Ce nouveau chenal, plus large que le précédent, semble avoir connu une phase de fonctionnement alluvial relativement longue avant son abandon et son colmatage par des argiles organiques palustres. La présence d'une barre sableuse bien développée à la base du remplissage traduit en effet une période de migration latérale du méandre et de sédimentation sableuse au niveau de sa convexité. Deux niveaux d'argile rubéfiée relativement continus sont interstratifiés dans les argiles organiques et témoignent de paléo-incendies (fig. 10).



**Fig. 10 : Colmatage du chenal holocène.**

Le lit clair correspond à des oncolithes qui tapissent le fond d'un chenal peu profond d'âge probablement historique. On distingue également un lit d'argile rubéfiée témoignant d'un paléo-incendie, intercalé dans la couche d'argile organique au centre de la photo. L'échelle fait 1 m de longueur.

Fig. 10: Cross-section of the Holocene channel. The whitish layer corresponds to oncolithic deposits at the bottom of a shallow channel, probably historic in age. We can also distinguish a burnt clay layer interstratified within black organic clay in the middle of the photo. The scale is 1 m long.



Numéro	$\delta^{13}\text{C}(\text{‰})$	age BP	age calibré (b2k), $2\sigma$
<b>chenal tardiglaciaire</b>			
VERA-3603	-26,4 ± 0,4	12700 ± 45	15270 - 14790
VERA-3599	-27,1 ± 0,4	12380 ± 40	14800 - 14150
VERA-3601	-23,5 ± 0,4	12450 ± 40	14950 - 12250
VERA-3600	-25,4 ± 0,3	12265 ± 40	14350 - 14030
<b>chenal holocène</b>			
VERA-3873	-30,9 ± 2,0	12540 ± 60	15100 - 14300
VERA-3874	-31,7 ± 2,7	12265 ± 45	14410 - 14020
VERA-3602	-27,1 ± 0,4	4595 ± 35	5520 - 5110
VERA-3602/2	-33,2 ± 0,5	4485 ± 35	5350 - 5020

**Tab. 1** : Liste des dates radiocarbone.

Tab. 1: List of the radiocarbon dates.

## 5 - DONNÉES CHRONOLOGIQUES

Sept dates radiocarbone SMA ont été obtenues à l'Institut d'Analyses Isotopiques et de Physique Nucléaire de Vienne (VERA, Autriche) sur le chenal tardiglaciaire et les dépôts sus-jacents (fig. 3, 9 & tab. 1). Les échantillons datés correspondent à des fragments ligneux prélevés dans les lits sableux ou tourbeux, à l'exception de l'échantillon VERA-3602, qui correspond à un petit bloc d'argile organique. L'âge des quatre échantillons provenant des tourbes inférieures est très cohérent et compris entre  $12\,700 \pm 45$  BP et  $12\,265 \pm 40$  BP. Après calibration (courbe INTCAL04), ces valeurs, à l'exception de la plus ancienne, indiquent un âge contemporain de l'interstade isotopique GI-1e de la chronologie glaciaire (14 690 - 14 075 b2k [= avant 2000 AD]: Stuiver *et al.*, 1995; Lowe *et al.*, 2008), c'est-à-dire de la palynozone du Bølling. L'échantillon VERA-3603 prélevé à la base du chenal est un peu plus ancien (15 270 - 14 790 b2k, 2s) et pourrait correspondre à la fin du Pléniglaciaire (GS-2). En considérant les résultats de l'analyse palynologique qui plaident pour un âge Bølling de l'ensemble des niveaux tourbeux (*cf. infra*), cette hypothèse doit cependant être rejetée. Comme cela a déjà été indiqué par certains auteurs (Hoek & Bohncke, 2001; Walker *et al.*, 2003), ce décalage pourrait marquer un réchauffement précoce de l'Europe de l'ouest par rapport au Groenland.

En ce qui concerne le chenal holocène, les seules indications chronologiques fiables sont celles fournies par l'étude palynologique. En effet, l'échantillon VERA-3602 prélevé dans les argiles organiques à la base du chenal a livré un âge d'environ 4 500 BP, en contradiction avec les données polliniques. D'après les taxons présents, ce niveau peut être attribué au début du Boréal, du fait de la prédominance du noisetier et du pin au sein des ligneux. Cependant, la mauvaise conservation du matériel sporo-pollinique et l'abondance des hygrophiles limitent les possibilités de calage. La date  $^{14}\text{C}$  doit donc être rejetée et reflète sans doute une pollution par des petites racines. Deux autres dates  $^{14}\text{C}$  ont été obtenues sur des petits fragments de bois provenant des sables de base du chenal dans le profil P4, dans le but de dater l'incision fluviale holocène. Les résultats obtenus indiquent pour les deux prélèvements un âge Bølling (12 540 et 12 265 BP). Cet âge est incompatible avec les données géomorphologiques (le chenal dont ils proviennent recoupe le chenal tardigla-

ciaire et lui est donc postérieur) et palynologiques. Les fragments de bois datés correspondent donc à des débris tardiglaciaires remaniés par la rivière au cours de son incision, vraisemblablement au cours du Préboréal.

## 6 - ÉTUDE PALYNOLOGIQUE

### 6.1 - TRAITS GÉNÉRAUX DE LA SÉDIMENTATION POLLINIQUE

L'analyse repose sur le décompte de 7747 pollens et spores avec une moyenne de 352 grains par niveau (277 à 556). Une liste de 61 taxons a été établie (tab. 2). La diversité par échantillon varie de 21 à 33 avec une moyenne de 26 types polliniques reconnus. La conservation du matériel sporo-pollinique est apparue très satisfaisante dans l'essentiel des niveaux mais quelques échantillons ont livré des pollens légèrement altérés (222, 230 et 247 cm), voire nettement corrodés à 102 et 240 cm. Par ailleurs, les deux prélèvements issus des sables [7] ont été écartés pour cause de quasi-stérilité. Selon la nature des échantillons, les préparations physico-chimiques ont été réalisées à partir de 2 à 20 grammes de sédiment; l'importance des restes après manipulations varie de 12 à 1555  $\mu\text{l}$ .

Les traits de la sédimentation pollinique permettent de souligner le caractère fiable de l'analyse effectuée, puisqu'une conservation très satisfaisante du matériel s'ajoute à de bonnes concentrations en stocks polliniques. Les rares niveaux où les pollens sont corrodés ne se marquent pas par une baisse de la diversité floristique, ni par enrichissement en grains plus résistants aux altérations (Havinga, 1984). La variabilité de la charge organique est à l'origine des concentrations moins élevées; elle se marque très nettement lors des réactions aux préparations physico-chimiques et dans la nature du palynofaciès. De ce fait, une interprétation des enregistrements polliniques peut donc être proposée sans réserve (Reille, 1990), à l'exception peut-être de l'échantillon sommital.

Le diagramme pollinique présenté (fig. 11) a été établi sur une somme de base restreinte dont sont exclus les taxons hydrophiles et les grains indéterminés. En effet, les fortes variations de la flore hygrophile locale masquent pour partie l'évolution des autres taxons. Néanmoins, lors de la phase d'interprétation, d'autres diagrammes ont été construits (sur des sommes de base totales ou plus restreintes); il y sera parfois fait référence dans le texte.

Pour en simplifier la lecture, des regroupements écologiques des taxons sporadiques ont été effectués. Ces regroupements ne sont pas toujours aisés du fait du rang de détermination rarement spécifique de la palynologie. L'intégration des Apiacées, de *Thalictrum* et de *Filipendula* à un cortège hygrophile repose donc sur leur potentiel écologique et une analyse de la dynamique de végétation. Le taxon *Thalictrum* a ainsi été considéré comme représentatif de l'espèce eurosibérienne *Thalictrum aquiligifolium* (Pigamon à feuilles d'ancolie),

JUNIPERUS	POACEAE	5	MYRIOPHYLLUM SPICATUM
BETULA	ARTEMISIA		ALISMATACEAE
			PILULARIA
PINUS	SANGUISORBA MINOR		POTAMOGETON
	HELIANthemum		
SALIX	PLANTAGO SP		THALICTRUM
	RUMEX		
EPHEDRA	CHENOPODIACEAE		APIACEAE
ERICACEAE	CARYOPHYLLACEAE		
	BRASSICACEAE		RANUNCULACEAE
			LABIATEAE
QUERCUS	RUBIACEAE	6	SCROFULARIACEAE
ALNUS			LINUM
CORYLUS	ASTERACEAE		LILIACEAE
	CARDUACEAE		SANGUISORBA OFFICINALIS
	CENTAUREA		
	CICHORIOIDEAE		ROSACEAE
			CYPERACEAE
	CAMPANULACEAE		FILIPENDULA
	FABACEAE		
	DIPSACACEAE		TYPHA
	KNAUTIA		SPARGANIUM
	EUPHORBIA		
	EUPHORBIA		SELAGINELLA
	EUPHORBIA		
	VALERIANACEAE		MONOLETES
	GENTIANACEAE		MONO. ORNEMENTEES
	CRASSULACEAE		POLYPODIUM
	GERANIACEAE		TRILETES LISSES
		7	TRI. ORNEMENTEES
			IND.
			ANTE-QUATERNAIRES

**Tab. 2 : Liste floristique et groupements paléocologiques utilisés dans le diagramme palynologique**

(1 = ligneux mésophiles; 2 = herbacées héliophiles à connotation steppique; 3 = Compositae; 4 = autres herbes; 5 = aquatiques; 6 = herbacées amphibies ou de sols mouillés; 7 = fougères).

Tab. 2: List of the taxa and palaeoecological groups used in the pollen diagram (1 = mesophilous trees, 2 = steppic herbs, 3 = Compositeae; 4 = others herbs, 5 = aquatic plants, 6 = hygrophytic herbs, 7 = ferns).

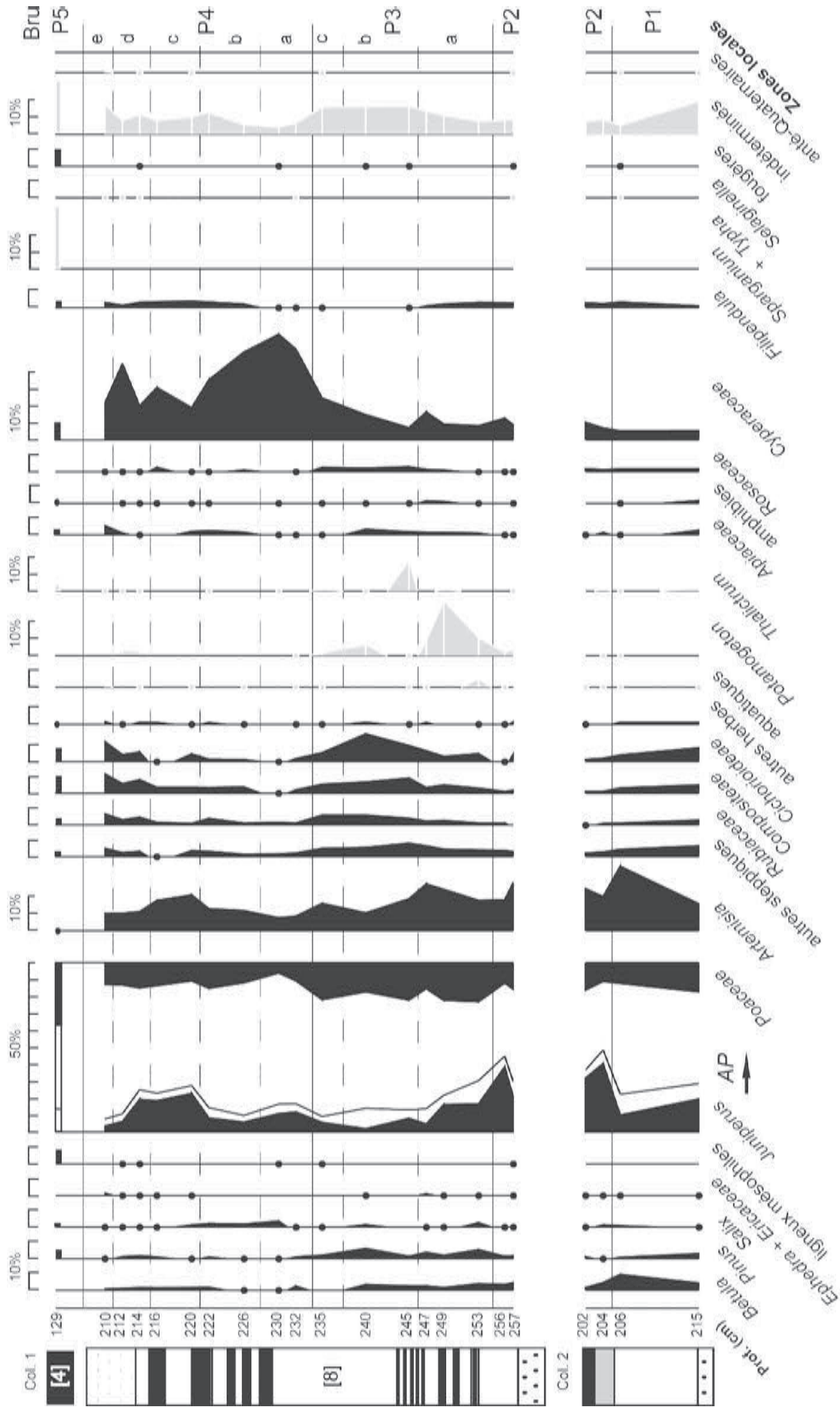
plante héliophile poussant sur des sols humides parfois inondés de l'étage subalpin plutôt que d'autres espèces (*T. minus...*) dont la distribution actuelle couvre des stations chaudes et des sols secs de l'étage collinéen (Coste, 1937; Rameau *et al.*, 1993). De même, le taxon *Filipendula* a été considéré comme représentatif de l'espèce *F. ulmaria*, héliophile affectionnant les sols humides à mouillés et participant à la cariçaie ou aux roselières plutôt que d'espèces de sols secs, telle *F. vulgaris* (Rameau *et al.*, 1989). Enfin, la courbe des Apiacées permet d'estimer que les pollens présents dans la séquence de La Brunetière proviennent des plantes hygrophiles que regroupe cette famille (Coste, 1937).

## 6.2 - ÉVOLUTION DES CORTÈGES POLLINIQUES ET ZONATION

À l'exception de l'échantillon sommital, la séquence pollinique s'avère assez homogène (fig. 11). Les pollens arboréens sont toujours peu abondants et guidés par le genévrier (*Juniperus*) devant le bouleau (*Betula*), le pin (*Pinus*) ou le saule (*Salix*). Les herbacées, largement

majoritaires, comprennent de nombreuses plantes héliophiles à connotation steppique (*Artemisia*, *Sanguisorba minor*, *Helianthemum*, *Plantago*, *Rumex*, Chénopodiacées, Caryophyllacées, Brassicacées, Rubiacées) et un cortège hygrophile qui regroupe des plantes aquatiques, amphibies ou poussant sur des sols mouillés. Néanmoins, l'organisation des cortèges polliniques témoigne de nombreuses variations qui ont conduit à l'individualisation de cinq zones polliniques locales, elles-mêmes le plus souvent subdivisées.

**Bru P1** : La première zone a été reconnue dans les argiles de la base de la colonne 2 (215 et 206 cm). Elle s'individualise par de fortes occurrences des armoises (*Artemisia*), accompagnées en moindres valeurs de plantains (*Plantago*), d'hélianthèmes (*Helianthemum*), de Chénopodiacées et de Rubiacées. Les Poacées et les Cichorioïdées sont également bien représentées. Les Cypéracées sont assez peu développées de même que les autres hygrophytes et tout particulièrement les aquatiques. Au sein des ligneux, le genévrier est légèrement majoritaire devant le bouleau puis le pin. *Ephedra* est présent dans les deux échantillons.



**Fig. 11 : Diagramme pollinique simplifié** (aquatiques, *Potamogeton*, *Thalicticum*, *Sparganium*, *Typha*, *Selaginella* et indéterminés exclus des sommes de base).  
 Fig. 11 : Simplified pollen diagram. Aquatic plants, *Potamogeton*, *Thalicticum*, *Sparganium*, *Typha*, *Selaginella* and indeterminates are excluded from the base sums.

**Bru P2** : La seconde zone a été individualisée dans les niveaux argileux immédiatement sous-jacents aux premiers lits organiques reconnus dans les deux colonnes (col. 2 = 204 et 202 cm ; col. 1 = 257 et 256 cm). Elle est caractérisée par un net essor du genévrier qui connaît ses valeurs maximales (40 %), tandis que le pin et le bouleau ont reculé. Le cortège steppique, toujours guidé par les armoises, a diminué tout comme les Cichorioïdées et les autres Composées. En revanche, le cortège hygrophile est un peu mieux perçu : les Cypéracées et les potamots (*Potamogeton*) se sont légèrement développés.

**Bru P3** : La troisième zone a été reconnue sur la colonne 1 dans les premières lamines de tourbe argileuse et dans l'argile sus-jacente (253 à 235 cm). Elle s'individualise par le retrait du genévrier au profit du pin et surtout des herbacées (Poacées, steppiques et aquatiques). Trois sous-zones ont été établies. La première (**Bru P3a** = 253 à 247 cm) traduit le maintien du genévrier à des valeurs proches de 17 %. Il conserve ainsi une nette prédominance devant le pin et le bouleau qui ont des occurrences presque équivalentes. Le saule (*Salix*) s'accroît très légèrement. Le retrait du genévrier profite d'abord aux Poacées et aux Composées puis aux armoises à partir de 249 cm. Les aquatiques s'étendent considérablement avec un pic ponctuel des myriophylles (*Myriophyllum*) à 253 cm, mais surtout l'expansion des potamots.

La seconde sous-zone (**Bru P3b** = 245 et 240 cm) s'individualise par un nouveau retrait du genévrier (2 à 9 %). Parmi les herbacées, les armoises s'effacent au profit d'autres steppiques (Rubiacees, Brassicacées, *Helianthemum* et *Plantago*) et des Composées (Cichorioïdées et Astéracées). Le cortège hygrophile évolue nettement avec la chute brutale des potamots à 245 cm corrélative d'un pic de pigamons (*Thalictrum*). Les filipendules (*Filipendula*) et les sanguisorbes (*Sanguisorba officinalis*) s'effacent au profit d'autres Rosacées. Les Cypéracées amorcent une courbe ascendante.

La troisième sous-zone (**Bru P3c** = 235 cm) témoigne d'une très légère reprise du genévrier alors que disparaît le bouleau. Les armoises augmentent aux dépens des Composées tandis que les autres steppiques se maintiennent. Au sein des hygrophytes, les potamots et les Apiacées diminuent mais les Cypéracées augmentent et les Rosacées conservent une bonne représentation.

**Bru P4** : La quatrième zone couvre la deuxième génération de tourbes laminées et la base des niveaux sableux (232 à 210 cm). Elle est définie par une très large extension des Cypéracées aux dépens des Poacées, des Composées et d'une partie du cortège steppique. Le genévrier reprend quelque essor alors que le pin diminue. Cinq sous-zones ont été reconnues.

La première (**Bru P4a** = 232 et 230 cm) est définie par l'essor maximal des Cypéracées. Leur extension entraîne une baisse de toutes les autres herbacées alors que le genévrier et le saule augmentent. L'exclusion des Cypéracées des sommes de base modifie quelque peu cette évolution. On perçoit alors un maintien des armoises tandis que le retrait des Poacées et autres steppiques est moins marqué. La hausse du genévrier et du saule est

beaucoup plus nette et elle s'accompagne d'une petite reprise du bouleau.

La deuxième sous-zone (**Bru P4b** = 226 et 222 cm) s'individualise par un nouveau retrait du genévrier et une courbe régressive des Cypéracées qui restent néanmoins largement prédominantes. Leur baisse s'accompagne d'une reprise de certaines hygrophytes (Apiacées, Rosacées et surtout *Filipendula*) et des herbacées héliophiles et tout particulièrement des Astéracées. Au sein des ligneux, le bouleau et le pin sont un peu mieux perçus. L'exclusion des Cypéracées des sommes de base ne modifie pas cette évolution.

La troisième sous-zone (**Bru P4c** = 220 et 216 cm) traduit une reprise du genévrier et des armoises corrélativement à une baisse conséquente des Cypéracées. Parmi les ligneux, la hausse du genévrier est accompagnée d'un retrait du saule. Au sein des herbacées, la progression des armoises semble se faire aux dépens des autres héliophiles à connotation steppique (hélianthèmes, plantains, Chénopodiacées, Rubiacées) et des Cichorioïdées. La baisse des Cypéracées est concomitante de celle des Apiacées alors que les Rosacées progressent légèrement.

La quatrième sous-zone (**Bru P4d** = 214 et 212 cm) est définie par le retrait des armoises au profit des autres steppiques et des Composées. Le cortège hygrophile voit réapparaître des aquatiques (*Potamogeton* et *Thalictrum*), diminuer les Rosacées et s'étendre les Cypéracées à 212 cm. Au sein des ligneux, le pin augmente légèrement alors que le genévrier diminue à 212 cm ; des feuillus mésophiles (aulne et chêne) sont présents. L'exclusion des Cypéracées des sommes de base ne modifie pas l'évolution des pollens arboréens.

La dernière sous-zone (**Bru P4e** = 210 cm) se marque à la base des limons sableux. Le genévrier et le pin diminuent alors qu'*Ephedra* progresse un peu. Les feuillus mésophiles disparaissent. Si les armoises se maintiennent, les autres steppiques et les Composées augmentent de nouveau. Au sein des hygrophytes, le recul des Cypéracées semble essentiellement profiter aux Apiacées puisque d'autres amphibies (*Sanguisorba officinalis*) et les potamots disparaissent. On note néanmoins une très légère hausse de certaines aquatiques (*Alisma*, *Myriophyllum*).

**Bru P5** : La cinquième zone correspond à l'échantillon sommital (129 cm), prélevé à la base des dépôts argileux organiques holocènes. Ce spectre pollinique s'individualise par l'absence de *Juniperus*, *Betula*, *Ephedra* et l'essor des feuillus mésophiles (*Corylus*, *Quercus* et *Alnus*). Le pin est un peu plus abondant. La strate herbacée présente également des modifications notables avec la raréfaction des herbacées héliophiles au profit des Poacées et la disparition de certaines aquatiques (*Myriophyllum*, *Alisma*, *Thalictrum*) conjointement à l'apparition en taux très élevés de *Sparganium* (rubanier) et *Typha* (massette). Les fougères sont également plus étendues.

### 6.3 - INTERPRÉTATION PALÉOÉCOLOGIQUE

À l'exception de l'échantillon sommital, la séquence pollinique (fig. 11) indique un milieu ouvert, dominé par des formations herbacées steppiques assez diversifiées.



Fig. 12 : Feuille de bouleau nain (*Betula nana*) provenant des niveaux tourbeux supérieurs du Bolling.

Fig. 12: Dwarf birch (*Betula nana*) leaf from the Bolling upper peat layers.



Fig. 13 : Feuille de saule (*Salix sp.*) ; même provenance que la photo précédente.

Fig. 13: Willow (*Salix sp.*) leaf. Same origin as figure 12.

Lors de la mise en place des dépôts, les seuls ligneux participant assurément à l'environnement du site sont les genévriers, les bouleaux, les saules et quelques arbrisseaux (*Ephedra*, *Ericacées*). La présence locale du bouleau et du saule est confirmée par la découverte de leurs feuilles dans les dépôts laminés (fig. 12 & 13). Ces macro-restes permettent une identification plus précise des espèces en place, soit *Betula nana* et *Salix cf. reticulata*. L'implantation du pin sur les lieux est peu probable : ses faibles occurrences polliniques indiquent plutôt des apports lointains (Reille, 1990). Des petites modifica-

tions environnementales sont néanmoins perceptibles tant en fond de vallée que sur les versants.

Ainsi, la dynamique perçue au sein du cortège hygrophile permet de suivre la végétalisation progressive du lac et de ses berges. Durant les premières zones (**Bru P1** et **P2**), le lac est probablement très oligotrophe et seules de très rares aquatiques s'y implantent (myriophylles, potamots). Ses berges semblent plutôt dénudées mais quelques héliophytes (Cypéracées, filipendules...) y poussent vraisemblablement. La troisième zone (**Bru P3**) marque la colonisation du lac par une flore hygrophile. La lame d'eau est d'abord assez profonde (1 à 6 m de profondeur) comme l'indique le pic de myriophylles en épis à la base de **Bru P3a**. L'essor ultérieur (toujours en **Bru P3a**) des potamots est significatif d'une diminution de la lame d'eau mais surtout de son eutrophisation. Ensuite, la base de la sous-zone **P3b** est marquée par une hausse brutale des pigamons aux dépens des potamots ; cette évolution illustre vraisemblablement un assèchement temporaire du chenal puisque les pigamons se développent plutôt sur sols très humides que dans l'eau. Si le reste de **Bru P3b** traduit une remontée de la lame d'eau avec la reprise des potamots, il apparaît évident au regard du développement des héliophytes (Apiacées, Rosacées, Cypéracées) que le chenal est en voie de comblement. Avec la quatrième zone (**Bru P4**), cette évolution aboutit à la mise en place d'une cariçaie sur les lieux. La lame d'eau est beaucoup plus faible même si elle augmente ponctuellement comme en témoigne la reprise des potamots en **Bru P4d**. Une petite saulaie s'implante temporairement sur les berges (**P4a** et **b**).

La végétation des versants semble elle aussi connaître quelques petites modifications. La zone **Bru P1** illustre un milieu très ouvert, largement dominé par une steppe à armoises. Quelques bouleaux et genévriers participent vraisemblablement au paysage mais leur présence *in situ* n'est pas certaine ; il est probable qu'ils poussent à quelques distances du chenal. En revanche, il est certain que le pin n'est pas présent aux environs car ses faibles occurrences signent des apports lointains dans un contexte de milieu ouvert. La seconde zone (**Bru P2**) illustre la colonisation des sols par une végétation arbustive à genévriers. Celle-ci se développe pour partie au détriment des formations steppiques. La perdurance du bouleau laisse supposer qu'il participe à un environnement plus ou moins proche mais qu'il reste effacé. La perception des apports lointains du pin est freinée par le filtre constitué par les boisements, même clairs, à genévriers. La zone **Bru P3** témoigne d'un retrait de la végétation arbustive pionnière au profit des formations herbacées steppiques. Cette steppe est d'abord dominée par les armoises puis elle se diversifie en accueillant d'autres héliophiles (hélianthèmes, plantains, Chénopodiacées, Rubiacées, Composées, Poacées). Cette ouverture du milieu entraîne une meilleure perception des apports polliniques lointains du pin. La quatrième zone (**Bru P4**) traduit une reprise de la végétation arbustive (genévriers, bouleaux, saules). Les boisements reculent néanmoins par deux fois : la première (**Bru P4b**) les voit s'effacer devant une flore amphibie locale liée aux modi-

fications édaphiques mais la seconde (**Bru P4e**) correspond à un nouvel essor des formations steppiques.

L'échantillon sommital indique un environnement bien différent même s'il reste ouvert. Les formations steppiques ont laissé place à des prairies plus ou moins humides. Les ligneux pionniers (*Juniperus*, *Betula*, *Ephedra*) ont disparu tandis que des boisements clairs à noisetiers et pins sont en place. Localement le chenal abrite une végétation amphibie à rubaniers et massettes.

#### 6.4 - INTERPRÉTATION BIOCHRONOLOGIQUE

La base du profil présente des assemblages caractéristiques du Tardiglaciaire: abondance des herbacées steppiques et présence d'arbustes pionniers (*Juniperus*, *Betula*, *Ephedra*). La prédominance du genévrier parmi les ligneux permet d'avancer un âge Bølling. En effet, cet interstade se marque dans l'essentiel des séquences polliniques d'Europe du Nord-Ouest par l'essor du genévrier et l'abondance de l'armoise (Ammann *et al.*, 1994; Beaulieu *et al.*, 1994; Walker *et al.*, 2004). En France, les données polliniques, attribuées au Bølling et acquises en fonds de vallées sont encore rares (Leroyer, 1997). La comparaison des enregistrements périgourdiens avec ceux du Bassin parisien (Leroyer & Allenet, 2002; Leroyer *et al.*, 2005) permet de vérifier un relatif effacement du genévrier à La Brunetière tandis que le cortège steppique y apparaît moins diversifié et déjà dominé par les armoises.

Des modifications des assemblages de terrains secs ont été perçues en **Bru P3** et **P4e**: elles se marquent par un retrait du genévrier au profit de formations steppiques et évoquent des détériorations climatiques de courte durée. La première (**Bru P3**) est datée aux alentours de  $12380 \pm 40$  BP (14800 - 14150 b2k). Elle pourrait donc être assimilée à l'*Intra Bølling Cold Period* qui se produit vers 14330 b2k (Hughen *et al.*, 1996). En France, cette péjoration est également perçue dans le Jura (Bégeot *et al.*, 2000; Richard & Bégeot, 2000) et dans le Bassin Parisien (Leroyer & Allenet, 2002). La seconde (**Bru P4e**) n'est documentée que par un seul spectre pollinique puisque les niveaux sus-jacents sont quasi-stériles. Postérieure à  $12265 \pm 40$  BP (14300 - 13980 b2k), elle pourrait illustrer le début du Dryas moyen; hypothèse qui ne doit pas être écartée malgré le caractère isolé de l'enregistrement. Cet épisode si longtemps contesté a été palynologiquement mis en évidence dans le Jura (Bégeot *et al.*, 2000) et dans le Bassin parisien (Leroyer *et al.*, 2005).

## 7 - ÉTUDE MALACOLOGIQUE

### 7.1 - RICHESSE FOSSILIFÈRE DES ÉCHANTILLONS

Les séquences stratigraphiques montrent une alternance de dépôts organiques (tourbes) et de dépôts détritiques au sein desquels les coquilles sont conservées de manière très inégale (tab. 3). Dans les dépôts sableux, les mollusques sont abondants. En revanche, les niveaux organiques, très argileux et tourbeux, livrent peu ou pas de coquilles. Ces dépôts sont liés à des milieux pauvres

en oxygène, défavorables au développement des communautés malacologiques. Le niveau [6] qui est stérile en coquilles correspond à un paléosol décarbonaté. Les résultats obtenus à partir de l'analyse des autres niveaux sont présentés sur un tableau qui recense tous les taxons trouvés avec leurs effectifs (tab. 4).

La liste de faune extraite des dix échantillons traités pour le profil de berge (P2) (tab. 4), montre que les six premiers en partant de la base se sont révélés riches en coquilles et ont livré des assemblages représentatifs en termes de paléoenvironnement et paléoclimat. Les quatre échantillons supérieurs en revanche, sont très pauvres voire stériles en malacofaunes. La diversité des assemblages est comprise entre 9 et 12 espèces (tab. 4). Ces valeurs sont supérieures à celles que l'on connaît pour les faunes pléni-glaciaires occidentales qui se situent aux alentours de 5 à 8 espèces (Puisségur, 1976; Rousseau &

Profil 2		Profil 3		
U. S.	Ech.	U. S.	Ech.	Richesse
[4]	10	[4]	1	-
[6]	9	[6]	(2)	-
[7]	8	[7]	3	+
	7		4	+
			5	+
			6	+
			7	+
			8	+
			9	+
[9]	6	[8]	10	+
	5		11	+
			12	+
			13	-
			14	-
			15	-
			16	-
			17	-
			18	+
			19	-
			20	-
			21	-
			22	-
			23	-
			24	-
[10]	4			+
	3			+
	2			+
	1			+

**Tab. 3 : Richesse fossilifère des échantillons malacologiques dans les profils P2 et P 3.**

+ : échantillon riche en coquilles, - : échantillon stérile. U.S. : unité stratigraphique. L'échantillon 2 du profil P 3 est manquant.

Tab. 3: Fossiliferous status of malacological samples from P2 and P3 profiles. +: abundant shells, -: low numbers of shells. U.S.: stratigraphical units. Sample 2 from profile 3 is missing.

Brunetière T64	Profil 2									Profil 3										
	1	2	3	4	5	6	7	9		19	18	12	10	9	8	7	6	5	4	3
<i>Oxyloma elegans</i>	41	63	6									21	42	72	42	126	104		6	8
<i>Succinella oblonga</i>	3			7	3	4										2				
<i>Pupilla muscorum</i>	20	81	260	288	70	142	1			1	15	9	5	38	50	48	20	20	6	4
<i>Columella columella</i>			4	1	1		2				3			1	1	2				
<i>Vallonia costata</i>	5	13	8	13	4	3								2	3	4		2		1
<i>Vallonia pulchella</i>														2	1	6	22			
Limaces	9	25	25	24	9	9	2	3			3	5	3	1	25	31			5	4
<i>Trichia hispida</i>	94	326	318	417	115	166	5			2	19	6	28	56	57	119	54	26	17	12
<i>Trochoidea geyeri</i>	5	13	220	170	42	45				1	3			10	6	6	3			3
<i>Effectifs terrestres</i>	177	525	838	920	243	371	8	3		4	40	39	80	184	161	338	234	48	34	32
<i>Valvata cristata</i>	4	11		2	2									3	4	7	8	2	2	23
<i>Valvata piscinalis</i>																11	1	1	1	3
Hydrobiidae	1															1	6			1
<i>Bithynia tentaculata</i>														1	1	2	1		1	1
<i>Galba truncatula</i>	6	3	1	2	1									2	2	28	36			3
<i>Radix peregra</i>	1	6	9	8	3	12								4	3	11	7	4	1	
<i>Stagnicola palustris</i>			1			1										4	1			
<i>Lymnaea stagnalis</i>										14	15	27	27							
<i>Armiger crista</i>											1	12	46	26			1			1
<i>Anisus spirorbis</i>			2			1									1					
<i>Ancylus fluviatilis</i>	3			1											2	5	4	1		
Planorbidae																				2
<i>Pisidium milium</i>												1	1	5						
<i>Pisidium nitidum</i>																	3			
<i>Pisidium</i> sp.											1	2	1	50	2	10				
<i>Sphaerium</i> sp.												2		11	3					
<i>Effectifs aquatiques</i>	15	21	12	13	6	14				14	17	43	75	98	18	69	65	8	5	34
<b>Effectifs totaux</b>	<b>192</b>	<b>546</b>	<b>850</b>	<b>933</b>	<b>249</b>	<b>385</b>	<b>8</b>	<b>3</b>		<b>18</b>	<b>57</b>	<b>82</b>	<b>155</b>	<b>282</b>	<b>184</b>	<b>417</b>	<b>309</b>	<b>56</b>	<b>39</b>	<b>66</b>
Espèces terrestres	7	7	7	7	6	7	3	1		3	4	4	4	8	8	9	6	3	4	6
Espèces aquatiques	5	4	3	4	3	3				1	3	4	4	8	9	9	11	5	5	7
<b>Totaux espèces</b>	<b>12</b>	<b>11</b>	<b>10</b>	<b>11</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>3</b>	<b>1</b>		<b>4</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>8</b>	<b>16</b>	<b>17</b>	<b>18</b>	<b>17</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>13</b>
<i>Cecilioides acicula</i>																			1	1

Tab. 4 : Liste de la malacofaune.

Pour chaque séquence, les échantillons sont ordonnés de la base vers le sommet de la stratigraphie. *Cecilioides acicula* n'a pas été prise en considération dans le comptage, car il s'agit d'une espèce fouisseuse (Kerney & Cameron, 1979) dont la provenance stratigraphique est par conséquent toujours incertaine.

Tab. 4: List of the molluscs. For each sequence, the samples are ordered following stratigraphy from the base to the top. *Cecilioides acicula* has been rejected at the end of the table, the species having subterranean habitats (Kerney & Cameron, 1979), that render its stratigraphical allocation doubtful.

Keen, 1989; Limondin-Lozouet & Gauthier, 2003). Elles sont très légèrement inférieures aux valeurs obtenues pour les malacocénoses les plus développées du Tardiglaciaire en Europe du nord-ouest (Limondin-Lozouet, 2002) et correspondent donc vraisemblablement à une phase initiale de recolonisation des milieux par les mollusques en fin de période froide. La présence de mollusques aquatiques dans tous les échantillons témoigne de la proximité du cours d'eau; néanmoins leur proportion reste faible, de près de 8 % dans le premier échantillon, elle chute ensuite à moins de 4 %. Ainsi la forte prédominance des gastéropodes terrestres implique une situation de berge exondée.

Dans la séquence du centre du chenal (profil 3), les effectifs des individus varient de manière significative. Dans le niveau [8] et à la base du niveau suivant, les mollusques dulcicoles sont bien développés et témoignent d'un milieu aquatique constant. L'effectif des espèces terrestres augmente rapidement dans le niveau [7] (tableau 4), indiquant une phase marquée de réduction des écoulements et de comblement du chenal. Le

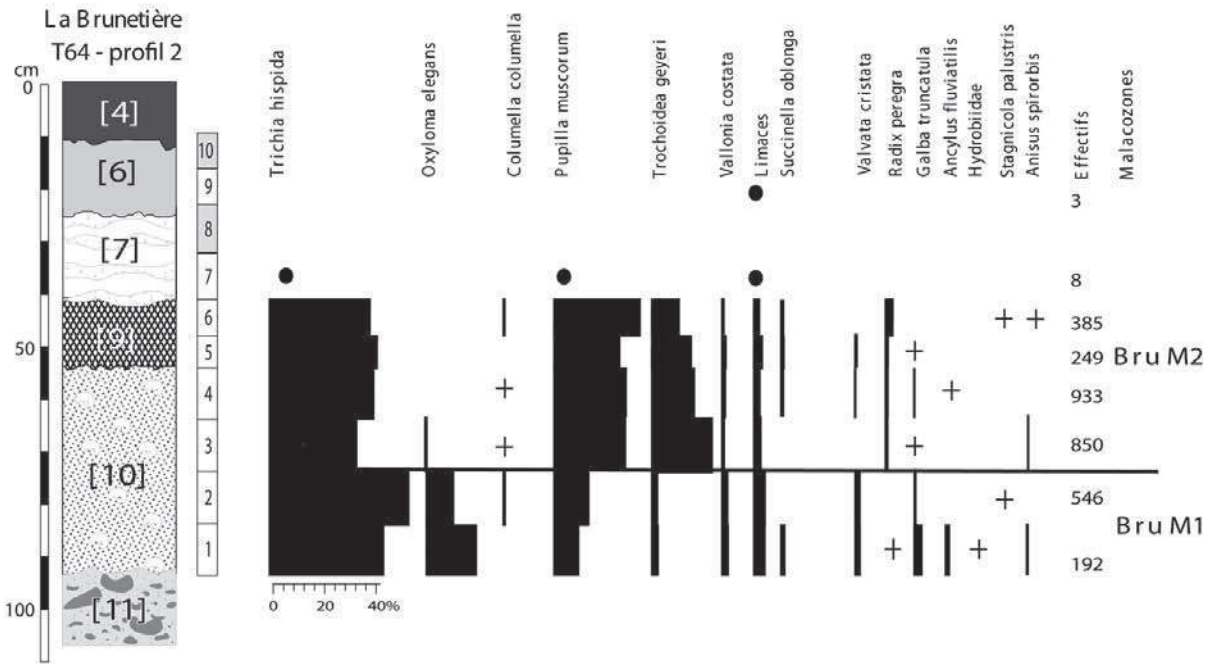
profil P3 est plus riche en nombre d'espèces que le profil P2; on y trouve jusqu'à 18 espèces de mollusques terrestres et aquatiques. Cette richesse spécifique est cohérente avec ce que l'on connaît des malacofaunes tardiglaciaires plus septentrionales.

## 7.2 - ZONATION MALACOLOGIQUE

Les échantillons les plus riches des deux séries (tab. 4) ont fait l'objet de calculs de pourcentages qui ont permis de traduire les données sous forme de diagrammes malacologiques (fig. 14 & 15). L'apparition, le développement maximal et la disparition des espèces sont les critères qui ont été utilisés pour définir des malacozones. Chacune de ces zones regroupe les échantillons correspondant à un même type d'environnement.

### – Le profil P2

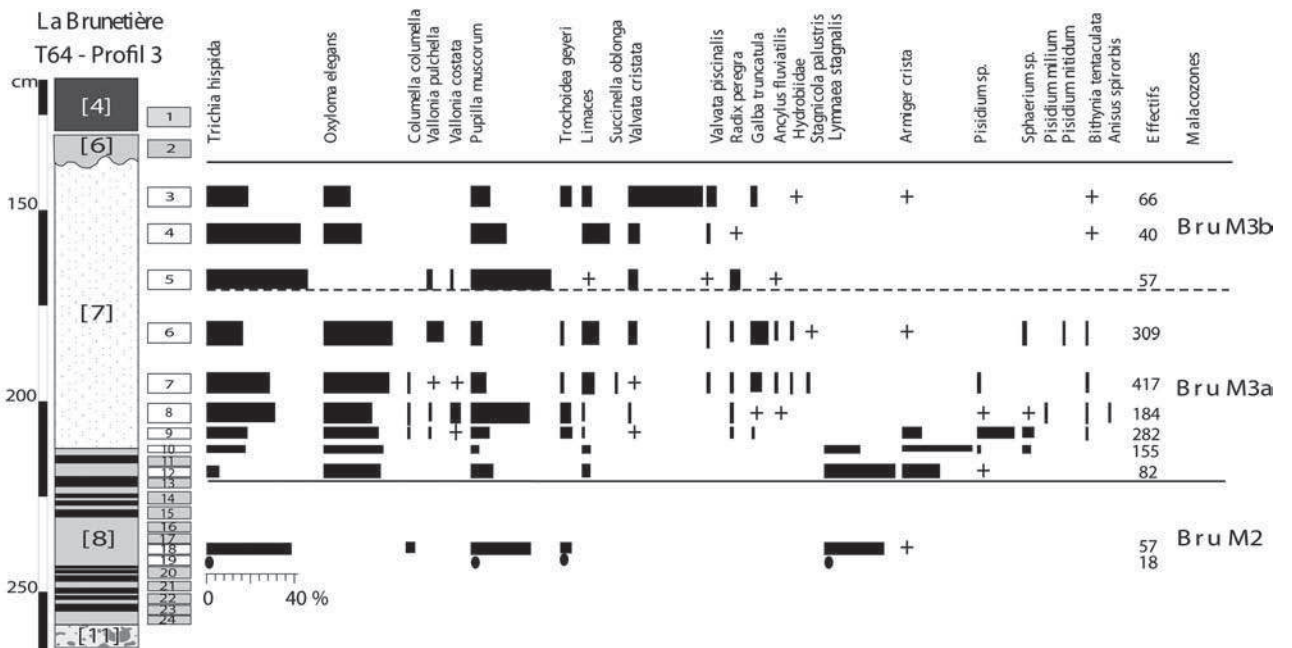
Les six échantillons riches en faune ont été traités statistiquement et les résultats sont traduits sous forme de diagramme (fig. 14). La composition des assemblages permet de distinguer deux malacozones. La première



**Fig. 14 : Diagramme malacologique du profil P2.**

Les croix indiquent la présence d'un individu unique. Pour les prélèvements pauvres en effectifs, les calculs de pourcentage n'ont pas été réalisés ; la présence des espèces dans ces échantillons est signalée par un point noir.

Fig. 14: Malacological diagram of profile P2. Crosses indicate single shells. Percentages are not calculated when samples yielded a small number of shells. Species occurrences are noted as black dots.



**Fig. 15: Diagramme malacologique du profil P3.**

Fig. 15: Malacological diagram of profile P3.



zone, **Bru M1**, rassemble les échantillons 1 et 2 pris à la base de l'unité sableuse [10], dans la partie inférieure du profil (fig. 14). Ces associations sont fortement marquées par un héritage d'espèces qui sont capables de perdurer durant les phases pléni-glaciaires, telles que *Trichia hispida*, *Oxyloma elegans*, *Pupilla muscorum*, *Columella columella* et qui correspondent à des milieux ouverts assez humides. Elles comprennent également, bien qu'en proportions faibles, quelques espèces telles que *Trochoidea geyseri* et *Vallonia costata* qui ont des facultés moindres de résistance au froid et dont la présence constante implique des contrastes de températures moins rudes.

Dans la seconde zone, **Bru M2**, *T. geyseri* qui est une espèce de milieu sec connaît un important développement. En parallèle l'espèce *O. elegans* disparaît alors que *Succinella oblonga* se développe. Les deux sont des mollusques de milieux humides (Kerney et Cameron, 1979), mais la première espèce occupe généralement des habitats franchement marécageux tandis que la seconde colonise des biotopes moins aqueux. La croissance des effectifs de *Pupilla muscorum* qui est plus attiré par les zones bien drainées confirme cette tendance à l'assèchement, tout comme la diminution des fractions aquatiques des associations.

Globalement les malacocénoses du profil P2 indiquent un environnement de berge exondée sur laquelle la couverture végétale tend à se développer et qui s'assèche progressivement, peut-être en liaison avec un colmatage progressif du chenal.

#### – Le profil P3

Dans cette séquence les niveaux inférieurs riches en matière organique sont pauvres en malacofaunes. Cette quasi-absence est liée à la faible concentration en oxygène des milieux tourbeux, conditions défavorables au développement des mollusques. Seuls les échantillons 18 et 19 livrent des restes. La conservation des coquilles et le caractère majoritairement terrestre de ces deux assemblages pourraient être interprétés comme la réponse à une courte phase d'assèchement. La partie sommitale du profil, représentée par des dépôts sableux [7] a en revanche livré d'abondantes malacocénoses. Après traitement des échantillons, 18 espèces ont été déterminées, qui comprennent plus d'aquatiques que de terrestres. Cette proportion s'inverse cependant lorsque l'on considère la répartition des effectifs, le taux d'individus terrestres étant alors plus élevé que celui des aquatiques (tab. 4).

Sur le diagramme (fig. 15), trois malacozones ont été identifiées. La zone **Bru M2** se rapporte à l'unité [8] qui est un niveau argileux avec des intercalations tourbeuses. Les échantillons 19 et 18, les seuls fossilifères, sont caractérisés par des taxons terrestres de milieu ouvert et humide tels que *Trichia hispida* et *Columella columella*. On y trouve aussi *Pupilla muscorum* et *Trochoidea geyseri*, qui sont des espèces de milieu plus sec. En accord avec les corrélations stratigraphiques proposées, les

taxons présents dans cette malacozone sont les mêmes que ceux qui caractérisent **Bru M2** dans le profil 2.

La suite de la succession malacologique est allouée à la zone **Bru M3**, elle-même subdivisée en deux sous-zones **Bru M3a** et **Bru M3b**. Toutes les espèces présentes dans la zone précédente persistent dans la sous-zone **Bru M3a**, avec en plus la réapparition du taxon marécageux *Oxyloma elegans*. Des cortèges secondaires d'espèces de terrain découvert (*Trochoidea geyseri*, *Vallonia pulchella*, *Vallonia costata* et *Columella columella*) apparaissent. L'ensemble de ces assemblages permet de décrire un milieu de berge dominé par des espèces de zone humide, mais où sont présents également quelques taxons plus xérophiles (*Pupilla muscorum* et *Trochoidea geyseri*). Le début de la sous-zone **Bru M3b** est marqué par une chute très importante des effectifs qui reflète une instabilité du milieu. Dans l'échantillon 5, on constate une disparition brutale du taxon *Oxyloma elegans* qui réapparaît dans les échantillons sommitaux de cette zone. Cette disparition, qui pourrait sembler disparate dans la série, a été vérifiée soigneusement (reprise des refus de tamis). D'autres espèces telles que *Trochoidea geyseri* et *Galba truncatula* ont aussi disparu et réapparaissent au sommet de la malacozone. Ces anomalies pourraient refléter des phénomènes d'érosion responsables de la perturbation de l'enregistrement malacologique.

### 7.3 - INTERPRÉTATION PALÉOÉCOLOGIQUE

La malacozone **Bru M1** couvre la base de la barre de méandre [10]. Les associations de mollusques indiquent un milieu terrestre. Elles sont formées par des taxons de zone ouverte, humide et marécageuse (*Trichia hispida*, *Columella columella* et *Oxyloma elegans*).

La malacozone **Bru M2** recouvre le sommet du niveau sableux [10], le paléosol [9] ainsi qu'un épisode (échantillons 18 et 19) du niveau argilo-tourbeux [8]. Sur le profil 2, les communautés malacologiques sont en progression. On observe la disparition de l'espèce palustre *Oxyloma elegans*. En parallèle *Trichia hispida* qui indique une couverture herbeuse dense se maintient, tandis que le pourcentage des espèces xérophiles augmente (*Pupilla muscorum*, *Trochoidea geyseri*), ce qui implique un assèchement du milieu. Les résultats obtenus sur les deux échantillons 18 et 19 du profil 3 révèlent aussi la présence d'espèces terrestres de milieu ouvert humide qui supposeraient un court épisode d'exondation.

La malacozone **Bru M3** regroupe les derniers niveaux tourbeux du niveau [8] et le niveau sableux [7] dans le profil du centre du chenal. Les données malacologiques ont révélé la présence d'une faune eurytherme et la réapparition de l'espèce palustre *Oxyloma elegans*. Les données malacologiques on montré que la malacozone **Bru M3a** est caractérisée par la dominance des mollusques terrestres. Vers le sommet, en **Bru M3b** l'effectif des aquatiques augmente ce qui implique une influence plus importante du cours d'eau.

#### 7.4 - COMPARAISON AVEC LES SITES DU RÉFÉRENTIEL MALACOLOGIQUE DU TARDIGLACIAIRE

Dans la séquence de la Brunetière, les dépôts correspondants aux deux malacozones *Bru M1* et *Bru M2* ont été attribués au Bølling d'après les données polliniques et les datations radiocarbone. Des études menées sur des gisements tardiglaciaires, localisés en bordure de plaine alluviale dans le Nord de la France ont montré que toutes les associations malacologiques du début du Tardiglaciaire sont caractérisées par des taxons de milieu découvert, notamment *Pupilla muscorum* qui est une espèce héritée du Pléniglaciaire (Kerney, 1971 ; Puisségur, 1976), à laquelle s'ajoutent de fortes populations de *Vallonia costata* et *Vallonia pulchella* (Limondin, 1995). Dans la séquence de Conty, site de fond de vallée, le Bølling est caractérisé par le développement d'assemblages de zone marécageuse (Limondin-Lozouet & Antoine, 2001). Les mêmes associations malacologiques ont été observées dans la succession de Houdancourt dans le Bassin Parisien (Pastre *et al.*, 2003) et sur le site de Holywell Coombe en Grande-Bretagne (Preece & Bridgland, 1999). Dans la séquence tardiglaciaire de la Brunetière, la malacozone *Bru M1* révèle le même type d'association malacologique marquée par la présence de taxons marécageux. En revanche la zone *Bru M2*, également rapportée au Bølling, est caractérisée par des espèces marquant un assèchement du milieu.

La malacozone *Bru M3* est située dans les dépôts sableux attribués avec réserve au Dryas moyen. Les malacofaunes du Dryas moyen ne sont connues que de la séquence de Conty au Nord de la France et sur le site de Gulickshof aux Pays-Bas (Limondin-Lozouet & Antoine, 2001 ; Hoek *et al.*, 1999). Cet épisode est caractérisé par le maintien des espèces palustres et l'apparition des mollusques boréo-alpins (*Columella columella*, *Cochlicopa nitens*, *Catinella arenaria*). Ces caractères,

association de marécage et présence de *Columella columella*, se retrouvent dans la zone *Bru M3* de la Brunetière. Néanmoins, les mêmes arguments malacologiques sont valables pour décrire les assemblages du Dryas récent. Il faudra compléter les données du Sud-Ouest par de nouvelles analyses pour éventuellement mettre en évidence des critères malacologiques permettant de différencier ces deux phases froides.

D'un point de vue biogéographique, deux espèces sont remarquables, *Trochoidea geyeri* d'une part et *Columella columella* d'autre part. La répartition moderne de ces taxons est nettement à l'écart de l'Aquitaine (fig. 16). *C. columella* est aujourd'hui une espèce confinée au domaine alpin et à la zone boréale. Ce taxon que l'on trouve dans les habitats humides de type marécageux était répandu plus largement en Europe du nord-ouest dans les faciès humides durant les phases pléniglaciaires (Rousseau & Keen, 1989). Dans les séquences fluviales du nord de la France, *C. columella* a été recensée au cours des épisodes climatiques de type stadiaire (Dryas moyen, Dryas récent) et elle apparaît donc comme un indicateur de péjoration des températures (Limondin-Lozouet & Antoine, 2001 ; Limondin-Lozouet, 2002). Le fait qu'elle perdure au début des phases d'amélioration climatique n'est pas exceptionnel ; cela a été observé dans la Somme ainsi que sur la séquence d'Holywell-Coombe dans le Kent (GB) au début de l'Holocène (Limondin-Lozouet & Antoine, 2001 ; Preece & Bridgland, 1999). Sa population est alors en situation déclinante et, comme ici à La Brunetière, sa présence est un héritage direct des faunes de la phase froide précédente.

*Trochoidea geyeri* est une hélicelle de milieu sec dont la répartition actuelle longtemps considérée comme centre européenne (Kerney *et al.*, 1983) inclut maintenant nombre de stations plus méridionales, notamment dans le sud-est de la France et en Espagne (Magnin, 1989). Dans le Pléistocène de Bourgogne, *T. geyeri* est

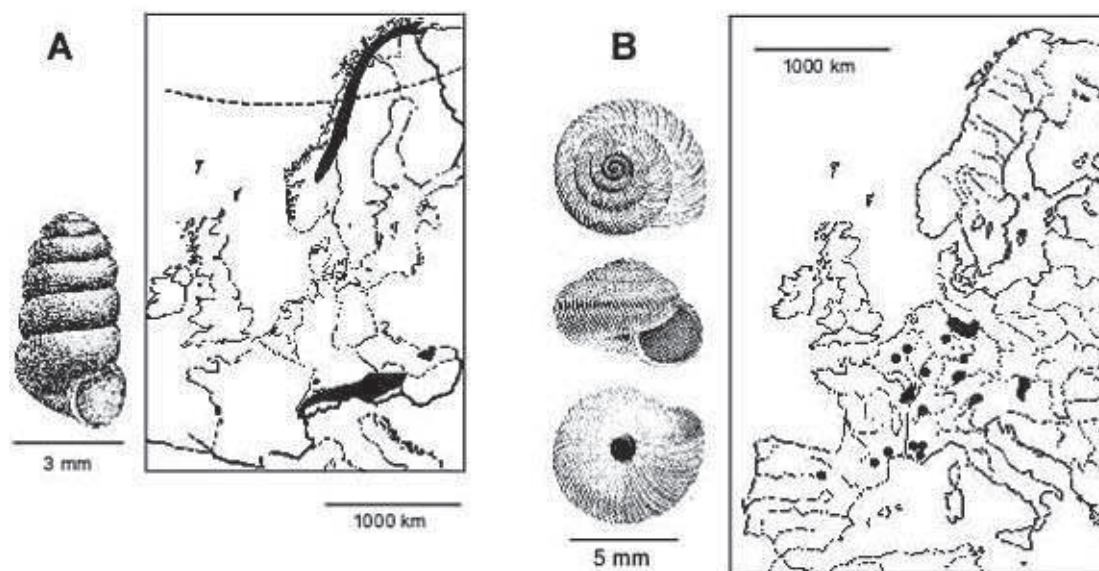


Fig. 16 : Répartitions géographiques actuelles de A) *Columella columella* (Martens, 1830) et B) *Trochoidea geyeri* (Soós, 1926), d'après Kerney *et al.* (1983) & Magnin (1989).

Fig. 16: Modern distribution of A) *Columella columella* (Martens, 1830) and B) *Trochoidea geyeri* (Soós, 1926), after Kerney *et al.* (1983) and Magnin (1989).

typique des assemblages de phases de transition entre période froide et période tempérée (Puisségur, 1976). Cette situation est confirmée dans les séries tardiglaciaires du nord de la France, où l'espèce est régulièrement recensée au cours de l'oscillation d'Allerød (Limondin, 1995; Pastre *et al.*, 2000). Dans le midi de la France, *T. geyeri* colonise les plaines durant les phases froides et se retire dans les stations d'altitude au cours des réchauffements (Magnin, 1989). Sa situation à La Brunetière dans les assemblages du début du Bølling placerait l'espèce, comme en Bourgogne et dans le nord de la France, en position de pionnier durant une phase de transition depuis un épisode froid vers une phase tempérée. Par rapport au Nord de la France, on note toutefois sa présence dès le début de l'interstade du Tardiglaciaire. Cette occurrence précoce peut laisser supposer une proximité plus grande des zones refuges en comparaison avec les territoires septentrionaux, mais elle peut aussi résulter de la permanence de l'espèce au cours des glaciaires dans ces régions méridionales. Cette dernière hypothèse semble bien confirmée par le recensement de *T. geyeri* au sein d'assemblages attribués au Pléniglaciaire weichsélien dans des lœss de la région toulousaine (Revel, 1982).

## 8 - ÉTUDE ENTOMOLOGIQUE

Tous les échantillons analysés sont dans l'ensemble riches en restes de Coléoptères, avec des valeurs allant de 13 taxons pour l'échantillon E9 jusqu'à 78 taxons pour l'échantillon E6 (tab. 5). Ces fluctuations sont peut-être à attribuer à des conditions taphonomiques inégales; toutefois, aucun des échantillons ne présente les traces caractéristiques d'altération ou de dégradation que l'on constate habituellement sur le matériel oxydé.

Au total, la séquence sédimentaire a livré 204 taxons de Coléoptères dont la moitié a été identifiée au niveau de l'espèce ou du groupe d'espèces. Une quinzaine d'espèces sont éteintes en France actuellement, ou reléguées dans des stations isolées relictuelles. Les autres ordres représentés dans les assemblages sont peu nombreux: les Hétéroptères avec le genre *Gerris* et les familles Saldidae et Tingidae, les Mégaloptères (larves de *Sialis*), les Hyménoptères Formicidae (*Formica*, *Camponotus*, *Myrmica*), et les Diptères avec un unique représentant de la famille Bibionidae. Ces ordres peu représentés dans la séquence ne seront pas pris en compte dans la suite de l'étude qui est centrée sur les Coléoptères.

Les assemblages d'insectes ne montrant pas de changement notables dans leur composition au cours de la période considérée, l'analyse des paléoenvironnements sera établie globalement pour les 17 assemblages; les indices de changements environnementaux seront indiqués dans l'interprétation paléoenvironnementale.

### 8.1 - RECONSTITUTION DES PALÉOENVIRONNEMENTS

Elle est basée sur la précision des exigences écologiques qui caractérise beaucoup d'espèces de Coléoptères.

Les espèces phytophages terrestres associées à une espèce ou à un genre particulier de plante fournissent sur l'environnement végétal des informations utiles qu'il est toujours instructif de comparer avec les résultats de l'analyse pollinique. Les espèces aquatiques permettent de préciser le type de milieu correspondant au site de dépôt (lac, tourbière, cours d'eau, bras mort de rivière) et peuvent également renseigner sur le type de végétation aquatique qui peuplait le site. La faune associée au bord des eaux courantes (espèces ripicoles) ou aux milieux humides (espèces palustres) peut fournir des informations sur la nature des milieux de transition qui séparent le site de dépôt lui-même des zones complètement exondées des alentours. Bien d'autres espèces peuvent fournir des informations ponctuelles originales, comme par exemple les coprophages, qui traduisent la présence de mammifères pourvoyeurs d'excréments. Enfin, beaucoup d'espèces présentent des exigences très précises en matière de températures, ces insectes sténothermes peuvent donc être mis à profit pour établir des reconstructions climatiques chiffrées des paléotempératures, à l'aide de fonctions de transfert du type « Mutual Climatic Range Method » (Atkinson *et al.*, 1986).

#### - Les aquatiques

Beaucoup de Coléoptères aquatiques sont représentés dans tous les assemblages examinés, avec les familles Haliplidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydraenidae et presque tous les Hydrophilidae: *Haliphus*, *Hydroporus*, *Hydrobius*, *Ochthebius*, *Helophorus*... Beaucoup de ces insectes présentent la caractéristique d'être associés aux eaux dormantes ou faiblement courantes, riches en plantes aquatiques (ce qui est en accord avec l'abondance de certains phytophages associés aux plantes aquatiques ou palustres, comme les *Plateumaris*).

*Haliphus obliquus* préfère les eaux claires alcalines parfois dans des profondeurs de plus d'un mètre, souvent des lacs et des gravières peuplés de Characées dont se nourrit la larve. *Haliphus ruficollis* (identification sur dissection des genitalia) vit dans les eaux stagnantes et supporte des milieux eutrophes, il se nourrit d'algues filamenteuses (Van Vondel & Dettner, 1997). Les gyrins (*Gyrinus* spp.) sont représentés par 6 taxons, bien présents en début de séquence. Ces insectes chassent les petits animaux tombés à la surface de l'eau et ont donc besoin de vastes surfaces d'eau libre, contrairement aux autres aquatiques. Les Dytiscidae sont pour la plupart de bons nageurs, ce sont souvent aussi des prédateurs qui se nourrissent d'autres petits insectes (larves de chironomes, de Trichoptères...) et qui sont capables de coloniser des eaux pures dépourvues de végétation. *Coelambus impressopunctatus* est fréquent dans les eaux peu profondes et riches en végétation, particulièrement dans les marais littoraux et les régions côtières. *Hygrotus inaequalis* est aussi lié aux eaux à végétation abondante. *Potamonectes assimilis* est confiné aux eaux oligotrophes, dans les lacs et les rivières à fond sableux, pauvres en végétation. *Noterus clavicornis* appartient à un genre composé d'espèces phytophages. On le trouve habituellement dans les eaux

## La Brunetière

	E16	E15	E14	E13	E12	E11	E10	E9	E8	E7	E6	E5	E4	E3	E2	E1	E0
<b>Carabidae</b>																	
<i>Cicindela campestris</i> L.		1	1	1													
<i>Carabus purpurascens</i> F.														1			
<i>Carabus cf. nemoralis</i> Müll.																	1
<i>Carabus</i> sp.		1				1								1	1		
<i>Leistus terminatus</i> (Hellw.)						2			1	3			1	1	1		
<i>Notiophilus</i> sp.													1				
<i>Clivina fossor</i> (L.)												1	1				2
<i>Dyschirius globosus</i> (Hbst.)	1	4	1								1					1	
<i>Trechus</i> sp.															1		
<i>B. (Metallina) nigricorne</i> Gyll.												1					
<i>B. (Notaphus) obliquum</i> (Sturm)													1	1			1
<i>B. (Nepha) illigeri</i> Net.		1			1		1			1			2		1	1	
<i>Bembidion (Trepanes) assimilis</i> Gyll.				1			1										
<i>B. (Philochthus) aeneus</i> Germ.		1									2	3	4	1	1		
<i>B. (Philochthus) guttula</i> (F.)	1	1					1	7	1	7	4	7	5	2			2
<i>B. (Plataphodes) fellmanni</i> Mann./difficile (Mots.)												1					
<i>Bembidion</i> s.l.			1	1	1		3	1		1			1	3	3	1	
<i>Patrobus assimilis</i> Chaud.													1				
<i>Patrobus cf. atrorufus</i> (Ström)						1					2						
<i>Ophonus cordatus</i> (Duft.)											2						
<i>Ophonus</i> sp.										1							1
<i>Harpalus</i> sp.											1			1			
<i>Bradycellus</i> sp.															1		
<i>cf. Anthracus consputus</i> (Duft.)																	1
<i>Poecilus cupreus</i> (L.)				1		1							1		1		
<i>Pterostichus (Platysma) melanarius</i> (Ill.)											1						
<i>Calathus</i> sp.															1		
<i>Agonum</i> sp.											1						1
<i>A. (Europhilus)</i> sp.															2		1
<i>Zabrus curtus</i>				1													
<i>Amara</i> sp.																1	
<i>Chlaenius nigricornis</i> (F.)															1		
<i>Badister</i> sp.														1			1
<i>Cymindis angularis</i> Gyll.										1	1			1			
<i>Cymindis</i> sp.													1				
<i>Syntomus truncatellus</i> (L.)							1			1	2			2	1		
<i>Microlestes</i> sp.		1															
<i>Carabidae</i> indet.															3		
<b>Haliplidae</b>																	
<i>Haliplus obliquus</i> (F.)	1	1	1	2	4	1								1			5
<i>Haliplus ruficollis</i> (Geer)									1								
<i>Haliplus</i> sp.											1	1	2	1	2		1
<b>Dytiscidae</b>																	
<i>Coelambus impressopunctatus</i> (Schall.)			1	2						1	1	1					
<i>Hygrotus inaequalis</i> (F.)													1	2			1
<i>Hydroporus cf. palustris</i> (L.)				3		1				1	1				1		1
<i>Hydroporus cf. planus</i> (F.)														1			
<i>Hydroporus</i> spp.			1	3	2			1	1			1	2	1	1		2
<i>Potamonectes griseostriatus</i> (Geer)														1	1		
<i>Potamonectes assimilis</i> (Payk.)	4	2	4	4	1												
<i>Noterus clavicornis</i> (Geer)																	1
<i>Platambus maculatus</i> (L.)				1													

Tab. 5 : Liste des insectes.

Tab. 5: List of the insects.

Agabus cf. chalconotus (Panz.)				2									1		2				
Agabus bipustulatus (L.)																			1
Agabus cf. sturmi (Gyll.)			1	1				1			1				1	2		1	
Agabus cf. congener (Thunb.)																	2		
Agabus arcticus (Payk.)	1																		
Agabus sp.		1		1		1	1		1	1			2						
Ilybius sp.						2					2	4	2	3	3			1	
Rhantus sp.				2	1	1					1								
Colymbetes striatus (L.)		1	3	5		2													
Colymbetes sp.					1			1	1		1		1		1	1			
Graphoderus sp.				1															
Dytiscus sp.	1		1	1	1	1													
Dytiscidae indet.																	1		
<b>Gyrinidae</b>																			
Gyrinus minutus F.						1													
Gyrinus opacus Sahlb.						1													
Gyrinus aeratus Steph.			1																
Gyrinus substriatus Steph./natator Ill.			1																
Gyrinus caspius Ménétr.																		1	
Gyrinus sp.				1	1										1				
<b>Hydraenidae</b>																			
Hydraena sp.		1	1		1	2					1		2					2	
Ochthebius cf. dilatatus Steph.											2								
Ochthebius minimus (F.)																		3	
Ochthebius spp.		1				1				4	4	1	3	4				11	
Limnebius sp.										1								1	
Helophorus grandis Ill.							2	2		7	1				2				
Helophorus aquaticus (L.)		1	1		1	2	1	2	2	4		1	4	9					
Helophorus obscurus Muls./flavipes F.																		1	
Helophorus glacialis Villa													1						
Helophorus cf. brevipalpis Bed.																		2	
Helophorus nanus Sturm											1								
Helophorus spp.	2	2	3	5	1	3	7	2	5	2	24	12	17	22	13	3	3		
<b>Hydrophilidae</b>																			
Cercyon tristis (Ill.)														1					
Cercyon sp.											1	1		1	1			1	
Hydrobius fuscipes (L.)				2			1			2	2	1	2	1				1	
Enochrus sp.				1						1	1	1	2						
Enochrus/Helochares sp.																		3	
Laccobius sp.			1				1											3	
Berosus sp.																		1	
<b>Lioididae</b>																			
G. sp.												1		1					
<b>Scydmaenidae</b>																			
G. sp.																		1	
<b>Staphylinidae</b>																			
Pycnoglypta lurida (Gyll.)													1						
Omalium sp.	2																		
Olophrum fuscum (Grav.)											1	2	2	1	1	1			
Eucnecosum brachypterum (Grav.)	1	1			1							1							
cf. Acidota sp.						1													
Lesteva longelytrata (Goeze)											2	1	1		1				
Anthophagus sp.									1							1	1		
Omalinae indet.							1				1								
Trogophloeus spp.		2													1			2	
Oxytelus rugosus (F.)		2		1							1							2	

Tab. 5 : Liste des insectes (suite).  
 Tab. 5: List of the insects (continuation).



Cryptophagus sp.	1	1																	
<b>Phalacridae</b>																			
G. sp.	1											1							2
<b>Lathridiidae</b>																			
Corticariini indet.	1		1		1			2			1	3							1
<b>Coccinellidae</b>																			
Coccidula rufa (Hbst.)					1			1			1								
Scymnini indet.								5	1										
Coccinellidae indet.	7				1			1											
<b>Anthicidae</b>																			
Notoxus monoceros (L.)								2	1										
Anthicus cf. antherinus (L.)												1							
Anthicus sp.																			1
<b>Mordellidae</b>																			
G. sp.					1														
<b>Scarabaeidae</b>																			
Psammoporus sabuleti (Panz.)	1					1					1								
Aphodius melanostictus Schm.										1									
Aphodius spp.			1		1			1				1	1	1	1				
<b>Chrysomelidae</b>																			
Macroplea appendiculata (Panz.)			1	1	1														
Donacia sp.	1												1						1
Plateumaris sericea (L.)	1	1	1	3	2	5		4	4	1	7	10	102	52	47	6			17
Pachybrachys cf. hieroglyphicus (Laich.)			1																
Cryptocephalus (Burlinius) sp.			1											1					
Chrysolina (Anopachys) cf. aurichalcea (Gebl.)			1	1							1		1						
Plagioderma versicolor (Laich.)			1								1								
Melasoma collaris (L.)								1			2								
Phytodecta sp.															1				
Timarcha cf. goettingensis (L.)			1	1	1			1	1	2				2					
Galeruca cf. tanacetii (L.)										1									
Luperus circumfusus (Marsh.)																			1
Luperus sp.	2		1	2				1	1	4	1	2							1
Phyllotreta sp.			1																2
Altica sp.	2		1	1				2	1		2	1	1	1	1				1
Chaetocnema hortensis (Fourcr.)						1													
Chaetocnema sp.									2			1							
"Apteropeda"	1																		
Alticinae indet.	1		1			1		1	1	2		2		1					1
Hispella atra (L.)			1																
Chrysomelidae indet.	1					1						2							1
<b>Bruchidae</b>																			
Bruchidius sp.																			1
Urodon sp.			1							1									
<b>Curculionidae</b>																			
Rhynchites germanicus (Hbst.)																			1
Apion (Exapion) sp.																			1
Apion spp.	1	1									1	1							1
Otiorhynchus (Tourniera) ovatus (L.)	1													2					
Otiorhynchus spp.	2	1			1			1		2	1	1	1	2					1
Phyllobius urticae (Geer)/calcaratus (F.)						2		1		1									
Phyllobius/Polydrusus spp.									2	3		1	1	3					
Omiamima/Omias sp.	1			1				1	1	2		2		2					
Trachyphloeus sp.	2		2		1							1	4	2					
Cathormiocerus socius Boh.																			5
Strophosoma faber (Hbst.)					1														

Tab. 5 : Liste des insectes (suite).  
Tab. 5: List of the insects (continuation).

Strophosoma sp.										1			1							
Barynotus squamosus Germ.																			3	
Sitona spp.										1	1									
Bagous sp.												1								
Notaris scirpi (F.)																			2	
Notaris aethiops (F.)										1		1						1	1	
Tychius sp.												1								
Balanobius crux F.																		1		
Cryptorhynchus lapathi (L.)																			1	
Eubrychius velutus (Beck.)																			2	
Litodactylus leucogaster (Marsh.)																			1	
Ceutorhynchus sp.																			2	
?Gymnetron sp.	1																			
Rhynchaenus cf. foliorum (Müll.)	1																			
Rhynchaenus (Pseudorchestes) sp.																			1	
Curculionidae indet.																			1	
<b>Autres</b>																				
Sialis	7	12	11	3	2													1	2	2
Gerris sp.																			1	1
Saldidae																			1	
Tingidae																			1	
Formica																			1	
Camponotus																			1	
Myrmica																			1	
Bibionidae																			1	

très peu profondes très riches en débris végétaux en décomposition, en particulier dans les phragmitaies à demi submergées. *Agabus arcticus* est une espèce circumboréale qui recherche les lacs et le bord des grands cours d'eau, où le courant est le plus faible, souvent dans les lacs peu profonds au dessus de la tree-line. *Colymbetes striatus* a pour habitat principal les mares temporaires en milieu ouvert, les bords des lacs et des rivières. Notons également la fréquence en début de séquence des grands dytiques associés aux vastes pièces d'eau.

Contrairement aux Dytiscidae examinés ci-dessus, les Hydraenidae et les Hydrophilidae sont des aquatiques phytophages peu aptes à la nage, surtout associés aux eaux à riche végétation submergée et héliophytique à laquelle ils peuvent se fixer. La plus grande diversité de ces taxons est surtout enregistrée dans les 2/3 supérieurs de la séquence.

L'autre importante catégorie d'insectes aquatiques, les espèces associées aux eaux courantes bien oxygénées, est numériquement peu abondante : elle est représentée par le Dytiscidae *Platambus maculatus* et les taxons de la famille Dryopidae (à l'exception du genre *Dryops*), soit 5 taxons seulement au total. Leur présence est de plus très sporadique dans la séquence, ce qui indique que le site de dépôt devait être normalement déconnecté du cours d'eau principal et se présentait sous forme d'une mare ou d'un bras mort.

À ces familles composées principalement d'espèces réellement aquatiques, viennent s'ajouter quelques espèces « amphibies » appartenant aux groupes majoritairement terrestres des Chrysomelidae et des Curculio-

nidae, qui se sont secondairement adaptées à la vie dans les eaux douces et qui possèdent un revêtement hydrofuge leur permettant de respirer et de vivre sous l'eau. Il s'agit par exemple de *Macrolea appendiculata*, espèce proche des *Donacia* et des *Plateumaris* mais qui vit en permanence sous l'eau, dans les lacs et les bras morts des rivières, accrochée à des plantes aquatiques submergées comme les *Potamogeton* et les *Myriophyllum*. Le petit charançon *Eubrychius velutus* vit sur *Potamogeton* dans les eaux calmes ; une espèce proche, *Litodactylus leucogaster*, est associée à *Myriophyllum verticillatum*.

#### – Les insectes ripicoles et palustres

Cette catégorie comprend essentiellement des carabiques et des staphylins, puisque la plupart de ces insectes sont très hygrophiles. Il s'agit d'insectes liés au bord des eaux courantes, au bord des lacs, aux marais et aux tourbières.

Parmi les carabiques (Lindroth, 1985-1986), *Leistus terminatus* est l'espèce la plus hygrophile du genre, on la trouve dans la litière humide de feuilles mortes accumulées au bord des marais ombragés. *Dyschirius globosus* vit sur toutes sortes de substrats humides à faible recouvrement végétal. *Bembidion obliquum* est un ripicole également associé aux sols humides et meubles peu végétalisés, de même que *B. assimilis*, *B. aeneus* et *B. guttula*. *Patrobus assimilis* et *atorufus* sont des carabiques très hygrophiles principalement associés aux lieux humides et ombragés tels que les bois tourbeux à aulnes et à bouleaux, garnis d'une riche végétation de *Carex*. *Chlaenius nigricornis* vit sur les bords des lacs et mares eutrophes peuplés de *Phragmites* et de *Carex*.



Parmi les staphyliniens, des espèces comme *Pycnoglypta lurida*, *Olophrum fuscum*, *Eucnecosum brachypterum*, *Lesteva longelytrata* sont toutes associées aux matières végétales en décomposition accumulées au bord des eaux (Zanetti, 1987). *Platysthetus cornutus* abonde sur les vases humides. Les *Bledius* recherchent les sols sablonneux humides dans lesquels ils creusent des terriers. *Gymnusa variegata* est une espèce très hygrophile qui vit dans les mousses, dans les marais et les tourbières.

En dehors de ces deux grandes familles, divers taxons sont aussi indicateurs de lieux humides : les Helodidae recherchent les lieux humides à végétation abondante, *Georyssus crenulatus* vit sur le sable au bord des cours d'eau, *Psammoporus sabuleti* est aussi fréquemment rencontré au bord des rivières où il se développerait dans les accumulations de matières organiques déposées par les crues et recouvertes de limons (Delpy, 2000).

On note aussi l'abondance des *Dryops* et des *Heterocerus*, insectes associés aux vases des bords des eaux et propres à l'interface eau/terre.

#### – Les phytophages

Les Coléoptères Chrysomelidae et Curculionidae (c'est à dire les chrysomèles et les charançons) sont les principaux Coléoptères phytophages contenus dans la séquence de La Brunetière.

La domination de *Plateumaris sericea* dans certains assemblages est parfois spectaculaire ; c'est en particulier le cas de l'échantillon E4 dans lequel plus de 100 individus (nombre minimum) ont été décomptés. Les *Plateumaris* sont exclusivement associés aux plantes aquatiques ou hygrophiles, *P. sericea* est oligophage sur *Carex*. *Pachybrachys* cf. *hieroglyphicus* est oligophage sur les saules à feuilles étroites, surtout sur *Salix viminalis*. *Chrysolina* (*Anopachys*) cf. *aurichalcea* est une chrysomèle associée aux armoises (*Artemisia* spp.), particulièrement répandue dans les steppes d'Europe centrale et d'Asie centrale. Cette espèce n'existe plus actuellement en France. *Timarcha* cf. *goettingensis* est un insecte à large répartition, associé aux *Galium*, alors qu'une autre espèce commune, *Galeruca* cf. *tanacetii*, est associée à certaines Asteraceae, comme *Tanacetum vulgare* ou *Achillea millefolium*. Notons l'association dans les assemblages d'une chrysomèle et d'un charançon, *Luperus circumfusus* et *Apion* (*Exapion*) sp. Ces deux espèces sont liées aux Fabaceae ligneuses : *Sarothamnus*, *Genista*, *Cytisus*, *Ulex*... Parmi les phytophages associés aux Poacées, *Chaetocnema hortensis* et *Hispella atra* sont deux espèces très communes partout actuellement. *Phyllobius urticae/calcaratus* sont deux taxons très voisins, indiscernables à partir des fragments recueillis. Le premier est lié aux orties, le second aux feuillus, surtout *Alnus*. *Strophosoma faber* est, comme *Galeruca tanacetii*, lié aux Asteraceae, en particulier *Achillea*, *Centaurea*, *Artemisia*, *Anthemis*, *Aster*... Parmi les deux espèces de *Notaris*, *Notaris scirpi* présente une large répartition européenne ; il s'agit d'une espèce oligophage associée aux *Scirpus* et *Carex*, alors que *Notaris aethiops* est une espèce nordique presque éteinte en France, qui ne subsiste que dans quelques localités

froides du Massif Central (Hoffman, 1954). Elle est polyphage sur diverses Poaceae, mais aussi sur *Sparganium ramosum* et *Iris pseudacorus*.

Aucune espèce xylophage ou saproxylophage associée à des essences ligneuses n'est présente dans la séquence ; il n'y a donc pas d'indice entomologique de la présence d'arbres à proximité du site, à l'exception d'arbres associés aux bords des eaux comme les saules, comme le suggère la présence de plusieurs taxons : *Plagioderma versicolor*, chrysomèle banale et à large répartition, particulièrement abondante sur le feuillage des saules ; *Melasoma collaris*, espèce des marais et tourbières en climats froids (Europe centrale et du nord, y compris la Scandinavie), également associée aux saules, surtout *Salix repens*, mais aujourd'hui localisée en France au nord-est du pays ; *Rhynchites germanicus*, charançon polyphage banal, fréquemment trouvé sur *Salix* ; *Balanobius crux*, autre charançon, celui-ci exclusivement associé aux saules et qui se développe dans les galles foliaires générées par des Hyménoptères parasitant les arbres ; *Cryptorhynchus lapath*, gros charançon xylophage qui se développe sous l'écorce de divers ligneux des lieux humides, surtout les saules ; enfin *Rhynchaenus foliorum*, petit charançon mineur de feuilles surtout répandu dans les régions froides, associé au feuillage des saules sur lesquels il pullule parfois (Hoffman, 1958).

En dehors des chrysomèles et des charançons, on note la présence d'une coccinelle, *Coccidula rufa*, associée à la végétation hygrophile des tourbières et des marais où elle est prédatrice de pucerons (Dauguet, 1949).

#### – Les insectes de milieux steppiques

Un petit groupe d'insectes se distingue nettement des précédentes catégories écologiques toutes plus ou moins liées aux eaux ou aux substrats humides, il s'agit de plusieurs espèces steppiques, liées aux prairies et aux pelouses rases, aux landes à callunes sur substrats sableux secs, dont la présence dans la région de Bergerac est tout à fait inattendue. Parmi ces espèces on peut citer *Bembidion nigricorne*, surtout fréquent dans les landes à callunes du nord et du centre de l'Europe. *Cymindis angularis* est une espèce très localisée dans certaines prairies alpines dans le sud de son aire de répartition (de l'Europe centrale à l'ouest de la Sibérie). Ailleurs elle fréquente les sols sableux ou graveleux des terrains secs et ensoleillés, surtout dans les régions côtières, peuplés d'une végétation rase à *Thymus* et *Calluna* (Lindroth, 1985-1986). *Zabrus curtus* est un autre carabique lié aux milieux steppiques aussi bien en plaine qu'en altitude, tout comme *Ophonus cordatus*. Le genre *Charopus* (Malachidae) est composé de plusieurs espèces toutes liées aux pelouses sèches. *Opetiopalpus bicolor* est un Cleridae connu actuellement de France uniquement dans les Pyrénées-Orientales (Richoux *et al.*, 2000), dans les prairies alpines de Cerdagne. Sa répartition atteint le Moyen-Atlas au Maroc, où il abonde sur les causses calcaires à assez haute altitude (obs. pers.). *Selatosomus melancholicus* est un Elateridae steppique très localisé en France et cantonné à quelques stations des Alpes et des Pyrénées, dans les pelouses alpines ou subalpines,

entre 1800 et 2600 m d'altitude. Au-delà du territoire français, il occupe l'Europe centrale et boréale, la Sibérie, l'Asie centrale, le Caucase, et les hautes montagnes d'Europe méridionale. Sa larve serait prédatrice de larves d'autres Coléoptères (Leseigneur, 1972 ; Platia, 1994). *Chrysolina* cf. *aurichalcea* est une espèce de chrysomèle associée aux steppes à armoises d'Europe et d'Asie centrale, comme la plupart des autres représentants de ce sous-genre (Bourdonné, com. pers.).

#### – Autres catégories écologiques

*Lomechusa strumosa* est un staphylin à biologie très particulière puisqu'il s'agit d'un myrmécophile strictement lié aux colonies de fourmis qu'il parasite et qu'il conduit progressivement au dépérissement. Les *Lomechusa* sont fréquents dans les assemblages de La Brunetière, en même temps que les fragments de sa fourmi hôte *Formica*. *Aphodius melanostictus* est un Coléoptère coprophage des prairies et milieux ouverts, actuellement de plus en plus rare en France, surtout dans le sud ; il s'agit d'une espèce à vaste répartition, depuis l'Afrique du Nord jusqu'à l'Égypte, l'Europe méridionale et moyenne, l'Asie centrale. *Psammoporus sabuleti*, déjà évoqué, est une espèce boréo-montagnarde très rare en France, connue du nord-est du pays mais aussi récemment découverte sur les bords de la Dordogne. Elle est présente depuis l'Europe centrale jusqu'à l'extrême nord de la Scandinavie. Elle recherche les débris végétaux accumulés sur les rives sablonneuses des cours d'eau et des lacs.

#### – Conclusions paléoenvironnementales

Bien que des changements nets ne semblent pas être enregistrés par les assemblages de Coléoptères de la séquence de La Brunetière, on note toutefois une période charnière approximativement située au niveau des échantillons E11-E10, c'est-à-dire au tiers inférieur de la séquence sédimentaire : avant cette limite, on note une abondance particulière ou une régularité des occurrences de *Haliplus obliquus*, *Potamonectes assimilis*, *Colymbetes striatus*, *Dytiscus*, *Gyrinus*, *Macroplea appendiculata*, ce qui n'est plus le cas après. Ces insectes surtout liés aux lacs oligotrophes indiquent que le site devait être comparable à un lac ou à un bras mort de rivière à maigre végétation héliophytique, mais en revanche très probablement peuplé de plantes submergées comme les *Chara*, les *Potamogeton* et les *Myriophyllum*. Le site évolue ensuite assez rapidement sous l'effet du colmatage par alluvionnement et autorise l'établissement d'une végétation palustre où *Carex* devait dominer, comme en témoigne l'explosion de *Plateumaris sericea* et de la plupart des autres catégories écologiques, surtout phytophages. La végétation hygrophile ou héliophytique devait être donc très abondante. La présence en fin de séquence (E0) de *Noterus clavicornis* associé aux étangs très peu profonds à fond encombré de tiges mortes de phragmites suggère un stade avancé du comblement du site. Certains Coléoptères ripicoles associés aux berges nues indiquent que des zones exondées devaient subsister, probablement sous forme de plages de vases. Une végétation arbustive

à base de saules a dû s'établir rapidement, comme en témoigne la présence de nombreux phytophages liés aux *Salix* et de plusieurs taxons associés aux marais ombragés. Aucune autre essence ligneuse n'est enregistrée dans la séquence. Au delà du site de dépôt proprement dit, le paysage devait donc être complètement ouvert et composé de formations végétales steppiques de type continental non méditerranéen, avec des Poaceae (graminées), des Fabaceae ligneuses (genêts), des Asteraceae (Composées), des landes à callune, des pelouses sèches à thym, et surtout des steppes à armoises.

## 8.2 - RECONSTITUTION DES PALÉOTEMPÉRATURES

Parmi les Coléoptères, de nombreux taxons sont actuellement éteints ou très localisés sur le territoire français. Il s'agit d'insectes associés à des climats froids et cantonnés aujourd'hui aux montagnes, au nord de l'Europe et même à la Scandinavie).

On peut citer : *Bembidion nigricorne*, *B. fellmanni/difficile*, *Patrobus assimilis*, *P.* cf. *atorufus*, *Potamonectes assimilis*, *Agabus arcticus*, *Colymbetes striatus*, *Gyrinus opacus*, *Pycnoglypta lurida*, *Eucnecosum brachypterum*, *Opetiopalpus bicolor*, *Selatosomus melancholicus*, *Psammoporus sabuleti*, *Aphodius melanostictus*, *Chrysolina* cf. *aurichalcea* et *Notaris aethiops*.

Cette importante catégorie d'espèces dont la répartition moderne n'inclut pas la région de Bergerac suggère que les conditions climatiques correspondant à la période de dépôt différaient nettement des conditions actuelles, et qu'elles étaient certainement plus froides.

En matière de paléoclimatologie, les Coléoptères subfossiles s'avèrent être des marqueurs particulièrement précieux car la répartition actuelle de beaucoup d'espèces est étroitement corrélée aux conditions climatiques (Coope, 1994). Des espèces « froides » caractéristiques sur le plan climatique apparaissent à très basse altitude en France pendant les périodes les plus froides de la dernière glaciation (Ponel, 1995). De même, des espèces méditerranéennes thermophiles apparaissent bien au nord de leur aire de répartition actuelle lors des périodes de réchauffement (Coope, 1990). Ces informations permettent de reconstituer avec précision les fluctuations climatiques du passé.

Pour élaborer des reconstitutions climatiques chiffrées basées sur les Coléoptères, une méthode originale, baptisée « Mutual Climatic Range Method », a été mise au point (Atkinson *et al.*, 1986). En accord avec le principe d'actualisme, cette méthode est basée sur la répartition géographique actuelle des espèces identifiées présentes dans un assemblage subfossile et sur les conditions climatiques actuelles correspondant à cette répartition. Dans un premier temps il est nécessaire de dresser une « enveloppe climatique spécifique » pour chacune des espèces de l'assemblage. Cette enveloppe désigne le nuage des points qui correspondent aux stations météorologiques à proximité desquelles une espèce donnée est présente actuellement, les stations météo étant positionnées sur le diagramme en fonction de deux critères :

l'amplitude thermique annuelle et les températures moyennes du mois le plus chaud. Lorsque ce travail a été effectué pour chacune des espèces (ou le plus possible d'espèces) appartenant à l'assemblage subfossile, il suffit de superposer toutes les enveloppes climatiques. L'intersection qui apparaît sous forme d'un petit polygone correspond au « Mutual Climatic Range », que l'on peut traduire par « Aire Climatique Mutuelle », et qui correspond aux conditions climatiques sous lesquelles les espèces de l'assemblage subfossile ont vécu ensemble. Il suffit de reporter les coordonnées de ce petit polygone sur les deux axes du diagramme pour obtenir une estimation chiffrée de l'amplitude thermique annuelle et des températures moyennes du mois le plus chaud.

Dans la séquence de La Brunetière, 40 taxons sur un total de 204 sont inclus dans la base de données « BugsMCR » (Buckland & Buckland, 2006). Le calcul des valeurs de TMax et TMin pour chaque échantillon est indiqué figure 17 (Mutual Climatic Range Method). Les valeurs de TMax (températures moyennes de juillet) sont assez stables même si un réchauffement est perceptible sur les 4 premiers assemblages de la séquence. Les températures se stabilisent ensuite entre 15 °C et 20 °C. Les valeurs de TMin (températures moyennes de janvier) paraissent très faibles puisqu'elles sont presque toutes comprises entre -20 °C et 5 °C. Ces valeurs évoquent des températures estivales un peu plus faibles que l'actuel (20,5 °C en moyenne pour le mois de juillet sur la période 1971-2000, données Météo France) et des températures hivernales beaucoup plus basses que l'actuel (6,5 °C en moyenne pour le mois de janvier), soit une impression de continentalité supérieure à aujourd'hui. Ceci est en accord avec le nombre élevé d'espèces « nordiques » et steppiques froides présentes dans la plupart des assemblages.

## 9 - RESTES DE GRANDE FAUNE

Deux héli-mandibules de boviné ont été récoltées dans l'angle nord de la parcelle étudiée, dans un paléosol argileux développé sur la nappe d'alluvions à galets (fig. 18). Cette position stratigraphique permet de proposer un âge tardiglaciaire ou, éventuellement, tout début Holocène pour ces vestiges. Leur état très fragmentaire atteste de la mauvaise conservation des ossements dont le plus grand fragment mesure 6 cm de long sur 2 cm de large. Pour les deux échantillons, les os présents appartiennent à une portion de la partie horizontale de la mandibule : la branche verticale soit n'a pas été ramassée, soit, plus vraisemblablement, n'a pas été conservée, l'os y étant plus fragile.

La « mandibule 1 » correspond à une héli-mandibule droite et la « mandibule 2 » à une héli-mandibule gauche. Toutes les dents jugales sont présentes : il s'agit des dents définitives, se composant des trois prémolaires (P2, P3, P4) et des trois molaires (M1, M2, M3). Les dimensions et les degrés d'usures étant strictement équivalents entre les deux rangées dentaires symétriques, il est évident que tous ces vestiges appartiennent

au même individu. Hormis la 1<sup>re</sup> molaire de la « mandibule 1 » toutes les dents ont leur couronne intacte, l'émail ayant permis leur conservation ; les racines sont en revanche absentes ou cassées. L'observation de l'usure occlusale (les P2 et les troisièmes lobes des M3, par exemple, ne sont pas usés) et la hauteur des couronnes permettent de donner un âge approximatif d'environ 3 ans à cet individu.

Chez les grands bovidés, la diagnose sur les os et les dents est souvent difficile, voire rarement possible, entre *Bos* et *Bison*. En ce qui concerne les dents inférieures, les différents auteurs qui se sont penchés sur la question (Stampfli, 1963 ; Delpech, 1984 ; Slott-Moller, 1990) s'accordent pour dire que la 3<sup>e</sup> molaire est celle qui permet le mieux la distinction, en sachant toutefois que les critères choisis ne sont jamais exclusifs d'une espèce. Ici, en dehors de la hauteur de l'ectostylide, plutôt faible

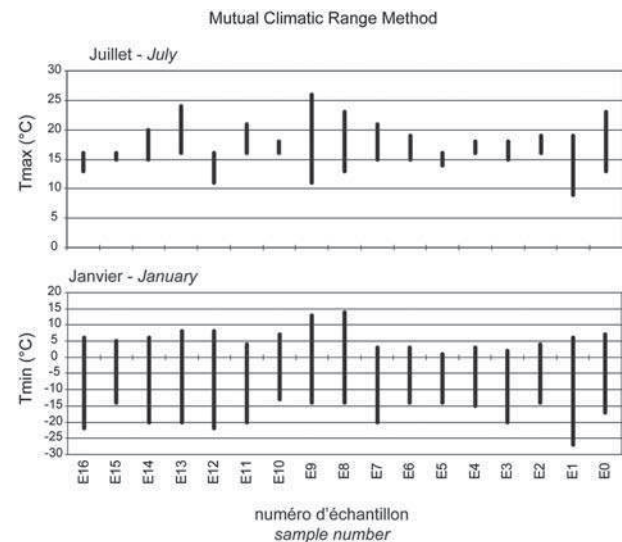


Fig. 17 : Températures moyennes du mois de juillet (Tmax) et du mois de janvier (Tmin) déterminées à partir des assemblages de Coléoptères par la méthode du « Mutual Climatic Range ».

Fig. 17: Mean temperatures of July (Tmax) and January (Tmin) reconstructed from coleopteran assemblages using the Mutual Climatic Range method.



Fig. 18 : Héli-mandibule d'aurochs, très fragmentée en place par les phénomènes de retrait-gonflement des argiles.

Fig. 18: In situ strongly fragmented hemi-mandible of Aurochs.

(38 mm), et de l'absence d'épine interlobaire entre les 2<sup>e</sup> et 3<sup>e</sup> lobes qui se retrouvent plus souvent chez le bison, les autres caractères décrits ci-après sont plus fréquents chez l'aurochs :

- gouttière linguale profonde et étroite, se terminant en ogive vers le collet,
- bord vestibulaire du 1<sup>er</sup> lobe rectiligne,
- diamètre de l'ectostylide mince,
- lobe distal nettement en retrait du côté lingual par rapport aux deux autres lobes,
- ce même lobe distal s'élargit de la couronne vers le collet.

Ces critères associés, et particulièrement les deux derniers, laissent penser que l'espèce représentée ici est *Bos primigenius*, avec naturellement les réserves qui s'imposent.

## 10 - VESTIGES LITHIQUES

Un niveau archéologique constitué d'un amas de débitage (fig. 19) et d'une concentration plus lâche de pièces a été découvert dans le paléosol (unité [6]) en bordure du chenal tardiglaciaire (sondage T64). Le mobilier récolté représente 1160 silex taillés (silex du Bergeracois), dont environ 800 petits débris de taille (esquilles). Hors petits débris, il s'agit à 85 % de sous-produits du plein débitage laminaire, les fragments de lame constituant presque tout le reste. Les belles lames de plein débitage entières sont exceptionnelles (4 cas), tout autant que les outils (6 à 9 cas) et les nucléus (5 cas).

### 10.1 - TECHNIQUES DE PRODUCTION

Les lames et éclats ont été produits par percussion directe, à l'aide d'un minéral tendre. La technique est attestée par l'association de plusieurs caractères (Pelegrin, 2000 ; Valentin, 2000). Premièrement, les profils des lames sont majoritairement rectilignes, et les lames courbes ou torsées sont généralement très peu cintrées. Deuxièmement, les faces inférieures sont marquées par un cortège de stigmates mixtes. D'abord un bulbe court



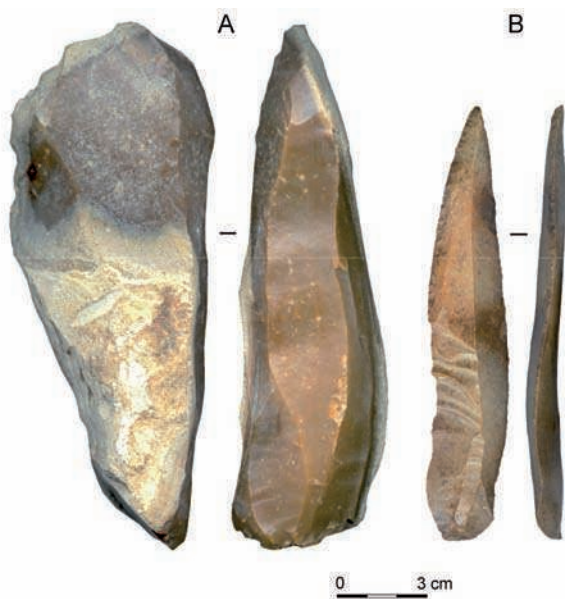
Fig. 19 : Vue générale de l'amas de taille du silex.  
Fig. 19: General view of the flint knapping spot.

et à peine sensible, dont le versant distal est parfois très abrupt. Ensuite des lancettes rayonnant depuis le point d'impact, mais une lèvre assez sensible sur l'angle d'éclatement. Enfin des vaguelettes (principalement) sur plusieurs parties distales à la fois allongées et fines. Troisièmement, la production se singularise surtout par la constance du soin apporté au talon, y compris dans les opérations de mise en forme et maintenance des convexités du nucléus. Le point d'impact est préparé, mais avec une exigence marquée de robustesse. Toutefois beaucoup de produits laminaires de plein débitage s'affranchissent de cette préparation, mais toujours au prix d'une abrasion sévère ou d'une retouche régulière de la corniche. Dans tous les cas, le talon semble préparé de façon à parfaitement « attraper » le percuteur avec un geste rasant. A l'inverse, les éclats de plan de frappe n'ont généralement pas d'autre préparation de l'angle de chasse qu'un facetage du talon. De façon générale, les opérations d'entretien du nucléus sont effectuées avec des gestes plus rentrants, ce qui explique l'existence sur les éclats de stigmates caractéristiques d'un contact dur.

### 10.2 - MÉTHODES DE PRODUCTION

Le cortex est mince, très peu gênant, et les blocs ont été choisis de façon à présenter un allongement naturel qui peut contenir l'allongement d'une table de débitage laminaire. De fait, l'épannelage cortical est intégré aux premières opérations de mise en forme du nucléus, et dans certains cas peut même amorcer directement le plein débitage. Les enlèvements qui modèlent les flancs proviennent soit du plan de frappe principal, soit de la base (ou plan de frappe opposé) ; à ce titre, leur talon reçoit souvent le même soin que pour le plein débitage. Il n'existe dans l'industrie et sur les nucléus aucune trace d'une mise en forme croisée, notamment à l'aide d'une crête latérale. Le traitement du plan de frappe est assez bien documenté. Bien que taillé en percussion rentrante, il ne fait l'objet d'aucun réajustement grossier, ni d'aucune fuite sur les flancs. Le plein débitage est orienté vers la production en séries de deux modules d'objets : des lames très longues, et des lames courtes ou mi-longues. La production de lamelles est résiduelle. Le recours à la crête axiale n'est connu que par 3 lames sous-crête et une crête axiale basale sur le plus grand nucléus laminaire.

La production de lamelles n'est perceptible qu'au travers de quelques produits, dont aucun n'est régulier, et de plusieurs débris proximaux. Il est impossible de savoir si cette production fait l'objet d'une mise en œuvre indépendante (qu'il s'agisse d'une réduction d'un nucléus laminaire ou d'une exploitation directe), ou si les lamelles s'intercalent dans la production laminaire. Les lames courtes entières recueillies ont un allongement compris entre 2,2 et 2,7. Leur profil est rectiligne, sensiblement déformé, souvent un peu torsé dans la partie proximale ou alors légèrement infléchi dans la partie distale. Ce type de lame correspondrait à la production observable sur 2 des nucléus récoltés. Le front de débitage est assez large, légèrement cintré, légèrement



**Fig. 20 : Morphologie comparée du nucléus n°2001 et de la lame magdalénienne appointée n° 2296.**

*Fig. 20: Compared morphology of core #2001 and pointed Magdalenian blade #2296.*

caréné. Il est exploité dans une modalité à dominante unipolaire. Les enlèvements ne sont pas couvrants, ils ont une longueur inconstante; le carénage antipolaire qui marque la partie distale du nucléus présente alors le double avantage de maintenir le plein débitage en l'état et de «nettoyer» les irrégularités scalariformes du front.

La production des lames longues est extrêmement confidentielle: les seuls témoins évidents sont 1 nucléus et 3 lames (dont une grande lame magdalénienne appointée), toutes 5 fois plus longues que larges (fig. 20). Le front du nucléus est très étroit et très allongé (181x52 mm), cintré depuis l'unique plan de frappe. Les flancs et le haut du dos sont corticaux, le bas du dos est aménagé en crête axiale à un pan jusqu'à la base, le plan de frappe est lisse et incliné à 55°. Il a très peu modifié la morphologie initiale du bloc.

### 10.3 - OUTILLAGE

L'outillage est relativement pauvre: 9 cas au maximum (donc 2 à 3 % de l'industrie, esquilles exclues). Les supports sont soit des éléments de fin d'exploitation du nucléus, soit des éléments qu'il est impossible de raccorder aux nucléus abandonnés sur le site (supports introduits?).

Trois outils sont douteux (1 lame à bords usés, 1 lamelle à troncature oblique et 1 débris retouché), 6 sont sûrs: 1 grattoir court à front partiel, 2 épines d'axe (la saillie légère en épine étant définie par la juxtaposition de deux petites encoches clactoniennes directes qui abattent la totalité de l'extrémité distale du support), 1 burin d'axe sur tranchant brut (la partie active de l'outil est marquée par l'usure, mais moins sur le pan de burin qu'en vis-à-vis sur le tranchant brut), 1 lame courte appointée et 1 longue lame magdalénienne appointée (150 mm).

### 10.4 - FONCTION DU SITE

Les remontages révèlent deux faits saillants: d'une part le déficit en lames de plein débitage est très substantiel, d'autre part seuls quelques fragments de la chaîne opératoire subsistent. Si l'on ajoute à cela que le mobilier est relativement rare et qu'il se répartit en amas bien circonscrits, tous les signes d'un gisement élémentaire, témoin d'une brève et unique occupation, semblent réunis.

Aucune déformation de la chaîne opératoire lithique vers la production ou vers la consommation n'est observée. L'occupation n'est donc ni un atelier spécialisé dans la taille du silex, ni un site durable de traitement de la matière organique. Entre ces deux extrêmes, on y verra une halte qui satisfait principalement à des besoins domestiques immédiats, avec un équilibre qui reste à définir entre acquisition, transformation et conditionnement de matière organique.

### 10.5 - PERSPECTIVES CHRONOCULTURELLES

Aucune datation numérique n'est disponible pour le niveau archéologique. Il existe assez peu d'éléments diagnostiques dans l'industrie. La présence des lames appointées focalise toutefois l'attention. De toute évidence support et retouche renvoient au Magdalénien supérieur, surtout pour la plus grande d'entre elles. Le long nucléus laminaire a incontestablement sa place dans un tel faciès, et le reste de l'outillage est assez ubiquiste pour ne pas contrarier ce jugement.

Aucun point de comparaison n'existe au niveau local. Le seul Magdalénien évolué certifié dans le Bergeracois est sensiblement différent: c'est celui de l'Usine Henry à Creysse (Morala, 1989), attribué à un Magdalénien supérieur non tardif. A La Brunetière, l'usage d'un percuteur minéral tendre et la production de petites lames rectilignes évoquent plutôt le stade ultime du Magdalénien supérieur. L'absence conjointe de microlithes et d'outillage osseux ne permet malheureusement pas d'entériner cette attribution chronologique.

Le Magdalénien supérieur en Dordogne se superpose habituellement au Bølling: les dates radiocarbone les plus jeunes pour le Magdalénien supérieur dans son faciès classique sont celles de la Gare de Couze à Lalinde (couches D-G: 12540 ± 75 BP), du Pont d'Ambon à Bourdeilles (12840 ± 220 BP) et de la Madeleine à Tursac (12640 ± 260 BP). Localement, le Magdalénien supérieur périgourdin pourrait s'éterniser dans l'Allerød (une période couverte par l'Azilien), dans un stade dénommé «Magdalénien final» *stricto sensu*. La date de 11730 ± 310 BP obtenue pour la couche C de la Gare-de-Couze (Renard, 1999) a gêné F. Bordes, en dépit d'une cohérence avec les données paléoenvironnementales. Des données identiques ont depuis été récoltées au Moulin-du-Roc à Saint-Chamassy: l'occupation du Magdalénien final est provisoirement datée à 11340 ± 170 BP (Detrain *et al.*, 1996).

## 11 - ÉVOLUTION DE LA DYNAMIQUE ALLUVIALE ET PALÉOENVIRONNEMENTS AU COURS DU TARDIGLACIAIRE ET DU DÉBUT DE L'HOLOCÈNE : DISCUSSION

### – Pléniglaciaire (GS-2)

Une nappe grossière se met en place sur l'ensemble de la vallée. Les faciès correspondent à des dépôts de fond de chenaux à forte compétence ou de barres grossières, associés à un style de rivière à chenaux tressés. Ce style fluvial est typique des cours d'eau des régions montagneuses et périglaciaires dont les berges sont faiblement fixées par la végétation et où la charge solide transportée est élevée, en relation avec de grandes quantités de débris apportés dans le lit par la dynamique de versant. Cette phase d'aggradation de la vallée est antérieure au Bølling d'après les données du radiocarbone et peut donc être rapportée au Pléniglaciaire supérieur. Sur la parcelle des Vaures, une lame en silex bergeracois rapportée au Paléolithique supérieur a été trouvée dans ces graviers à 2,50 m de profondeur (Wozny, 2000) et tend à confirmer l'attribution au Pléniglaciaire supérieur de la nappe alluviale. Une dynamique identique caractérise également l'ensemble des cours d'eau européens en plaine pendant cette période (Bravard, 1992 ; Antoine *et al.*, 2002 ; Kasse *et al.*, 2005 ; Pastre *et al.*, 2002 ; Tebbens *et al.*, 1999). Ces dépôts n'ont malheureusement livré aucune donnée concernant les paléoenvironnements biologiques.

### – Bølling (GI-1e)

Au tout début du Bølling, la nappe de galets est incisée par plusieurs chenaux sur près de deux mètres de profondeur. L'incision marque un déséquilibre entre débit et charge solide disponible dans le lit alluvial, dont le principal moteur est vraisemblablement climatique. D'après les données polliniques, malacologiques et entomologiques, cette métamorphose s'effectue dans un environnement encore peu végétalisé, de type steppe continentale à armoise. Alors que les températures estivales reconstituées à partir des associations d'insectes sont proches de celles que l'on connaît actuellement dans la région, la forêt est encore absente en raison du temps nécessaire à la recolonisation des différents taxons arborés à partir de zones refuges distantes. Une incision comparable d'âge Bølling a également été décrite pour les autres cours d'eau étudiés et montre qu'à l'échelle de toute l'Europe, cet interstade a entraîné une métamorphose fluviale similaire. Contrairement à ce qui a été décrit pour la Meuse (Tebbens *et al.*, 1999) mais en accord avec les conclusions d'Antoine *et al.* (2002) et Pastre *et al.* (2002) pour les bassins de la Somme et de la Seine, le temps de réponse de la rivière aux modifications climatiques apparaît ici très rapide et brutal, le creusement intervenant pendant une phase précoce du Bølling, nettement antérieure au redéploiement de la végétation arborée. Le rôle de la fonte du pergélisol, souvent évoqué pour les cours d'eau d'Europe du nord comme facteur ayant potentiellement influencé le régime hydrique des sols et par conséquent, celui des rivières, reste ici difficile à appréhender. En effet, si l'existence d'un pergélisol dans

une grande partie de l'Aquitaine au cours des phases les plus froides du Pléniglaciaire fait peu de doutes (Texier & Bertran, 1993 ; Texier, 1996, Airvaux *et al.*, 2003 ; Bertran & Fabre, 2005), la situation au cours de la fin du Pléniglaciaire / Dryas ancien reste encore mal documentée. Les données régionales indiquent que cette période est contemporaine d'un développement généralisé de petits réseaux de polygones et de fragipans (*cf.* Van Vliet-Lanoë & Langohr, 1981), mais aucune structure témoignant indiscutablement d'un pergélisol, telles que des pseudomorphoses de coins de glace, n'a encore pu être formellement rapportée à cette phase.

Le chenal est ensuite rapidement abandonné par les écoulements, comme en témoigne son étroitesse et l'absence de figures d'accrétion latérale dans la convexité du méandre. Dans un tel contexte, il est difficile d'imaginer que l'abandon soit lié au recoupement du méandre suite à sa migration latérale ; il faut donc probablement invoquer une avulsion du lit ou sa réduction à un seul chenal actif comme facteur explicatif. Une sédimentation lacustre dominée par la décantation de particules détritiques fines se met alors en place, peut-être favorisée par le soutirage karstique et l'affaissement consécutif du lit. Le lac est d'abord oligotrophe et la sédimentation est essentiellement argileuse. Quelques lamines plus tourbeuses riches en pyrite se déposent ensuite et sont groupés en deux principales occurrences, l'une vers la base du colmatage, l'autre vers le sommet. Les restes de feuilles et les pollens conservés dans ces lits montrent qu'une végétation de cypéracées, de bouleaux nains et de saules s'est développée sur le pourtour du lac, alors que des myriophylles et des potamots colonisaient le plan d'eau. Corrélativement, la faune d'insectes voit le développement rapide d'espèces d'eau dormante et riche en végétation, notamment d'espèces phytophages. Latéralement, sur les berges sableuses, un sol hydromorphe à gley associé à une cariçaie s'est formé. Les indications dérivées de la composition de la flore hygrophile montrent qu'à certains moments du Bølling, la lame d'eau a vraisemblablement atteint plus d'un mètre dans le lac, tandis qu'à d'autres moments, son assèchement partiel a permis le développement d'une végétation d'hélophytes. Il est intéressant de remarquer que les fluctuations lithologiques suivent assez fidèlement les variations décelées par l'analyse des cortèges polliniques et malacologiques. L'intervalle argileux médian, compris entre deux niveaux tourbeux, serait ainsi corrélé avec une diminution importante de l'épaisseur de la lame d'eau, indiquée par le développement des pigamons aux dépens des plantes aquatiques et par une augmentation des mollusques, signe d'une meilleure oxygénation du milieu. Globalement cependant, l'augmentation de la végétation palustre aux dépens des plantes strictement aquatiques indique le colmatage progressif du lac. Ce phénomène se reflète également bien dans la faune d'insectes. En ce qui concerne la faune de mollusques, les associations sont encore fortement marquées par un héritage d'espèces caractéristiques du Pléniglaciaire et correspondant à des paysages ouverts et assez humides, parallèlement à la présence d'espèces pionnières indica-

trices d'une amélioration des températures (*Trochoidea geyeri* et *Succinella oblonga*).

Les vestiges paléolithiques, qui témoignent probablement d'une courte et unique halte en bordure d'un bras du Caudeau, correspondent à un Magdalénien supérieur et se situent vraisemblablement pendant cette phase.

#### – *Dryas moyen (GI-1d)* ?

Une reprise des écoulements se produit ensuite et met en place une épaisse couche de sables lités. Cette couche est constante sur toute la largeur du chenal et semble correspondre à un nappage généralisé suite à une ou plusieurs crues de grande ampleur. Dans la mesure où aucune surface d'érosion claire ne s'interpose entre dépôts lacustres et sables d'inondation, la date obtenue pour le sommet des niveaux tourbeux est supposée comme précédant de peu la mise en place des sables. Cette date indiquant la fin du Bølling, on retiendra comme première hypothèse un âge *Dryas* moyen pour les dépôts de crue. Une telle attribution n'est pas en désaccord avec les données polliniques, qui enregistrent le début d'une dégradation climatique dans la partie terminale des dépôts lacustres, marquée par la régression des essences arborées au profit des herbacées steppiques, et avec les faunes de mollusques, caractérisée par l'espèce boréo-alpine *Columella columella*. L'impact de ce court stade froid sur la dynamique fluviale n'a fait l'objet que d'observations limitées en Europe. Néanmoins, comme à la Brunetière, certaines séquences de la moitié nord de la France telle que Conty (bassin hydrographique de la Somme : Antoine *et al.*, 2002 ; Limondin-Lozouet *et al.*, 2002) montrent la mise en place dans les chenaux du Bølling de sédiments limoneux de débordement alimentés par des apports détritiques provenant des versants crayeux. Cet épisode correspondrait donc à une courte crise morphogénétique marquée à la fois sur les versants et dans les cours d'eau, qui s'est essentiellement traduite pour ces derniers par des crues exceptionnelles. Il est possible que ces crues soient en relation avec un régime hydrologique plus fortement influencé par la fonte des neiges.

#### – *Allerød (GI-1c/b/a)* et *Dryas récent (GS-1)* ?

Sur les sables, se développe un sol hydromorphe à gley, qu'aucun élément ne permet malheureusement de dater. Ce sol indique un assèchement du chenal et peut être rapporté en première approche à l'*Allerød*, par analogie avec les séquences connues ailleurs. Il est difficile de déterminer ici la part relative due aux fluctuations du niveau de la nappe phréatique et au colmatage sédimentaire pour expliquer cet assèchement. Dans le bassin de la Somme (Antoine *et al.*, 2002), l'*Allerød*, qui s'accompagne de la phytostabilisation des berges des cours d'eau et du développement généralisé de sols, serait associé à une tendance à l'assèchement des vallées, bien marqué dans les malacofaunes. La séquence du marais de Dourges dans le nord de la France (Deschodt *et al.*, 2005) montre également un épisode lacustre principal d'âge Bølling, tandis que l'*Allerød* correspondrait à une phase de plus bas niveau, en relation avec un abaissement des nappes phréatiques.

Aucun dépôt n'a pu être clairement attribué au *Dryas* récent, période qui est en revanche souvent bien marquée dans la morphogenèse alluviale du nord de la France. On peut supposer que ce hiatus sédimentaire est dû (i) soit à une absence de dépôt dans le chenal analysé, les crues n'ayant pas atteint une côte suffisante pour inonder ce secteur ou le chenal actif s'en étant éloigné ; le paléosol hydromorphe présumé Allerød pourrait alors représenter le bilan pédosédimentaire de l'ensemble de la fin du Tardiglaciaire, (ii) soit à une érosion ultérieure liée à la morphogenèse holocène. Une hypothèse alternative serait de considérer que les argiles et tourbes Bølling [8] soient séparées des sables sus-jacents par un hiatus sédimentaire non identifié sur le terrain en l'absence de discordance angulaire entre les couches, les sables [7] représentant alors le *Dryas* récent. Comme précédemment indiqué, les faunes de mollusques trouvées dans l'unité [7] ne permettent pas de privilégier clairement l'une ou l'autre des attributions chronologiques.

#### – *Holocène*

Une deuxième phase majeure d'incision se produit au début de l'Holocène. Le colmatage des chenaux Bølling n'étant pas achevé à la fin du Tardiglaciaire, il semble que l'incision ait en grande partie repris le tracé des dépressions qui subsistaient encore dans la plaine. Ceci explique vraisemblablement pourquoi les témoins de la morphogenèse tardiglaciaire sont si peu abondants et réduits à des lambeaux préservés de manière très locale. Les données chronologiques recueillies sur le site de La Brunetière ne permettent pas d'assigner un âge précis à l'incision, si ce n'est qu'elle est antérieure au Boréal d'après les cortèges polliniques obtenus à la base du comblement argileux organique. Dans l'état actuel des connaissances, il y a peu de raisons de penser que cette métamorphose n'ait pas été synchronisée de celle enregistrée dans toutes les autres rivières d'Europe au début du Préboréal, qui correspond à une période de réajustement des lits et d'incision comparable à celle du Bølling. Contrairement à ce qui a été observé pour le Tardiglaciaire, le chenal connaît ensuite une phase d'équilibre, marquée par une migration latérale progressive des méandres et la constitution de barres sableuses dans les convexités. Cette phase pourrait couvrir l'ensemble du Préboréal. La grande similarité du colmatage des nombreux chenaux holocènes mis en évidence par les sondages sur la parcelle étudiée, avec notamment la présence de niveaux rubéfiés repères toujours situés environ à mi-hauteur des niveaux d'argile organique, et les données polliniques préliminaires obtenues sur la parcelle des Vaures (Leroyer & Tixier, *in* Wozny, 2000), suggère que l'âge de la majorité des chenaux est approximativement identique et qu'ils correspondent à une phase particulière de l'évolution du cours d'eau. Un modèle de rivière à chenaux anastomosés (Smith, 1983 ; Nanson & Knighton, 1996) peut être proposé pour rendre compte du fonctionnement apparemment simultané des différents chenaux, plutôt qu'un modèle classique de rivière à méandres soumise à des avulsions sporadiques au cours du temps. Cette phase d'évolution, qui reste à confirmer en multipliant les data-

tions numériques, n'est pas propre au Caudeau mais a été également évoquée pour la Dordogne dans le secteur de Bergerac, où tous les éléments chronologiques (radiocarbone, palynologie) obtenus à la base des colmatages argileux qui marquent l'abandon des chenaux par les écoulements indiquent un âge Boréal (Fouéré, 1998; Bertran *et al.*, 2004). Ce type de configuration correspond à un régime de transition entre les rivières à chenaux tressés et les rivières à chenal unique et sinueux comme le Caudeau actuel. Toutes les rivières anastomosées actuelles partagent entre elles une forte variabilité du régime hydrologique et une faible érodabilité des berges. Dans le contexte du tout début de l'Holocène, il est possible que les embâcles de glace au printemps aient joué un rôle important dans cette dynamique, sur le modèle de ce qui a été observé pour certaines rivières de Sibérie et du Yukon (Forbes, 1983; Gautier & Costard, 2000). La pente longitudinale relativement élevée du Caudeau est également un facteur favorable.

A partir du Boréal, le chenal étudié est abandonné par les écoulements, suite à son recoupement ou à la réduction du lit à un seul chenal actif, et un colmatage détritique fin et organique se met en place. Les cortèges polliniques renvoient l'image de boisements clairs à pin et noisetier, tandis qu'une végétation amphibie à massettes et rubaniers se développe dans le chenal. Aucun niveau réellement tourbeux n'a été observé et la composante détritique indique une contribution significative des dépôts de débordement de la rivière dans la sédimentation. L'accrétion de la plaine par les dépôts de crue puis par les colluvions issues des versants s'est poursuivie jusqu'à l'époque actuelle et les terrasses pléniglaciaire et tardiglaciaire ont été totalement ennoyées sous les dépôts récents.

## 12 - CONCLUSIONS

L'étude de la séquence alluviale de La Brunetière apporte pour la première fois des éléments précis sur l'évolution des cours d'eau d'Aquitaine et sur les paléoenvironnements biologiques pendant la période charnière du Tardiglaciaire et du début de l'Holocène. Elle montre en particulier que les principales phases de métamorphose alluviale initialement décrites dans les pays d'Europe du nord et dans le nord de la France se sont également produites en Aquitaine de manière à peu près synchrone, pour autant que l'on puisse en juger d'après les dates disponibles. Deux phases majeures d'incision sont identifiables. La première intervient au début du Bølling, dans un environnement de steppe continentale. La date de  $12\,700 \pm 40$  BP obtenue à la base du colmatage argileux lacustre, qui marque l'abandon du chenal par les écoulements fluviaux, est parmi les plus anciennes connues pour ce type de contexte. La seconde phase d'incision est attribuée au Préboréal; elle est probablement associée à un style alluvial de transition entre un lit en tresses et un lit à chenal unique sinueux. L'abandon du chenal pendant le Boréal marque probablement la réduction du lit à un chenal unique, comparable à celui qui caractérise le Caudeau actuel.

Cette étude documente également pour la première fois en Aquitaine le paysage végétal et les faunes de mollusques et d'insectes au cours du Bølling. Cette période, qui correspond d'un point de vue culturel au Magdalénien supérieur, apparaît ainsi caractérisée par un paysage de steppe à armoise, avec peu de ligneux à l'exception du genévrier sur les versants, ainsi que du bouleau nain et du saule en bordure du cours d'eau. Les malacofaunes sont représentées par des espèces héritées du Pléniglaciaire, indiquant un environnement ouvert et relativement humide, et associées à des taxons plus thermophiles, avec parmi eux *Trochoidea geyeri*, inconnu avant l'Allerød dans le nord de la France. Au côté des nombreuses espèces palustres, les insectes sont également représentés par l'absence d'espèces xylophages associées à des essences autres que le saule et par la présence d'espèces liées aux prairies et aux pelouses rases ou aux landes à bruyères. Cette association d'espèces suggère que le climat était caractérisé par des températures hivernales sensiblement plus froides que les actuelles, soit entre  $-20$  et  $5$  °C, mais des températures estivales proches des valeurs actuelles, comprises entre  $15$  et  $20$  °C. D'une manière générale, les environnements reconstitués ne diffèrent pas sensiblement de ceux connus pour la même époque dans le nord de la France.

## REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée par la communauté urbaine de Bergerac. Nous remercions particulièrement D. Barraud et O. Ferullo (Service Régional de l'Archéologie d'Aquitaine) pour leur soutien. De nombreux collègues entomologistes ont participé aux identifications des restes de Coléoptères: Patrice Bordat (Scarabaeidae), Jean-Claude Bourdonné (genre *Chrysolina*), Jacques Coulon (Carabidae) et Pierre Jolivet (genre *Timarcha*). Nous remercions également J.P. Coutard et J.F. Pastre pour leurs remarques sur le manuscrit.

## RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- AMMANN B., LOTTER A.F., EICHER U., GAILLARD M.J., WOHLFART B., HAEBERLI W., LISTER G., MAISCH M., NIESSEN F., & SCHLÜCHTER C., 1994 - The Würmian Late-glacial in Lowland Switzerland. *Journal of Quaternary Science*, **9**, 119-125.
- ANTOINE P., 1997 - Modifications des systèmes fluviaux à la transition Pléniglaciaire-Tardiglaciaire et à l'Holocène: l'exemple du bassin de la Somme (Nord de la France). *Géographie Physique et Quaternaire*, **51** (1), 93-106.
- ANTOINE P., MUNAUT A.V., LIMONDIN-LOZOUET N., PONEL P., & FAGNART J.P., 2002 - Réponse des milieux de fond de vallée aux variations climatiques (Tardiglaciaire et début de l'Holocène) d'après les données du bassin de la Selle (Nord de la France). Processus et bilans sédimentaires. In J.P. Bravard & M. Magny (eds.), *Les fleuves ont une histoire. Paléoenvironnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*. Editions Errance, Paris, 15-27.
- AIRVAUX J., BERTHET A.L., & CASTEL J.C., 2003 - Le gisement aurignacien de Chez-Pinaud 2 à Jonzac, Charente-Maritime. *Préhistoire du Sud-Ouest*, **10** (2), 25-75.
- ATKINSON T.C., BRIFFA K.R., COOPE G.R., JOACHIM J.M., & PERRY D.W., 1986 - Climatic calibration of coleopteran data. *In*



- B.E. Berglund (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. J. Wiley & Son, Chichester, 851-858.
- BUCKLAND P.I., & BUCKLAND P.C., 2006** - Bugs Coleopteran Ecology Package (Versions: BugsCEP v7.63; Bugsdata v7.11; BugsMCR v2.02; BugStats v1.22) [Downloaded June 2008] www.bugscep.com.
- BAIZE D., & GIRARD M.C., 1995** - *Référentiel pédologique*. INRA, Paris, 332 p.
- BEAULIEU DE J.-L., ANDRIEU V., PONEL P., REILLE M., & LOWE J.J., 1994** - The Weichselian Late-glacial in southwestern Europe (Iberian Peninsula, Pyrenees, Massif Central, northern Apennines). *Journal of Quaternary Science*, 9 (2), 101-107.
- BÉGEOT C., RICHARD H., RUFFALDI P., & BOSSUET G., 2000** - Enregistrements polliniques des changements climatiques de l'Interstade Bølling/Allerød dans l'Est de la France. *Bulletin de la Société Géologique de France*, 171 (1), 51-58.
- BERTRAN P., BROCHIER J.E., COSTE M.V., & MARTINAUD M., 2004** - Pineuilh - La Motte. *Etude géoarchéologique*. Rapport non publié, INRAP Grand Sud-Ouest, Pessac, 51 p.
- BERTRAN P., & FABRE R., 2005** - Pleistocene cryostructures and landslide at Petit-Bost (southwestern France, 45°N). *Geomorphology*, 71, 344-356.
- BRAVARD J.P., 1992** - Les rythmes d'évolution morphologique des vallées françaises au Tardiglaciaire et à l'Holocène. *Bulletin des Géographes Français*, 3, 207-223.
- BRIANT R.M., COOPE G.R., PREECE R.C., KEEN D.H., BOREHAM S., GRIFFITHS H.I., SEDDON M.B., & GIBBARD P.L., 2004** - Fluvial system response to Late Devensian (Weichselian) aridity, Baston, Lincolnshire, England. *Journal of Quaternary Science*, 19 (5), 479-495.
- COOPE G.R., 1986** - Coleoptera analysis. In B.E. Berglund (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*. Wiley & Sons, Chichester, 703-713.
- COOPE G.R., 1990** - The invasion of Northern Europe during the Pleistocene by Mediterranean species of Coleoptera. In F. di Castri, A.J. Hansen & M. Debussche (eds.), *Biological Invasions in Europe and the Mediterranean Basin*. Kluwer, Dordrecht, 203-215.
- COOPE G.R., 1994** - The response of insect faunas to glacial - interglacial climatic fluctuations. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, B344, 19-26.
- COOPE G.R., LEMDAHL G., LOWE J.J., & WALKLING A., 1998** - Temperature gradients in northern Europe during the last glacial-Holocene transition (14 - 9 <sup>14</sup>C kyr BP) interpreted from coleopteran assemblages. *Journal of Quaternary Science*, 13, 419-433.
- COSTE H., 1937** - *Flore descriptive et illustrée de la France, de la Corse et des contrées limitrophes*. Librairie Scientifique et Technique, 1<sup>re</sup> édition, 2<sup>e</sup> tirage, 3 vol., 1850 p.
- DAUGUET P., 1949** - *Les Coccinellini de France*. Éditions de L'Entomologiste, Paris, 46 p.
- DELPECH F., 1984** - La Ferrassie. Carnivores, Artiodactyles et Périssodactyles. In H. Delporte (ed.), *Le grand abri de La Ferrassie. Fouilles 1968 - 1973. Etudes Quaternaires*. I.P.H., Paris, mémoire 7, 61-89.
- DELPY D., 2000** - À propos de *Psammoporus sabuleti* Panzer (Coleoptera Scarabaeoidea Aegialiidae). *Le Coléoptériste*, 38, 17-18.
- DESCHODT L., TEHEUX E., LANTOINE J., AUGUSTE P., & LIMONDIN-LOZOUET N., 2005** - L'enregistrement tardiglaciaire de Dourges (Nord de la France, bassin de la Deûle) : évolution d'une zone lacustre et gisements archéologiques associés. *Quaternaire*, 16 (3), 229-252.
- DETRAIN L., GUILLON M., KERVAZO B., MADELAINE S., MORALA A., & TURQ A., 1996** - Le Moulin-du-Roc à Saint-Chamassy (Dordogne) : résultats préliminaires. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 93 (1), 43-48.
- DUBREUILH J., 1984** - *Carte géologique de la France à 1/50 000*, feuille de Sainte-Foy-la-Grande, BRGM, Orléans.
- FORBES L., 1983** - Morphology and sedimentology of a sinuous gravel bed channel system: Lower Babbage river, Yukon coastal plain, Canada. *Modern and ancient fluvial systems*, International Association of Sedimentologists, Special Publication, 6, 195-206.
- FOUÉRÉ P., 1998** - *Les Gilets*. Document Final de Synthèse, INRAP Grand Sud-Ouest, Pessac, 230 p.
- GAUTIER E. & COSTARD F., 2000** - Les systèmes fluviaux à chenaux anastomosés en milieu périglaciaire: la Léna et ses principaux affluents (Sibérie centrale). *Géographie Physique et Quaternaire*, 54 (3), 327-342.
- HAVINGA A.J., 1984** - A 20-years experimental investigation into the differential corrosion susceptibility of pollen and spores in various soil types. *Pollen et Spores*, XXVI (3-4), 541-558.
- HOEK W., BOHNCKE S.J.P., GANSSSEN G.M., & MEIJER T., 1999** - Lateglacial environmental changes recorded in calcareous gyttja deposits at Gulickshof, southern Netherlands. *Boreas*, 28, 416-432.
- HOEK W.Z., & BOHNCKE S.J.P., 2001** - Oxygen-isotope wiggle matching as a tool for synchronising ice-core and terrestrial records over Termination 1. *Quaternary Science Reviews*, 20, 1251-1264.
- HOFFMANN A., 1954** - Coléoptères Curculionides 2, Faune de France 59. *Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles*, Paris, 487-1208.
- HOFFMANN A., 1958** - Coléoptères Curculionides 3, Faune de France 62. *Fédération Française des Sociétés de Sciences Naturelles*, Paris, 1209-1839.
- HUGHEN K.A., OVERPECK J.T., PETERSON L.C., & TRUMBORE S., 1996** - Rapid climate changes in the tropical Atlantic region during the last deglaciation. *Nature*, 380, 51-53.
- HUISINK M., 1997** - Late-glacial sedimentological and morphological changes in a lowland river in response to climatic change: the Maas, southern Netherlands. *Journal of Quaternary Science*, 12 (3), 209-223.
- JONES R.T., MARSHALL J.D., CROWLEY S.F., BEDFORD A., RICHARDSON N., BLOEMENDAL J., & OLDFIELD F., 2002** - A high resolution, multiproxy Late-glacial record of climate change and intrasystem responses in northwest England. *Journal of Quaternary Science*, 17 (4), 329-340.
- KASSE C., HOEK W.Z., BOHNCKE J.P., KONERT M., WEIJERS J.W.H., CASSEE M.L., & VAN DER ZEE R.M., 2005** - Late Glacial fluvial response of the Niers-Rhine (Western Germany) to climate and vegetation change. *Journal of Quaternary Science*, 20 (4), 377-394.
- KERNEY M.P., 1971** - A Middle Weichselian Deposit at Halling, Kent. *Proceedings of the Geologists' Association*, 82, 1-11.
- KERNEY M.P., & CAMERON R.A.D., 1979** - *A field guide to the land snails of Britain and North-west Europe*. Collins, London, 288 p.
- KERNEY M.P., CAMERON R.A.D., & JUNGBLUTH J.H., 1983** - *Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas*. Paul Parey, Hamburg und Berlin, 384 p.
- KOCH K., 1989-1992** - *Die Käfer Mitteleuropas, Ökologie 1, 2, 3*. Goecke & Evers, Krefeld, 440, 382 et 389 p.
- LEROYER C., 1997** - *Homme, Climat, Végétation au Tardi-et-Post-glaciaire dans le Bassin parisien: apports de l'étude palynologique des fonds de vallée*. Thèse de Doctorat, Université de Paris I, 786 p.
- LEROYER C., & ALLENET G., 2002** - L'enregistrement pollinique du Tardiglaciaire dans le centre du Bassin Parisien. In *Habitats et peuplements tardiglaciaires du Bassin parisien*, Rapport non publié, Service Régional de l'Archéologie d'Ile-de-France, 35-53.
- LEROYER C., ALLENET G., & CHAUSSÉ C., 2005** - Nouveaux éléments pour le séquençage tardiglaciaire du Bassin de Paris: l'exemple de Bazoches-lès-Bray (77). In *Habitats et peuplements tardiglaciaires du Bassin parisien*, Rapport non publié, Service Régional de l'Archéologie d'Ile-de-France, 18 p.
- LEROYER C., FOUÉRÉ P., REYNET J.-M., TIXIER C., & ALLENET G., 2006** - Les relations Homme-milieu dans le bassin moyen de la Dronne. In P. Fouéré, C. Chevillot, P. Courtaud, O. Ferullo & C. Leroyer (dir.), *Paysages et peuplements, aspects culturels et chronologiques*. Actes des 6<sup>èmes</sup> Rencontres Méridionales de Préhistoire Récente, Périgueux 2004, Préhistoire du Sud-Ouest / ADRAPI, 33-54.
- LESEIGNEUR L., 1972** - *Coléoptères Elateridae de la faune de France continentale et de Corse*. Supplément au Bulletin de la Société Linnéenne de Lyon, Lyon, 381 p.
- LEWIN J., MACKLIN M.G., & JOHNSTONE E., 2005** - Interpreting alluvial archives: sedimentological factors in the British Holocene record. *Quaternary Science Reviews*, 24 (16-17), 1873-1889
- LIMONDIN N., 1995** - Late-Glacial and Holocene Malacofaunas from Archaeological Sites in the Somme Valley (North France). *Journal of Archaeological Science*, 22, 683-698.
- LIMONDIN-LOZOUET N., 2002** - Impact des oscillations climatiques du Tardiglaciaire sur l'évolution des malacofaunes de fonds de vallée en Europe du Nord-Ouest. In H. Richard et A. Vignot (dir.), *Equilibres et Ruptures des écosystèmes durant les 20 derniers millénaires en Europe de l'Ouest*. Actes du Colloque international de Besançon, septembre 2000, Presses Universitaires Franc-Comtoises, 3, 45-51.
- LIMONDIN-LOZOUET N., & ANTOINE P., 2001** - Palaeoenvironmental changes inferred from malacofaunas in the Lateglacial and Early Holocene fluvial sequence at Conty (Northern France). *Boreas*, 30, 148-164.
- LIMONDIN-LOZOUET N., BRIDAULT A., LEROYER C., PONEL P., ANTOINE P., CHAUSSÉ C., MUNAUT A.V., & PASTRE J.F., 2002** - Evolution des écosystèmes de fond de vallée

- en France septentrionale au cours du Tardiglaciaire : l'apport des indicateurs biologiques. In J.P. Bravard & M. Magny (eds.), *Les fleuves ont une histoire. Paléoenvironnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*. Editions Errance, Paris, 45-62.
- LIMONDIN-LOZOUET N., & GAUTHIER A., 2003** - Biocénoses pléistocènes des séquences loessiques de Villiers-Adam (Val d'Oise, France) : études malacologiques et palynologiques. *Quaternaire*, **14** (4), 237-252.
- LINDROTH C.H., 1985-1986** - *The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark, Fauna Entomologica Scandinavica 15*. Brill, Scandinavian Science Press, Leiden-Copenhagen, 497 p.
- LOWE J.J., RASMUSSEN S.O., BJÖRK S., HOEK W.Z., STEFFENSEN J.P., WALKER M.J.C., YU Z.C., & THE INTIMATE GROUP, 2008** - Synchronisation of palaeoenvironmental events in the North Atlantic region during the Last Termination: a revised protocol recommended by the INTIMATE group. *Quaternary Science Reviews*, **27**, 6-17.
- MAGNIN F., 1989** - Les distributions pléistocène et actuelle de *Trochoidea (XeroCLAUSA) geayeri* (Soós, 1926) (Gastropoda, Helicidae) dans le Sud-Est de la France : un exemple de disjonction d'aire liée au réchauffement post-glaciaire. *Bulletin de la Société Géologique de France*, **8** (4), 779-786.
- MIALL A.D., 1996** - *The geology of fluvial deposits. Sedimentary facies, basin analysis, and petroleum geology*. Springer, Berlin, 582 p.
- MOL J., VANDENBERGHE J., & KASSE C., 2000** - River response to variations of periglacial climate in mid-latitude Europe. *Geomorphology*, **33**, 131-148.
- MORALA A., 1989** - Un site magdalénien supérieur de plein air en Bergeracois : Usine Henry, Creysse (Dordogne). *Le Peuplement Magdalénien : paléogéographie physique et humaine*. Colloque de Chancelade, 10-15 octobre 1988, Ed. du CHTS, 235-246.
- NANSON G.C., & KNIGHTON A.D., 1996** - Anabranching rivers: their cause, character and classification. *Earth Surface Processes and Landforms*, **21**, 217-239.
- PASTRE J.-F., LEROYER C., LIMONDIN-LOZOUET N., CHAUSSÉ C., FONTUGNE M., GEBHARDT A., HATTÉ C., & KRIER V., 2000** - Le Tardiglaciaire des fonds de vallée du Bassin Parisien (France). *Quaternaire*, **11** (2), 107-122.
- PASTRE J.-F., LIMONDIN-LOZOUET N., GEBHARDT A., LEROYER C., FONTUGNE M., & KRIER V., 2001** - Lateglacial and Holocene fluvial records from the central part of the Paris Basin (France). In D. Maddy, M.G. Macklin & J. Woodward (eds.), *River basin sediment systems: archives of environmental change*. Balkema, Rotterdam, 357-373.
- PASTRE J.-F., LEROYER C., LIMONDIN-LOZOUET N., ORTH P., CHAUSSÉ C., FONTUGNE M., GAUTHIER A., KUNESH S., LE JEUNE Y., & SAAD M.C., 2002** - Variations paléoenvironnementales et paléohydrologiques durant les 15 derniers millénaires : les réponses morphosédimentaires des vallées du Bassin Parisien (France). In J.P. Bravard & M. Magny (eds.), *Les fleuves ont une histoire. Paléoenvironnement des rivières et des lacs français depuis 15 000 ans*. Editions Errance, Paris, 29-44.
- PASTRE J.-F., LIMONDIN-LOZOUET N., LEROYER C., PONEL P., & FONTUGNE M., 2003** - River system evolution and environmental changes during the Lateglacial in the Paris Basin (France). *Quaternary Science Reviews*, **22**, 2177-2188.
- PELEGRIN J., 2000** - Les techniques de débitage laminaire au Tardiglaciaire : critères de diagnose et quelques réflexions. *L'Europe centrale et septentrionale au Tardiglaciaire*, Mémoires du Musée de Préhistoire d'Ile-de-France, **7**, 73-86.
- PLATIA G., 1994** - *Coleoptera Elateridae, Fauna d'Italia 33*. Calderini, Bologna, 429 p.
- PONEL P., 1995** - Rissian, Eemian and Würmian Coleoptera assemblages from La Grande Pile (Vosges, France). *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **114**, 1-41.
- PONEL P., COOPE G.R., ANTOINE P., LIMONDIN-LOZOUET N., LEROYER C., MUNAUT A.-V., PASTRE J.-F., & GUITER F., 2005** - Late-Glacial palaeoenvironments and palaeoclimates from Conty and Houdancourt, Northern France, reconstructed from beetle remains. *Quaternary Science Reviews*, **24**, 2449-2465.
- PRECE R.C., & BRIDGLAND D.R., 1999** - Holywell Coombe, Folkestone: a 13,000 year history of an English Chalkland Valley. *Quaternary Science Reviews*, **18**, 1075-1125.
- PUISSÉGUR J.J., 1976** - *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne*. Doin, Paris, 241 p.
- RAMEAU J.-C., MANSION D., & DUME G., 1989** - *Flore forestière française : guide écologique illustré. T. 1 : Plaines et collines*. Paris, Institut pour le Développement Forestier, 1785 p.
- RAMEAU J.-C., MANSION D., & DUME G., 1993** - *Flore forestière française : guide écologique illustré. T. 2 : Montagnes*. Paris, Institut pour le Développement Forestier, 2421 p.
- REILLE M., 1990** - *Leçons de Palynologie et d'analyse pollinique*. Paris, CNRS, 206 p.
- RENARD C., 1999** - *La fin du Magdalénien en Périgord : analyse typotechnologique de l'industrie de la couche C de Gare-de-Couze (Lalinde, Dordogne)*. Mémoire de Maîtrise, Université Paris X Nanterre, Département d'Ethnologie et de Sociologie Comparative.
- REVEL J.C., 1982** - *Formation des sols sur marnes, étude d'une chronoséquence et d'une toposéquence complexe dans le Terrefort toulousain*. Thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier et Institut National Polytechnique de Toulouse, 250 p.
- RICHARD H. & BÉGEOT C., 2000** - Le Tardiglaciaire du Massif jurassien : bilan et perspectives de recherche. *Quaternaire*, **11** (2), 145-154.
- RICHOUX P., BRUSTEL H., VALEMBERG J., & NEID J., 2000** - *Coleoptera : Paussidae, Cicindelidae, Rhysodidae, Cleridae*. Catalogue permanent de l'entomofaune française, fasc. **4**, 28 p.
- ROUSSEAU D.D., & KEEN D.H., 1989** - Malacological records from the Upper Pleistocene at Portelet (Jersey, Channel Islands): comparisons with western and central Europe. *Boreas*, **18**, 61-66.
- SLOTT-MOLLER R., 1990** - La faune de La Borde. In J. Jaubert, M. Lorblanchet, H. Laville, R. Slott-Moller, A. Turq & J.-P. Brugal (eds.), *Les chasseurs d'Aurochs de La Borde*. D.A.F. Editions de la Maison des Sciences de l'Homme, Paris, 33-68.
- SMITH D.G., 1983** - Anastomosed fluvial deposits: modern examples from Western Canada. *Special Publication of the International Association of Sedimentologists*, Blackwell Scientific Publications, **6**, 155-168.
- STAMPFLI H. R., 1963** - Wisent, Ur und Hausrind. In J. Boessneck, J.P. Jéquier & H.R. Stampfli (eds.), *Seeberg, burgäschisee Sud. Die Tierreste*. Acta Bernensia, **2**, fasc. 3, Berne, 215 p.
- STUIVER M., GROOTES P.M., & BRAZIUNAS T.F., 1995** - The GISP2 d18O climate record of the past 16,500 years and the role of sun, ocean, and volcanoes. *Quaternary Research*, **44**, 341-354.
- TEBBENS L.A., VELDKAMP A., WESTERHOFF W., & KROONENBERG S.B., 1999** - Fluvial incision and channel downcutting as a response to Late-glacial and Early Holocene climate change: the lower reach of the river Meuse (Maas), The Netherlands. *Journal of Quaternary Science*, **14** (1), 59-75.
- TEXIER J.P., 1996** - Présence d'un réseau de grands polygones au sud de l'estuaire de la Gironde (France) : interprétation et implications paléoclimatiques. *Géographie Physique et Quaternaire*, **50** (1), 103-108.
- TEXIER J.P., & BERTRAN P., 1993** - Données nouvelles sur la présence d'un pergélisol en Aquitaine au cours des dernières glaciations. *Permafrost and Periglacial Processes*, **4**, 183-198.
- TIXIER C., 2001** - *Évolution de la végétation durant le Tardi- et le Postglaciaire en Dordogne*, Mémoire E.H.E.S.S., Toulouse, 91 p.
- TIXIER C., & LEROYER C., 2004** - Test pollinique. In F. Casagrande (dir), *Bergerac « Pontbonne / la Brunetière Sud*. Rapport de diagnostic archéologique. INRAP, Pessac, 16.
- VALENTIN B., 2000** - L'usage des perceuteurs en pierre tendre pour le débitage de lames. Circonstances de quelques innovations au cours du Tardiglaciaire dans le Bassin Parisien. *Le Paléolithique supérieur récent : nouvelles données sur le peuplement et l'environnement*. Actes de la table ronde de Chambéry, 12-13 mars 1999, Mémoires de la Société Préhistorique Française, t. **XXVIII**, 253-260.
- VANDENBERGHE J., 2002** - The relation between climate and river processes, landforms and deposits during the Quaternary. *Quaternary International*, **91**, 17-23.
- VAN VLIET-LANOË B., & LANGOHR R., 1981** - Correlations between fragipans and permafrost with special reference to silty deposits in Belgium and Northern France. *Catena*, **8**, 137-154.
- VAN VONDEL B., & DETTNER K., 1997** - *Coleoptera: Halipidae, Noteridae, Hygrobiidae*. Gustav Fischer, Stuttgart, 147 p.
- WALKER M.J.C., COOPE G.R., SHEDRICK C., TURNEY C.S.M., LOWE J.J., BLOCKLEY S.P.E., & HARKNESS D.D., 2003** - Devensian Lateglacial environmental changes in Britain: a multi-proxy environmental record from Llanilid, South Wales, UK. *Quaternary Science Reviews*, **22**, 475-520.
- WALKER M.J.C., BOHNCKE S.J.P., COOPE G.-R., O'CONNELL M., USINGER H., & VERBRUGGEN C., 2004** - The Devensian/Weichselian Late-glacial in northwest Europe (Ireland, Britain, north Belgium, The Netherlands, northwest Germany): IGCP-253. *Journal of Quaternary Science*, **9**, 109-118.
- WOZNY L., 2000** - *Bergerac « ZAC de Pombonne »*. Rapport de diagnostic archéologique, INRAP, Pessac, 34 p.
- ZANETTIA., 1987** - *Coleoptera Omaliinae, Fauna d'Italia 25*. Calderini, Bologna, 472 p.