



Quaternaire

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

vol. 20/3 | 2009
Volume 20 Numéro 3

La séquence loessique de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Normandie, France) : nouvelles données archéologiques, géochronologiques et paléontologiques

*Loessic Sequence of Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Normandy, France): new
archaeological, geochronological and palaeontological data*

Dominique Cliquet, Jean-Pierre Lautridou, Pierre Antoine, Michel
Lamothe, Mathieu Leroyer, Nicole Limondin-Lozouet et Norbert Mercier



Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/5234>

DOI : 10.4000/quaternaire.5234

ISSN : 1965-0795

Éditeur

Association française pour l'étude du quaternaire

Édition imprimée

Date de publication : 1 septembre 2009

Pagination : 321-343

ISSN : 1142-2904

Référence électronique

Dominique Cliquet, Jean-Pierre Lautridou, Pierre Antoine, Michel Lamothe, Mathieu Leroyer, Nicole Limondin-Lozouet et Norbert Mercier, « La séquence loessique de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Normandie, France) : nouvelles données archéologiques, géochronologiques et paléontologiques », *Quaternaire* [En ligne], vol. 20/3 | 2009, mis en ligne le 01 mars 2012, consulté le 19 août 2019. URL : <http://journals.openedition.org/quaternaire/5234> ; DOI : 10.4000/quaternaire.5234

LA SÉQUENCE LÆSSIQUE DE SAINT-PIERRE-LÈS-ELBEUF (NORMANDIE, FRANCE): NOUVELLES DONNÉES ARCHÉOLOGIQUES, GÉOCHRONOLOGIQUES ET PALÉONTOLOGIQUES

■
Dominique CLIQUET¹, Jean-Pierre LAUTRIDOU², Pierre ANTOINE³,
Michel LAMOTHE⁴, Mathieu LEROYER⁵, Nicole LIMONDIN-LOZOUET³
& Norbert MERCIER³

RÉSUMÉ

À Saint-Pierre-lès-Elbeuf dans la vallée de la Seine, quatre lœss anciens se superposent, avec quatre sols interglaciaires intercalés: Elbeuf I (Eemien), Elbeuf II, Elbeuf III et Elbeuf IV. Le sol le plus ancien (Elbeuf IV) est fossilisé localement par une couche de sables blancs alluviaux et par un tuf calcaire intégrant une association malacologique interglaciaire à *Lyrodiscus*, maintenant considéré comme marqueur biostratigraphique du stade isotopique 11. L'âge du complexe Elbeuf IV, sables et tuf (environ 400 ka) est en accord avec la stratigraphie et les nouvelles datations OSL. Au-dessus du tuf, au début d'une nouvelle sédimentation lœssique (stade isotopique 10) un niveau d'occupation rapportable à l'Acheuléen a été mis au jour. Ce dernier est actuellement le plus ancien sol d'occupation étudié en Normandie. Il correspond à une implantation de bord de berge caractérisée par quelques restes de macrofaune mal conservés et de nombreux artefacts qui témoignent d'opérations de débitage et de façonnage d'outils (biface et outils sur éclat).

Mots-clés : Seine, lœss, sols interglaciaires, tuf, stade isotopique 11, malacofaune, Acheuléen.

ABSTRACT

LOESSIC SEQUENCE OF SAINT-PIERRE-LES-ELBEUF (NORMANDY, FRANCE): NEW ARCHAEOLOGICAL, GEOCHRONOLOGICAL AND PALAEONTOLOGICAL DATA

At Saint-Pierre-lès-Elbeuf in the Seine valley four ancient loesses are separated by four interglacials palaeosols: Elbeuf I (Eemian), Elbeuf II, Elbeuf III and Elbeuf IV. Above the lowest soil (Elbeuf IV), there is a thin cover of whitish alluvial sands and a calcareous interglacial tufa which contains a *Lyrodiscus* assemblage considered presently as a biostratigraphical marker of MIS 11. Elbeuf IV complex, sands and tufa, of 400 ka age is in agreement with the stratigraphy and new OSL dates. Above the tufa, at the base of a loess accumulation (MIS 10), an Acheulean implements has been discovered. This last level is currently the oldest known human settlement in Normandy. It is located at the edge of a river bank and is characterized by a few weathered bones (macrofauna) and by numerous artefacts which indicate debitage processes and tool manufacture (handaxes and flake tools).

Keys-words: Seine, loess, interglacial soils, tufa, MIS 11, molluscan fauna, Acheulean.

1 - INTRODUCTION

Le stratotype de Saint-Pierre-lès-Elbeuf se situe à l'est d'Elbeuf, à la confluence de la Seine et d'une petite rivière l'Oison. L'enregistrement stratigraphique correspond aux dépôts lœssiques du Pléistocène moyen et supérieur. L'épaisseur exceptionnelle de lœss ancien s'explique par la présence d'une falaise fossile élevée,

associée à la terrasse moyenne dite de 30 m, et qui a protégé le limon de l'érosion (fig. 1).

Des quaternaristes renommés sont venus à Saint-Pierre-lès-Elbeuf, en particulier Graindor (1948), Breuil (1952), Zeuner (1952), Bordes (1954) et Bourdier (1967, 1969). Toutefois en raison des difficultés d'étude de ces falaises de lœss, un levé précis n'a

¹ PCR «Les premiers Hommes en Normandie», Service régional de l'Archéologie de Basse-Normandie, 13 bis rue Saint-Ouen. F-14 052 Caen cedex 4 et UMR 6566 «Civilisations Atlantiques et Archéosciences», CNRS / Université de Rennes 1, Laboratoire d'Anthropologie, Archéométrie, Campus de Beaulieu. F-35 042 Rennes cedex. Courriel: dominique.cliquet@culture.gouv.fr

² Morphodynamique continentale et côtière, M2C - UMR - CNRS 6143, Centre de géomorphologie, rue des Tilleuls. F-14 000 Caen

³ UMR 8591, LGP 1 Pl. A. Briand. F-92 195 Meudon cedex. Courriel: Pierre.Antoine@cnrs-bellevue.fr, limondin@cnrs-bellevue.fr

⁴ Université du Québec à Montréal, case postale 8888, succursale Centre-ville, Canada - Montréal (Québec) H3C 3P8. Courriel: lamothe.michel@uqam.ca

⁵ UMR 7041, Archéologie et Science de l'Antiquité, Université de Paris I, 3 rue Michelet. F-75006 Paris et PCR «Les premiers Hommes en Normandie», 13 bis rue Saint-Ouen. F-14 052 Caen cedex 4

⁶ Institut de recherche sur les Archéomatériaux, UMR 5060 CNRS - Université Bx3, Centre de Recherche en Physique Appliquée à l'Archéologie (CRPAA), Maison de l'archéologie, F-33607 Pessac cedex. Courriel: Norbert.Mercier@u-bordeaux3.fr

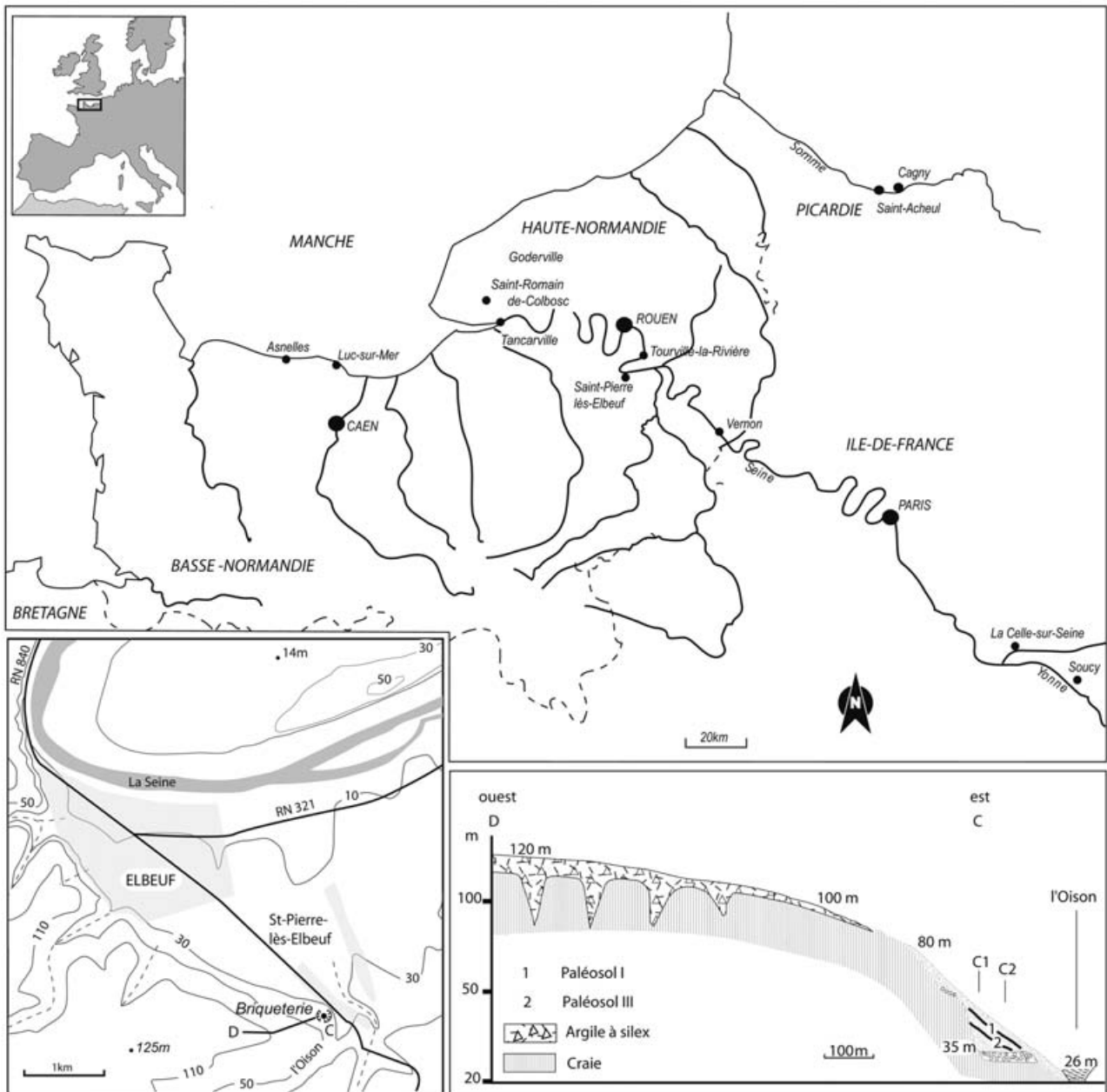


Fig. 1 : Localisation du site de Saint-Pierre-lès-Elbeuf et profil du versant.
 Fig. 1: Location of the Saint-Pierre-lès-Elbeuf site and slope profile.

jamais été effectué par ces géologues. Après l'acquisition par l'État de la plus grande carrière, nous avons repris l'étude en 1968 avec G. Verron, Directeur des Antiquités préhistoriques de Normandie, qui a dégagé des crédits pour nettoyer la falaise sur toute sa longueur et creuser deux fosses (coupes 1 et 2) aux deux extrémités de cette paroi afin de reconnaître la base des lœss et le contact avec la nappe alluviale ancienne sous-jacente. Ceci a permis aussi, à l'aide d'échelles spéléologiques, de dessiner un profil complet de la paroi, d'examiner la terrasse de la Seine et de placer le tuf dans la stratigraphie. Après la publication de 1970 dans le Bulletin de l'AFEQ, relatif au Colloque de Grignon portant sur les paléosols (1969) et donnant l'essentiel des données stratigraphiques et sédimentologiques, de nouvelles études ont été entreprises avec G. Fosse,

Assistant à la Direction des Antiquités, D. Biquand (paléomagnétisme), M. Clet (palynologie), R. Paepé (micromorphologie), J.-J. Puisségur et J. Chaline (mollusques, rongeurs).

À l'occasion des multiples excursions nationales et internationales qui se sont succédé sur ce site célèbre, la Direction des Antiquités a fait creuser de nouveaux sondages pour l'examen de la terrasse. Une publication collective dans le Bulletin de l'AFEQ de 1974, édité après l'excursion Somme-Seine organisée avec F. Bourdier, et une autre de Biquand & Lautridou (1979) dans la même revue, sur le paléomagnétisme, livrent de nouveaux résultats. Les dernières mises au point sur Saint-Pierre-lès-Elbeuf ont été publiées dans le bulletin n° 26 du Centre de Géomorphologie (1982) et dans la thèse de J.-P. Lautridou (1985).

En 2004, d'importants travaux de nettoyage du site classé ont été effectués et ont motivé un ré-examen du site. L'opération a été soutenue par le Service régional de l'Archéologie de Haute-Normandie, la commune de Saint-Pierre-lès-Elbeuf et le projet collectif de recherche «Les premiers Hommes en Normandie» (D. Cliquet).

2 - DONNÉES STRATIGRAPHIQUES

2.1 - LES COUPES 1 ET 1 BIS

La coupe 1 - 2004 est située immédiatement à côté de la coupe 1 levée en 1969-1970 (fig. 2, 3, 4 et 5). Il manque le sol brun lessivé de surface, visible en 1970 et observé dans la coupe IV (fig. 2). De haut en bas, la succession est la suivante (fig. 3 et 4) :

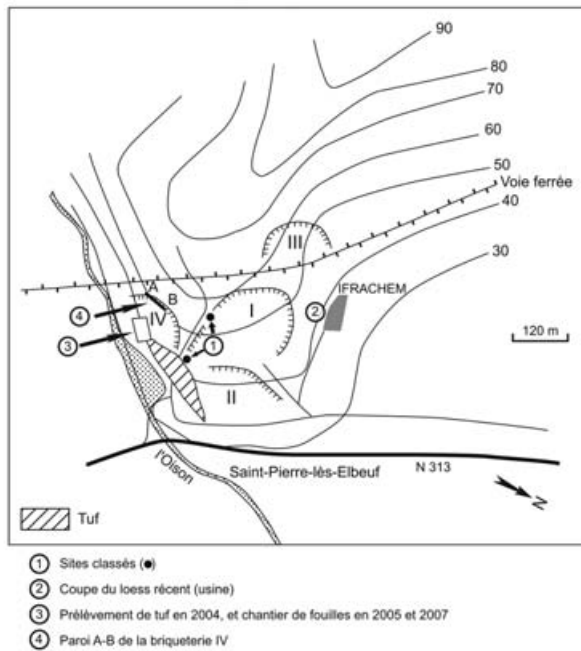


Fig. 2: Croquis de localisation des coupes et sites étudiés sur le site de Saint-Pierre-lès-Elbeuf.
Fig. 2: Saint-Pierre-lès-Elbeuf location diagram of the sections and sites studied.

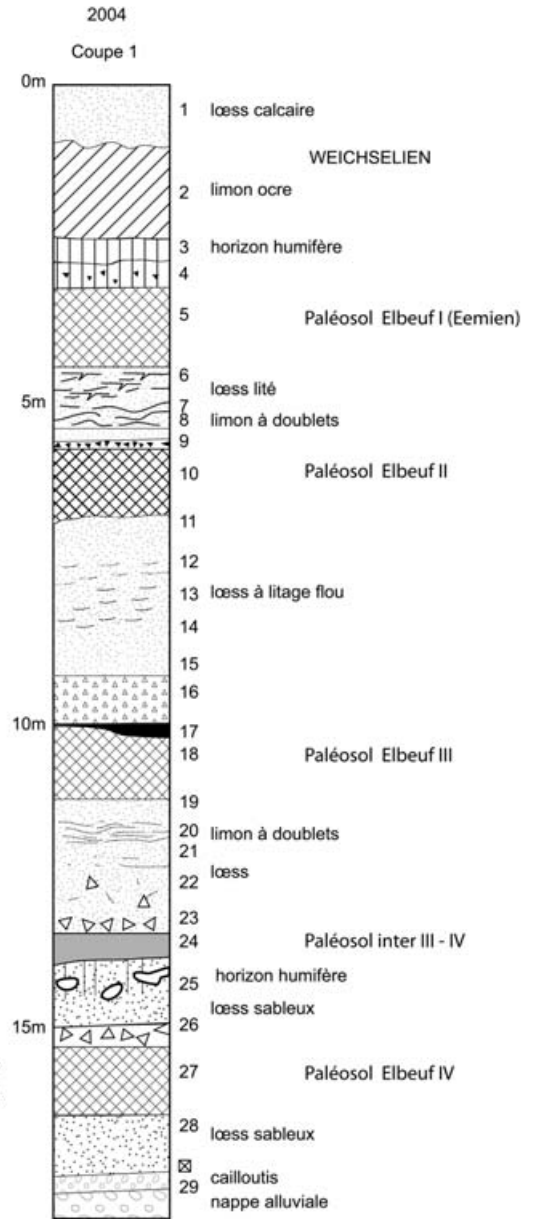


Fig. 3: Site classique de Saint-Pierre-lès-Elbeuf. Profil de la paroi loessique des coupes 1 à 2 et coupe de la propriété Gapenne / Michel.
Fig. 3: Saint-Pierre-lès-Elbeuf classical site. Profile of the loessic face of the 1 to 2 sections, and section of the Gapenne / Michel property.

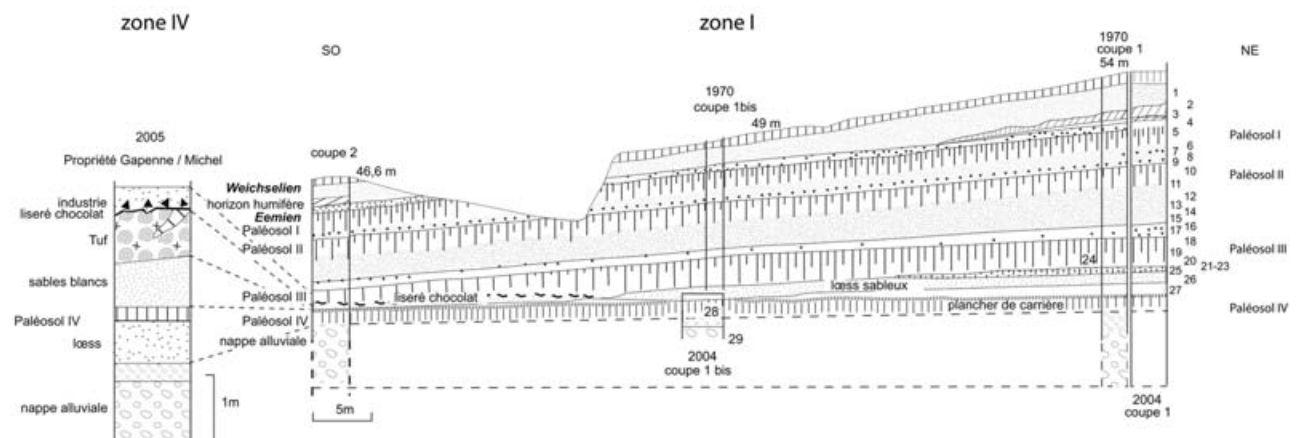


Fig. 4: Log du profil du site classé de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (coupe 1, complétée par la coupe 1bis).
Fig. 4: Saint-Pierre-lès-Elbeuf. Log of the classed site profile (section 1, completed by the section 1 bis).



Fig. 5 : Saint-Pierre-lès-Elbeuf, coupe 1 (Cliché G. Verron) - (cf. Pl. II, fig. 2a, p. 383).

Fig. 5: Saint-Pierre-lès-Elbeuf, section 1 (Photo G. Verron) - (cf. Pl. II, fig. 2a, p. 383).

1 - 0-90 cm : lœss calcaire jaunâtre, pseudo-mycélium, petites concrétions calcaires, rares points noirs ferro-manganiques.

2 - 90-250 : lœss calcaire de couleur plus ocre, plus argileux, moins calcaire.

3 - 250-290 : limon gris-brun, sol humifère.

4 - 290-330 : cailloutis de petits silex géolifracés (1 à 2 cm) dans un limon gris clair (sol gris forestier).

5 - 330-450 : horizon Bt de sol brun lessivé, à structure polyédrique fine et prismatique, revêtements argileux, enduits noirs ferro-manganiques (parois des fentes

de dessiccation), couleur brun-rouge (7,5 YR 5/8) **Paléosol Elbeuf I**

6 - 450-520 : limon brun-jaune (10 YR 5/8), lité, à lits gris et bruns (0,3 à 2 cm), disloqués, à contacts nets entre les lits, structure plus floue vers le bas (fig. 6).

7 - 520-560 : limon à gros doublets ondulés marron et gris, à contact moins net entre les lits (limon à doublets normand) qu'en 6, épaisseur des bandes de 1 à 5 cm ; à la base, cailloutis diffus.

8 - 560-572 : bande de limon gris jaunâtre, à filaments obliques marron.

9 - 572 : ligne de petits silex (1 à 5 cm) : cailloutis mince.

10 - 572-690 : horizon Bt de sol brun lessivé identique à celui situé entre 330 et 450 cm (Elbeuf I), moins fendillé et avec peu d'enduits noirs sur les fissures, structure polyédrique moyenne, revêtements argileux, quelques concrétions noires ferro-manganiques, couleur brun-rouge (7,5 YR 5/8) **Paléosol Elbeuf II**

11 - 690-735 : limon brun-marron, horizon B/C du paléosol sus-jacent.

12 - 735- 810 : limon sableux brunâtre (10 YR 6/6), litage diffus (0,2 à 1 cm), brun et gris, présence de quelques petits silex, points noirs. Quelques lits gris diffus sont cassés comme entre 450 et 520 cm, mais en moins net.

13 - 810-848 : limon brunâtre à points noirs, homogène puis à traînées grises diffuses de 835 à 848 cm, présence de quelques petits silex.

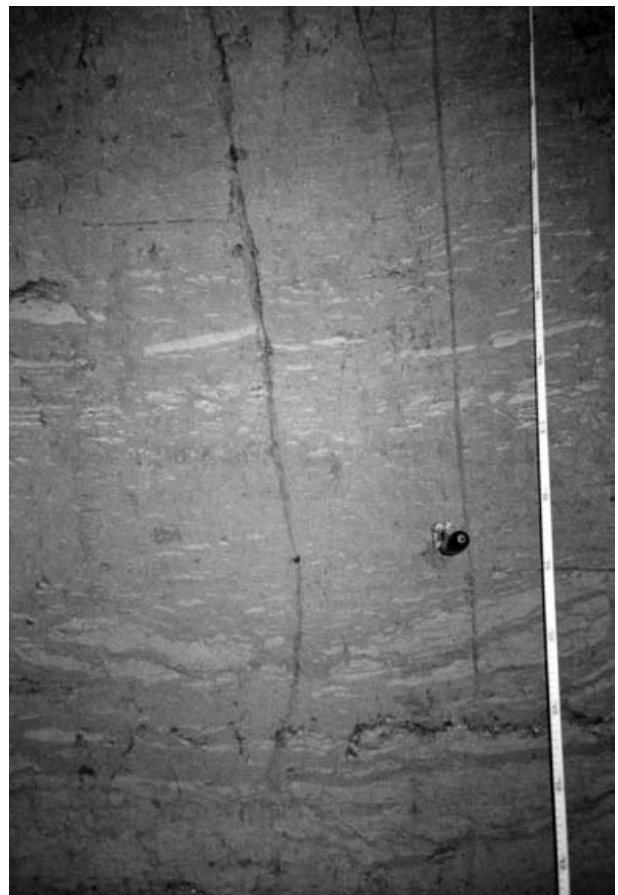


Fig. 6 : Saint-Pierre-lès-Elbeuf, coupe 2 : sables blancs (Cliché D. Cliquet) - (cf. Pl. II, fig. 2c, p. 383).

Fig. 6: Saint-Pierre-lès-Elbeuf, section 2: white sands (Photo D. Cliquet) - (cf. Pl. II, fig. 2c, p. 383).

14 - 848-890: limon un peu plus argileux, légèrement plus brun (10 YR 5/8).

15 - 890-930: limon brun-gris à litage flou très irrégulier, lits de 1 à 2 mm bruns et grisâtres, fines tubulures noires ferro-manganiques.

16 - 930-990: cailloutis de petits silex dispersés dans un limon brun tirant sur le gris.

17 - 990-1020: limon brun, légèrement foncé, assez argileux.

18 - 1020-1120: horizon Bt de sol brun lessivé, brun-rouge (7,5 YR 5/8), fendillé, à revêtements argileux, à enduits noirs peu nombreux (fissures) **Paléosol Elbeuf III**.

19 - 1120-1160: limon brun (10 YR 5/8), quelques revêtements argileux, horizon B/C du paléosol Elbeuf III.

20 - 1160-1200: limon brun, à fin litage (0,3 à 1 cm), à nombreux points noirs.

21 - 1200-1240: limon brun à taches grises diffuses.

22 - 1240-1340: limon brun-jaune, à points noirs, à petits silex dispersés.

23 - 1340: cailloutis de petits silex.

24 - 1340-1390: limon brun, assez argileux, formant un horizon plus sombre, bien distinct, visible aussi en coupe 1 bis.

25 - 1390-1490: limon brun clair (10 YR 5/8), paléosol à terriers de crotoïnes, à points noirs, devenant grisâtre vers le bas et plus sableux, légèrement humifère.

26 - 1490-1520: limon grisâtre à taches gris clair, sableux, à nombreux petits silex (cailloutis).

Le prolongement vers le bas dans la suite de la coupe 1 n'a pas pu être étudié, comme en 1970, mais a été levé dans la coupe 1 bis, située plus à l'est.

27 - 1520-1620: horizon Bt de sol brun lessivé, limon argileux, brun-rouge (entre 5 YR ET 7,5 YR 5/8), à structure polyédrique et à revêtements argileux **Paléosol Elbeuf IV**

28 - 1620-1720: limon sableux vers le bas, brun-jaune (10 YR 5/8), à points noirs.

29 - 1720-1800: sommet de la terrasse alluviale, sables, graviers et galets de silex émoussés, géoliffractés entre 1720 et 1750 cm, non pédogénéisés.

Interprétation

Sur la nappe alluviale d'Elbeuf (horizon 29) retrouvée au sommet (silex géoliffractés), épaisse selon les sondages, de cinq mètres, on observe cinq lœss séparés par des horizons Bt de sols bruns lessivés de type interglaciaire, peu différents de celui du sol de surface, manquant dans la coupe 1 - 2004, et dénommés: Elbeuf I, II, III et IV. Le complexe de lœss sommital (horizons 1 à 4) a été décrit en plus dilaté dans la coupe IV située dans l'enceinte de la société IFRACHEM ex WITCO (Lautridou, 1974). C'est la séquence séquanienne comportant de bas en haut, au-dessus du paléosol interglaciaire Elbeuf I (5), un cailloutis de petits silex géoliffractés (4), deux paléosols humifères (3) gris-noir (sol gris forestier, sol isohumique), un limon assez argileux, brun orangé (2) légèrement carbonaté et un lœss calcaire gris-jaune (1). Cette séquence séquanienne, différente de

la séquence normande (Épouville), est donc définie (Lautridou, 1985) par un cailloutis de base, début Weichselien, un complexe de sols noirs, très fréquemment érodés et constituant un marqueur du Weichselien ancien dans le Bassin parisien (Antoine *et al.*, 1998), un limon brunifié attribué au complexe de Saint-Acheul (Cliquet & Lautridou, 2005) c'est-à-dire au Pléniglaciaire moyen, et le lœss récent supérieur (1), post horizon de Nagelbeek. Comme très souvent en Normandie, il manque le lœss récent inférieur (22 à 35 ka) et les limons bruns feuilletés de la séquence normande qui se placent stratigraphiquement entre 2 et 3.

Les paléosols Elbeuf I, II, III et IV, de couleur brun-marron, se ressemblent. Cependant Elbeuf IV est plus tronqué que les précédents et un peu plus rouge. Les limons qui les séparent sont des lœss de granulométrie éolienne (Lautridou & Verron, 1970; Lautridou, 1985) avec une charge notable de sable dans les horizons 25 et 28. Un petit paléosol brun, argileux, peu épais a été distingué (couche 24) au-dessus d'un limon sableux, gris brun, légèrement humifère, à traces de terriers de crotoïnes (couche 25).

Les lœss possèdent des structures variées. On retrouve les classiques «limons à doublets» des plateaux, non carbonatés et caractérisés par des alternances millimétriques à centimétriques de lits gris-jaune et de lits marron, enrichis en argile fine et en fer (Lautridou, 1985). Ce sont les horizons 8, 12, 13, 20, 21, mais en 13 et en 21, le litage demeure flou. Les lœss 11 et 28 ne possèdent pas de structure. Le lœss 6, sous le paléosol Elbeuf I constitue un cas rare en Normandie de lœss ruisselé qui se caractérise par une alternance de lits gris et bruns, plus argileux, disloqués. Il diffère en cela des limons à doublets où le «litage» s'explique par une pédogénèse de type sol en bandes (Lautridou, 1985).

Il y a donc sous le lœss weichselien 1 à 4, quatre séquences lœssiques plus anciennes comportant à la base un cailloutis, puis du lœss, parfois lité, le tout étant couronné par un paléosol de rang interglaciaire, Elbeuf I (Eemien), II, III et IV. Le cas du complexe lœssique sous Elbeuf III (18 et 19) est un peu différent. Il commence par un limon sableux, légèrement humifère (25) surmonté par un petit paléosol argileux (24) avec brunification et argilisation, dont l'étude est en cours. Ensuite, après la mise en place d'un petit cailloutis, les lœss 19 à 23, parfois plus ou moins «lités» (limons à doublets) se sont déposés.

2.2 - COUPE 2: SABLES BLANCS ET TUF

Si la coupe 1 est située à une trentaine de mètres de la falaise fluviale (fig. 1 et 2) associée à la terrasse alluviale de 30 m (base des coupes 1 et 1 bis), en allant vers la coupe 2 on s'éloigne de la falaise. En 1970, les travaux de nettoyage avaient permis de suivre en continu la stratigraphie définie coupe 1 (fig. 3). Les lœss deviennent de moins en moins épais et les paléosols I à IV sont plus tronqués surtout Elbeuf III et IV, très résiduels en coupe 2.

Le fait nouveau est la présence de sables limoneux gris-blanc comportant quelques gravillons anguleux ou

sub-émoussés de silex. Fins (médiane 0,06 mm), à courbe granulométrique cumulative parabolique (Lautridou, 1985), à grains quartzeux essentiellement (80 %), sub-émoussés mats, ils ont été interprétés comme des sables fluviatiles d'une petite rivière, l'Oison, qui vient confluer avec la Seine (fig. 2).

Dans la coupe 2, quelques granules calcaires sont repérables (fig. 7). Ils jalonnent l'extrémité ouest du tuf calcaire, cartographié par Chédeville (1896, fig. 2), qui contient la célèbre faune malacologique. Juste au-dessus, un limon argileux de couleur marron foncé, à faces de glissement (*slickensides*), appelé « liseré chocolat », de 1 à 5 cm d'épaisseur, est interprété comme un horizon B β ; les argiles d'illuviation liées à la pédogenèse lessivante d'Elbeuf III, immédiatement au-dessus, se bloquent sur un horizon carbonaté dont il ne subsiste ici que quelques traces. Le tuf a été observé dans une fosse, à 10 m de la coupe 2, mais son épaisseur limitée, 5 cm, nous a amené à l'étudier dans la propriété Gapenne/Michel (ancienne carrière IV, fig. 2), où son épaisseur peut atteindre un mètre. Depuis les prélèvements de J.-J. Puisségur (Lautridou *et al.*, 1974 a et b), une fosse a été creusée en 2004 avec P. Antoine et N. Limondin-Lozouet, et un chantier de fouilles archéologiques a été ouvert en 2005 (direction D. Cliquet). On retrouve exactement la même stratigraphie qu'en coupe 2 sauf que le tuf y est épais de 0,1 à 1 mètre. Le sommet du tuf est affecté de petites dépressions qui évoquent des marmites formées par des tourbillons de l'Oison (fig. 8). Cette caractéristique, ainsi que la forme allongée du dépôt, fait plus penser à un tuf de bras de rivière qu'à celui d'une mare alimentée par des sources (hypothèse de J.-J. Puisségur, voir *infra*). Le paléosol Elbeuf III ; très tronqué, a affecté le lœss sus-jacent au tuf 5 (couches 19 à 22 de la coupe 1) et comme dans la coupe 2 du site classé, l'illuviation s'est bloquée sur le tuf calcaire (liseré chocolat).

L'occupation préhistorique se situe au-dessus du liseré chocolat dans le lœss postérieurement affecté par la pédogenèse Elbeuf III (fig. 2 et 9).

3 - DONNÉES ANALYTIQUES

3.1 - SÉDIMENTOLOGIE

Les lœss anciens et paléosols non calcaires ont une granulométrie typiquement éolienne (Lautridou & Verron, 1970; Lautridou, 1985). Les paléosols Elbeuf I à IV sont plus argileux (24 à 27 % d'argile) que les lœss (16 à 17 %) et plus riches en fer total (3,2 à 4,2 contre 2,4 à 3 %). Une charge notable en sable (20 à 30 %) amené par ruissellement caractérise les horizons 12-13, 25 et 28.

Le lœss (fraction 40 à 50 micromètres) est constitué essentiellement de quartz, 90 à 95 %, avec un peu de feldspath, orthose et plagioclase (5 %), et de muscovite (Balescu, 1988).

Les argiles sont de mêmes types que dans les autres lœss normands, avec la smectite qui prédomine sur l'illite et la kaolinite. De nouvelles analyses sédimentologiques sont en cours.

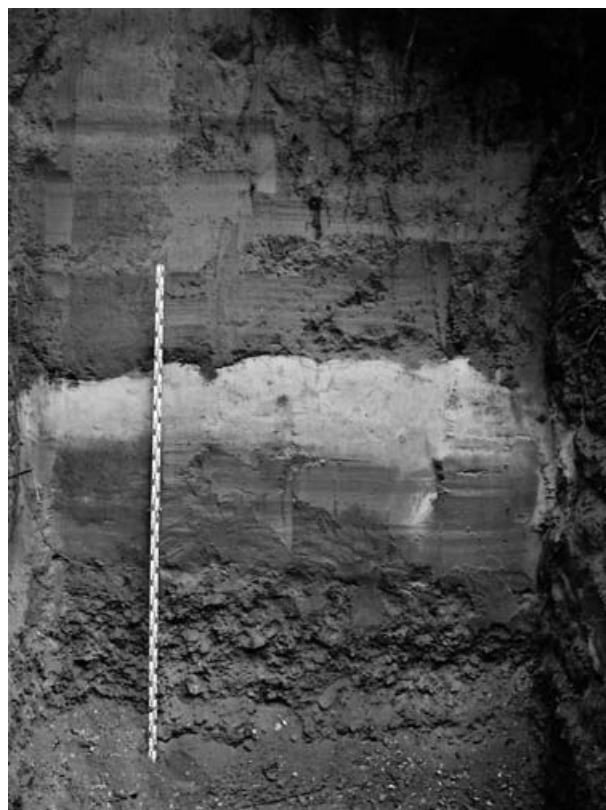


Fig. 7 : Saint-Pierre-lès-Elbeuf, lœss ancien supérieur sous Elbeuf I : limon lité à lits cassés, coupe 1, horizon 6 (Cliché J.-P. Lautridou) - (cf. Pl. II, fig. 2b, p. 383).

Fig. 7: Saint-Pierre-lès-Elbeuf, ancient upper loess under Elbeuf I: stratified loam with discontinuous beds, section 1, horizon 6 (Photo J.-P. Lautridou) - (cf. Pl. II, fig. 2b, p. 383).



Fig. 8 : Propriété Gapenne / Michel (briqueterie IV). Toit du tuf (Cliché D. Cliquet) - (cf. Pl. III, fig. 3a, p. 384).

Fig. 8: Propriété Gapenne / Michel (briqueterie IV). Tufa roof (Photo D. Cliquet) - (cf. Pl. III, fig. 3a, p. 384).

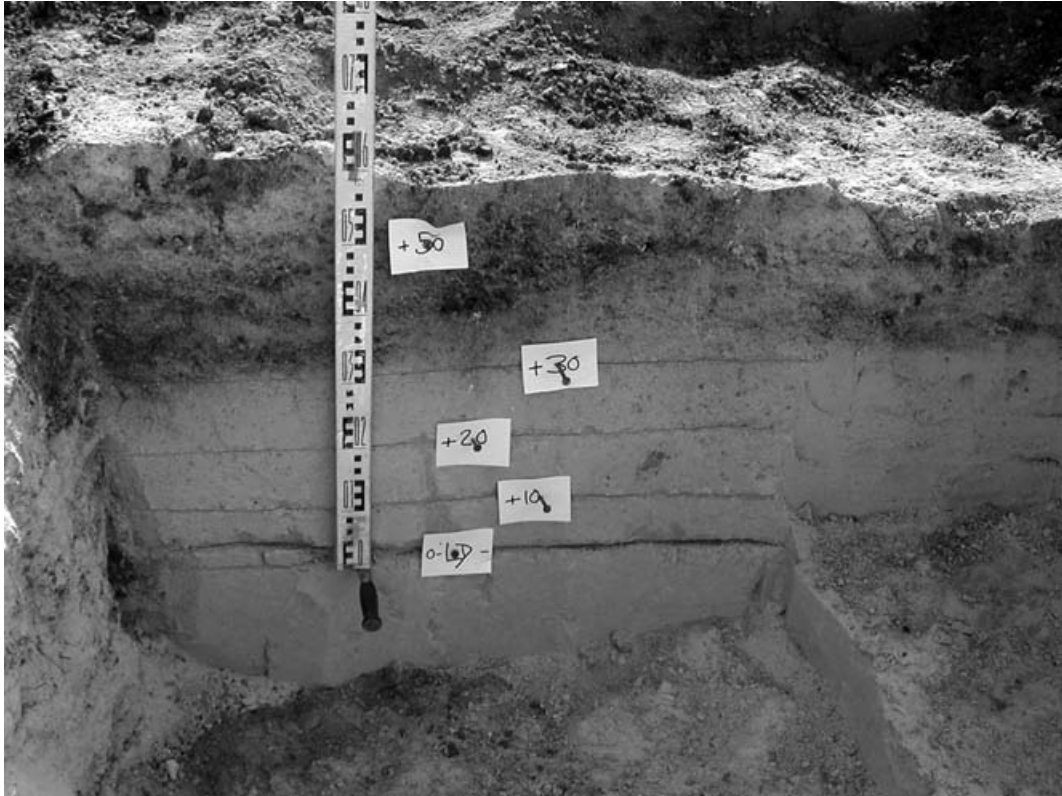


Fig. 9 : Propriété Gapenne / Michel (briqueterie IV), coupe dans le tuf. (Cliché D. Cliquet) - (cf. Pl. III, fig. 3b, p. 384).
 Fig. 9: Propriété Gapenne / Michel (briqueterie IV, section in the tufa (Photo D. Cliquet) - (cf. Pl. III, fig. 3b, p. 384).

Les cortèges de minéraux lourds sont différents entre les lœss récents et les lœss anciens comme dans les autres coupes classiques (Saint-Romain-de-Colbosc, Mesnil-Esnard) : l'épidote, l'amphibole et le grenat prédominent dans le Weichselien pléniglaciaire alors que les lœss anciens possèdent un stock à zircon, tourmaline et rutile (Lautridou, 1985). S. Balescu a repris dans sa thèse (1988) l'étude minéralogique des lœss et confirmé l'opposition entre les lœss récents à association dominante épidote – amphibole – grenat et les lœss anciens à minéraux ubiquistes. Toutefois, elle démontre une transition entre ces deux stocks : le lœss ancien (Saalien) supérieur de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (entre Elbeuf I et Elbeuf II) comporte un mélange des deux stocks. L'inversion minéralogique n'est donc pas au début du Weichselien, mais dans le Saalien supérieur (Balescu, 1987, 1988 ; Balescu *et al.*, 1988), comme dans le Nord (Balescu, 1986). Dans sa thèse, elle renforce cette opinion par la mesure de la thermoluminescence artificielle (TLA) sur quartz et feldspath. Le lœss ancien de Mesnil-Esnard (à l'est de Rouen) possède ces mêmes caractéristiques, mais pas celui de Goderville ou de Saint-Romain-de-Colbosc dans le Pays de Caux, qui présentent une minéralogie et une TLA de lœss ancien et non pas de lœss de transition.

Le stock weichselien à grenat est attribué à une source armoricaine alimentant, à l'Eemien et pendant les interstades, des paléo-estuaires en particulier lors d'un positionnement de la ligne de rivage à - 30 ou - 40 m vers 35-40 ka (phase instable du Pléniglaciaire moyen) avec des vents dominants de Nord-Ouest. Les lœss anciens

viennent aussi des fonds de la Manche et étaient alimentés par un stock de minéraux résistants apportés par les rivières périglaciaires : sables crétacés et tertiaires remaniés (Lautridou, 1985). La dérive, encore actuelle, des sédiments de la Manche vers l'est depuis les côtes bretonnes a atteint la région de Caen et l'estuaire de la Seine au stade isotopique 7 (plage et estuaire de + 8 + 10 m NGF respectivement à Luc-sur-Mer, au nord de Caen et Tancarville). Dans une première étape, il y a mélange avec le stock antérieur à ubiquistes (Lautridou, 1990) et fourniture de poussière lœssique, dite de transition par Balescu (1987-1988), pendant le stade isotopique 6. Mais à l'Eemien, le stock armoricain devient prédominant (dune de Tancarville sur la Seine, plage d'Asnelles-sur-Mer à l'ouest de Caen) et alimente les couvertures de silt lœssique surtout après 35 ka, phase essentielle de sédimentation éolienne (Antoine *et al.*, 1998).

3.2 - ÉTUDE EXOSCOPIQUE AU M.E.B.

Une étude exoscopique au M.E.B. a été menée sur des échantillons prélevés à la base du sol eemien (Elbeuf I) et au sommet de l'unité 6. Ceux-ci montrent un squelette de silt grossier avec de l'argile largement dispersée qui se présente sous forme de revêtements et de ponts. On note la présence de fer, de silice et d'alumine avec un peu de potassium et des traces de calcium et de titane. Les revêtements argileux sont localement très enrichis en fer. L'activité biologique provoque en certains points une forte anisotropie parallèle aux tubulures liées à la faune, dont la

surface est couverte de revêtements argileux (avec de l'alumine, de la silice et du fer). En dépit des perturbations liées à la faune et aux migrations d'argile (base du paléosol I), le squelette silteux ne possède pas d'orientations préférentielles et conserve le fort pourcentage de vides des silts éoliens (Derbyshire *et al.*, 1988). Les grains de limon ont une forme anguleuse ou sub-émoussée.

3.3 - ÉTUDE MICROMORPHOLOGIQUE

L'étude micromorphologique (Paepé *in* Lautridou *et al.*, 1974) confirme que les paléosols Elbeuf I à IV sont des horizons Bt de sol brun lessivé qui ont subi postérieurement un début d'hydromorphie et l'influence de gels profonds. Le paléosol Elbeuf IV s'avère plus lessivé que les autres sols.

4 - LE TUF

Découvert il y a un siècle, par P.-J. Chédeville propriétaire des briqueteries de Saint-Pierre, le tuf calcaire de Saint-Pierre-lès-Elbeuf a fait l'objet de nombreuses études en raison de l'originalité de sa faune à mollusques (Germain, 1908, 1909; Rousseau, 1987). En 1970, l'étude de ce tuf a été reprise par l'un de nous (J.-P. Lautridou) avec l'abbé J.-J. Puisségur qui était alors l'autorité en malacologie des faunes quaternaires.

L'association malacologique était en effet originale: elle regroupait des espèces actuelles de climat océanique, des espèces actuelles et fossiles de climat continental, des espèces lusitanniennes et un genre endémique aux Canaries. La même association se retrouve dans la vallée de la Seine en amont de Vernon et à la Celle-sur-Seine (amont de Paris) : elle a été étudiée à Vernon par J.-J. Puisségur et son élève D.-D. Rousseau. Quant à la malacofaune du tuf de la Celle, étudiée vers 1970 toujours par J.-J. Puisségur, elle a été récemment réexaminée à la faveur de la reprise du site (Limondin-Lozouet *et al.*, 2006).

L'équipe de Géographie physique du Laboratoire de Meudon a repris à l'occasion de la révision du site, en 2004, l'étude du tuf de Saint-Pierre (mollusques, rongeurs, amphibiens, ostracodes) sous la direction de N. Limondin-Lozouet et de P. Antoine. C'est à l'occasion de cette opération que des silex taillés, en place, ont été mis au jour dans le lœss sus-jacent au tuf. Cette découverte et la menace de destruction des niveaux d'occupation paléolithiques, eu égard à leur faible enfouissement, a motivé la conduite d'une campagne de fouille en septembre 2005.

4.1 - STRATIGRAPHIE, CHRONOLOGIE : LES ACQUIS ANTÉRIEURS

À la différence des tufs plus épais de Vernon et de la Celle, qui sont affleurants, le tuf de Saint-Pierre est recouvert dans le site classé par 17 m de lœss anciens et récents: le lœss weichselien et trois séquences de lœss anciens couronnées par les paléosols interglaciaires Elbeuf I, Elbeuf II et Elbeuf III. Etant scellé par le lœss

ancien inférieur avec son paléosol (Elbeuf III), le tuf a été estimé contemporain du stade 11 de la chronologie isotopique marine, soit vers 400 ka.

Une datation par la méthode de racémisation des acides aminés (Occhietti *et al.*, 1987) n'a pas été probante en raison de la structure vacuolaire de ce tuf peu épais. Par contre, à Vernon, la datation U/Th a donné 400 ka et la méthode des acides aminés (S. Occhietti) a confirmé l'âge ancien du tuf. Il en est de même à la Celle-sur-Seine (Limondin-Lozouet *et al.*, 2006).

Des datations OSL et ESR sont en cours au niveau des «sables blancs», immédiatement sous-jacents, interprétés comme un sable fluviatile à la confluence de la Seine et de l'Oison.

4.2 - APPORTS DES CAMPAGNES DE FOUILLES 2005 ET 2007

Les campagnes de fouilles récentes ont confirmé que le niveau d'occupation se localise bien au sein du lœss qui recouvre le tuf (Cliquet *et al.*, 2006). L'implantation anthropique daterait donc du stade 10 et aurait de ce fait un âge autour de 350 ka. Des datations OSL sont en cours pour ce lœss dans la coupe de référence (site classé).

La forme bombée du tuf, épais de 1 mètre au milieu, ainsi que son extension allongée est bien celle qui avait été cartographiée par P.-J. Chédeville.

Le sommet est creusé par de petites cavités («marmites» peut-être liées à des tourbillons de la rivière?) (fig. 8).

Entre le lœss et le tuf il y a une argile limoneuse de couleur marron, d'épaisseur de 1 à 5 cm, plus épaisse quand elle remplit les cavités. Déjà signalée dans le site classé («liseré chocolat») elle est connue des pédologues, elle ne contient pas de silex taillés.

Un sondage a permis de retrouver sous les sables blancs le lœss le plus ancien et son paléosol Elbeuf IV, comme dans le site classé. À la base, les sables correspondent à la nappe alluviale d'Elbeuf, reconnue dans le site classé.

4.3 - LES MALACOFANES DU TUF

La faune malacologique du tuf de Saint-Pierre-lès-Elbeuf a fait précédemment l'objet d'une étude détaillée qui a conclu au caractère interglaciaire et terrestre de cette communauté décrite comme une faune de forêt très humide (Puisségur *in* Lautridou *et al.*, 1974; tab. 1). Avec les assemblages de plusieurs gisements du nord de la France et du sud-est de l'Angleterre, la malacocénose de Saint-Pierre-lès-Elbeuf a permis de définir le «biome à *Lyrodiscus*» interprété comme représentatif de milieux forestiers humides, indicateur de conditions climatiques plus chaudes que l'actuel et caractéristique du stade isotopique 11 (Rousseau *et al.*, 1992).

Dans le cadre d'un nouveau programme de recherche sur la réponse des écosystèmes continentaux aux réchauffements interglaciaires du Pléistocène dans le nord de la France, la révision des collections anciennes ainsi que de nouvelles analyses ont été entreprises sur

Biotope	Espèces	Nombre d'individus	Biotope	Espèces	Nombre d'individus	
Forestier	<i>Erna motana</i> DRAP.	25	Mésophile	<i>Punctum pygmaeum</i> DRAP.	25	
	<i>Acicula polita</i> HARTMANN	5		<i>Trichia hispida</i> L.	28	
	<i>Acanthinula aculeata</i> MULLER	57		<i>Vitrina pellucida</i> MULLER	5	
	<i>Helicodonta obvolvata</i> MULLER	60		<i>Helicigona lapicida</i> L.	10	
	<i>Aegopinella pura</i> ADLER	212		<i>Vitrea contracta</i> WERS.	35	
	<i>Aegopinella nitidula</i> DRAP. (1)	192		<i>Euconulus fulvus</i> MULLER	1	
	<i>Cochlodina laminata</i> MONT.	35		<i>Clausilia parvulus</i> STUDER	93	
	<i>Iphigena rophii</i> GRAY	2		<i>Oxychilus</i> sp.	16	
	<i>Clausilia bidentata</i> STROM	100		Limaces	<i>Limax</i> sp.	121
	<i>Iphigena plicatula</i> DRAP.	4			Hygrophile	<i>Carychium tridentatum</i> RISSO
	<i>Monachoides incarnata</i> MULL.	2		Palustre		<i>Vertigo antivertigo</i> DRAP.
	<i>Aegopsis verticillis</i> et acief.	16			<i>Succinea putris</i> L. (5)	27
<i>Aegopinella</i> cf. <i>pura</i> n. sp. ?	52	<i>Zonitoides nitidus</i> MULLER	17			
Semi-forestier	<i>Discus rotundatus</i> MULLER	345	Aquatique	<i>Pisidium</i> sp.	22	
	<i>Acicula dupuyi</i> PAL.	17		<i>Valvata piscinalis</i> MULLER	172	
	<i>Vitrea crystallina</i> MULLER	63		<i>Ancylus fluviatilis</i> MULLER	15	
	<i>Laciniaria biplicata</i> MONTAGU	25		<i>Bathymorphalus contortus</i> L.	2	
	<i>Laminifera</i> cf. <i>pauli</i> (2)	11		<i>Galba truncatula</i> MULLER	5	
	<i>Cepaea hortensis</i> MULLER (3)	200		<i>Galba palustris</i> MULLER	33	
	<i>Arianta arbustorum</i> L.	20		<i>Bulimus</i> sp.	2	
	<i>Bradybaena frut. et chouq.</i> (4)	30		<i>Radix ovata</i> DRAP.	9	
	<i>Hygromia cinctella</i> DRAP.	16		<i>Limnaea stagnalis</i> L.	6	
	Forêts humides	<i>Iphigena ventricosa</i> DRAP.		12	<i>Gyraulus albus</i> MULLER (6)	60
Steppique		<i>Caecilioides acicula</i> MULLER	1	<i>Planorbis pl. et carinatus</i>	18	
	Terrain découvert			<i>Vallonia costata</i> MULLER	3	<i>Physa fontinalis</i> L.
Xérophile		<i>Monacha cartusiana</i> MULLER	2			<i>Belgrandia</i> sp.
	Total			2250		
(1) Les stries spirales sont parfois aussi fines que chez <i>pura</i>		(4) 1 bel exemplaire de <i>chouquetiana</i> , le reste mélangé avec <i>fructicum</i>				
(2) 8 ou 9 plis palataux. Le type n'en a que 5.		(5) Forme naine et renflée (cf. Lozek)				
(3) Quelques exemplaires sont de très petite dimension.		(6) Souvent subcaréné				

Tab. 1 : Liste des mollusques du tuf du site de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (d'après Puisségur, in Lautridou & Puisségur, 1977).

Tab. 1: Saint-Pierre-lès-Elbeuf Molluscan tufa fauna after Puisségur in Lautridou et Puisségur, 1977.

plusieurs gisements dont le tuf de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (N.L.L., CNRS, Meudon).

4.3.1 - Faune du sondage de 2004 et des anciennes collections

Le sondage réalisé en 2004 a permis d'observer la séquence de sables blancs et de tuf qui recouvre le paléosol Elbeuf IV sur plus d'1 m d'amplitude (fig. 9 et 10). Le tuf, lui-même épais de 50 cm, surmonte les sables blancs; il présente dans sa partie supérieure un faciès altéré fortement bioturbé (fig. 10, niveau 3). Afin d'appréhender un éventuel développement progressif des faunes, les dépôts ont été échantillonnés en colonne continue par passées de 10 cm d'épaisseur pour un volume unitaire d'environ 10 litres. La partie supérieure du tuf altéré, très perturbée, et la base du sable blanc où aucun reste coquillier n'a été observé, n'ont

pas été prélevées. Parallèlement plusieurs échantillons d'une trentaine de litres chacun ont été pris dans le tuf blanc et dans le tuf altéré (niveaux 4 et 3 de la fig. 10) afin de favoriser la récolte de spécimens de bonne qualité.

Sur les huit échantillons pris en colonne (fig. 10), ceux de la base dans les sables blancs (8 et 7) se sont révélés stériles. Ceux du sommet de la série, pris dans le tuf altéré (1 et 2), ont livré une faune très mal conservée peu représentative des paléoenvironnements. La liste finale (tab. 2) présente le détail des faunes récoltées dans les échantillons 6 à 3 et dans un prélèvement de 30 litres provenant du niveau 4. Ont été ajoutées à cet inventaire la faune recueillie par Puisségur (in Rousseau *et al.*, 1992) et enfin une liste amalgamant les récoltes de 1992 et 2004 qui donne le recensement le plus complet à ce jour de la malacofaune du tuf calcaire de Saint-Pierre-lès-Elbeuf.

St Pierre lès Elbeuf 2004		sable		tuf non altéré			SPE 2004	SPE 1992	SPE 92+04
		6	5	4	3				
Forestiers									
<i>Platyla polita</i>	(Hartmann, 1840)		4	5	4	10	5	x	
<i>Platyla similis</i>	(Reinhardt, 1880)	2	2	4	2	3	17	x	
<i>Carychium tridentatum</i>	(Risso, 1826)	2	7	87	60	67	2	x	
<i>Vertigo pusilla</i>	(Müller, 1774)		1					x	
<i>Acanthimula aculeata</i>	(Müller, 1774)	3	15	36	14	44	57	x	
<i>Ena montana</i>	(Draparnaud, 1801)			1	1	1	25	x	
<i>Discus rotundatus</i>	(Müller, 1774)	1	18	69	73	118	345	x	
<i>Vitrea crystallina</i>	(Müller, 1774)	1	6	93	74	104	63	x	
<i>Aegopis acieformis</i>	(Klein, 1846)						16	x	
<i>Aegopinella pura</i>	(Alder, 1830)	10	44	119	127	130	212	x	
<i>Aegopinella nitidula</i>	(Draparnaud, 1805)	9	28	70	73	81	192	x	
<i>Aegopinella bourdieri</i>	Rousseau et Puisségur, 1989	3	5	19	32	22	52	x	
<i>Retinella (Lyrodiscus) elephantium</i>	(Bourguignat, 1869)						1	x	
<i>Oxychilus navarricus</i>	(Bourguignat, 1870)						16	x	
<i>Zonitoides sepultus</i>	Lozek, 1964				1			x	
<i>Neniaulanta pauli</i>	(Mabille, 1865)					2	11	x	
<i>Cochlodina laminata</i>	(Montagu, 1803)	2	3	6	3	16	35	x	
<i>Macrogastra ventricosa</i>	(Draparnaud, 1801)	1	1	1	1	2	12	x	
<i>Macrogastra plicatula</i>	(Draparnaud, 1801)						4	x	
<i>Clausilia bidentata</i>	(Ström, 1765)	2	6	7	9	23	100	x	
<i>Clausilia pumila</i>	Pfeiffer, 1828	2	5	19	31	32	27	x	
<i>Bradybaena fruticum</i>	(Müller, 1774)		2	1	1	3	19	x	
<i>Bradybaena chouquetiana</i>	(Tournouër, 1877)						1	x	
<i>Monachoides incarnatus</i>	(Müller, 1774)						2	x	
<i>Hygromia limbata</i>	(Draparnaud, 1805)	1		2	6	8	16	x	
<i>Helicodonta obvolvata</i>	(Müller, 1774)	1	2	4	3	8	60	x	
<i>Arianta arbustorum</i>	(Linné, 1758)	1	3	2	13	10	20	x	
<i>Helicigona lapicida</i>	(Linné, 1758)		3	4	2	3	10	x	
<i>Cepaea nemoralis</i>	(Linné, 1758)	4	18	32	21	71	200	x	
Milieu ouvert									
<i>Pupilla muscorum</i>	(Linné, 1758)					1		x	
<i>Vallonia costata</i>	(Müller, 1774)		1			1	3	x	
Mésophiles à tendance forestière									
<i>Lauria cylindracea</i>	(Da Costa, 1778)			1				x	
<i>Punctum pygmaeum</i>	(Draparnaud, 1801)		4	4	7	9	25	x	
<i>Vitrina pellucida</i>	(Müller, 1774)		3	7	7	7	5	x	
<i>Clausilia parvula</i>	Férussac, 1807		5	13	6	24	93	x	
<i>Monacha cartusiana</i>	(Müller, 1774)						2	x	
Mésophiles									
<i>Cochlicopa lubrica</i>	(Müller, 1774)	1	1	7	23	17		x	
<i>Vitrea contracta</i>	(Westerlund, 1871)	7	42	16	17	16	35	x	
<i>Oxychilus cellarius</i>	(Müller, 1774)			1		7		x	
<i>Eucomilus fulvus</i>	(Müller, 1774)			1	1	1	1	x	
<i>Trichia hispida</i>	(Linné, 1758)	2	4	15	15	13	28	x	
Limaces			10	16	10	9	121	x	
Hygrophiles									
<i>Succinella oblonga</i>	(Draparnaud, 1801)		4	7	3	4		x	
<i>Columella sp.</i>			1					x	
Palustres									
<i>Succinea putris</i>	(Linné, 1758)					1	27	x	
<i>Oxyloma elegans</i>	(Risso, 1826)	2	3	13	15	25		x	
<i>Vertigo antivertigo</i>	(Draparnaud, 1801)			2	4	5	10	x	
<i>Zonitoides nitidus</i>	(Müller, 1774)		1	7	1	5	17	x	
Aquatiques									
<i>Belgrandia marginata</i>	(Michaud, 1831)			2		4	8	x	
<i>Valvata piscinalis</i>	(Müller, 1774)			12	15	24	172	x	
<i>Bithynia sp.</i>							2	x	
<i>Galba truncatula</i>	(Müller, 1774)		3	20	21	45	5	x	
<i>Radix balthica</i>	(Linné, 1758)			10	8		9	x	
<i>Lymnaea stagnalis</i>	(Linné, 1758)			1		21	6	x	
<i>Stagnicola palustris</i>	(Müller, 1774)		1		1		33	x	
<i>Bathymorphus contortus</i>	(Linné, 1758)			1			2	x	
<i>Planorbis planorbis</i>	(Linné, 1758)	1		7	7	12	18	x	
<i>Gyraulus albus</i>	(Müller, 1774)						60	x	
<i>Ancylus fluviatilis</i>	(Müller, 1774)						15	x	
<i>Physa fontinalis</i>	(Linné, 1758)						1	x	
<i>Pisidium sp.</i>			1			1	22	x	
Total individus		58	257	744	712	1009	2218		
espèces terrestres		20	31	34	33	37	37	47	
espèces aquatiques		1	3	7	5	6	13	13	
Total espèces		21	34	41	38	43	50	60	
<i>Cecilioides acicula</i>	(Müller, 1774)			1		1	1		

Tab. 2: Malacofaunes du tuf de Saint-Pierre-lès-Elbeuf extraites de la série échantillonnée en 2004 et d'après Puisségur in Rousseau et al., 1992.

Les anciennes collections malacologiques du site ont fait l'objet d'une révision récente (Limondin-Lozouet & Antoine, 2006). L'espèce *Clausilia pumila* regroupe les spécimens nommés *Macrogastra rolphii* et *Laciniaria biphicata* dans la liste de Puisségur.

Tab. 2: Molluscan fauna from Saint-Pierre-lès-Elbeuf tufa sampled in 2004 and after Puisségur in Rousseau et al., 1992. Older collections from this site have recently been reassessed (Limondin-Lozouet & Antoine, 2006). Species *Clausilia pumila* groups the specimens identified as *Macrogastra rolphii* and *Laciniaria biphicata* in Puisségur list.

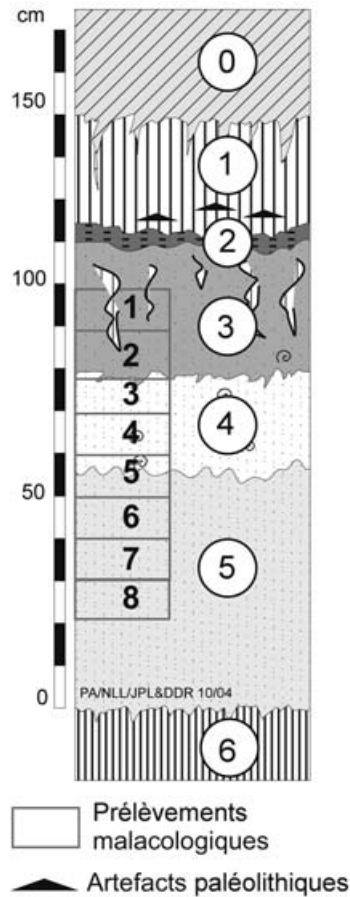


Fig. 10: Relevé stratigraphique du sondage 2004 de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (P. Antoine) et localisation des échantillons malacologiques.

Lithologie : 0- limon brun gris à racines et silex épars, horizon humifère de surface ; 1- limon lœssique argileux compact non calcaire, brun orangé, base du paléosol Elbeuf III ; 2- petit niveau d'argile brun noire compacte ; 3- tuf granulaire altéré brunâtre à passées argileuses et grosses bioturbations remplies par les niveaux 1 et 2, passage progressif de 3 à 4 (altération) sur 5/10 cm ; 4- tuf granulaire fin blanc gris clair à nombreux mollusques, passage très progressif entre 4 et 5 sur 10 cm ; 5- sable quartzueux blanc gris avec petits fragments de silex épars ; 6- limon sablo-argileux brun orangé non calcaire (sommets du sol Elbeuf IV).

Fig.10: Stratigraphy of 2004 profile at Saint-Pierre-lès-Elbeuf (P. Antoine) with position of malacological sampling. Lithology: 0- brownish grey silt with roots and flints, modern soil; 1- brownish loessic silt non calcareous, base of Elbeuf III paleosol; 2- thin level of compact black clay; 3- granular brownish weathered tufa with clayey lenses and big roots filled in with levels 1 and 2 sediment, progressive limit from 3 to 4 over 5/10 cm; 4- fine granular white to light grey tufa with abundant shells, progressive limit from 4 to 5 over 10 cm; 5- greyish white sand with sparse flint fragment; 6- brown sandy clay silt non calcareous (top of Elbeuf IV paleosol).

Outre le matériel de J.-J. Puisségur (conservé à l'Université de Montpellier), il existe deux anciennes collections malacologiques pour le site de Saint-Pierre-lès-Elbeuf, au Natural History Museum de Londres (collection Kennard) et à l'Université de Paris VI Jussieu (collection Munier-Chalmas), qui ont fait l'objet d'une révision récente (Limondin-Lozouet & Antoine, 2006). Plusieurs changements taxonomiques dans la liste de J.-J. Puisségur ont résulté de ce nouvel examen, ainsi sont maintenant recensés à Saint-Pierre-lès-Elbeuf les espèces suivantes : *Retinella* (*Lyrodiscus*) *elephantium*, *Platyla similis*, *Belgrandia marginata*, *Zonitoides sepultus*, *Oxychilus navarricus*, *Hygromia limbata*. Par ailleurs, les spécimens nommés *Macrogastra rolpheii* et *Laciniaria biplicata* dans la liste de Puisségur (in Rousseau et al., 1992; tab. 2) sont réattribués à l'espèce *Clausilia* cf. *pumila*.

4.3.2 - Implications paléoenvironnementales et paléoclimatiques

Les listes d'espèces sont organisées d'après les groupes écologiques définis par Puisségur (1976) et la répartition des individus au sein de ces différents groupes est représentée par un diagramme simplifié (fig. 11). Ce dernier illustre bien la remarquable homogénéité des assemblages malacologiques récoltés à Saint-Pierre-lès-Elbeuf. La légère variation perceptible dans les prélèvements 6 et 5 (fig. 11) est surtout imputable au caractère plus pauvre des malacocénoses moins bien conservées dans ce niveau sableux. Dès la base du tuf calcaire (niveau 4) les communautés malacologiques sont très développées et très stables dans la répartition de leurs effectifs entre les différents groupes. Ce caractère peut être interprété comme l'indice d'une durée relativement courte pour la formation du dépôt tufacé.

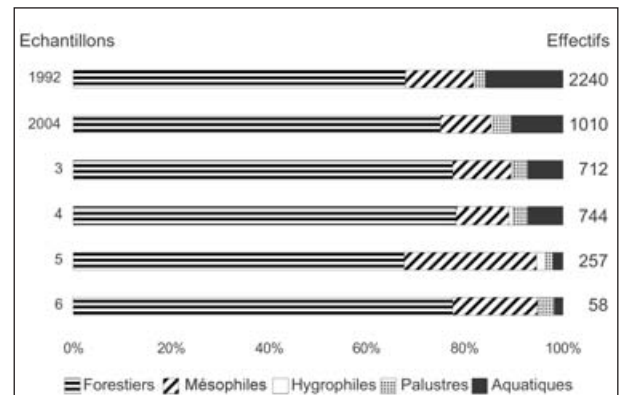


Fig. 11: Diagramme de répartition des individus au sein des différents groupes écologiques détaillés sur le tableau 2, exprimée en pourcentages.

Les groupes « Milieu ouvert, Mésophiles à tendance forestière et Mésophiles » du tableau 2 ont été rassemblés en « Mésophiles » sur le graphique.

Fig. 11: Shell percentage diagram following ecological groups used in table 2. The diagram mesophilous group is equivalent to Mesophilous and Open ground species of table 2.

Au total la faune de Saint-Pierre-lès-Elbeuf compte 60 espèces dont 47 terrestres incluant 29 forestiers (tab. 2). Cette richesse permet sans conteste de l'attribuer à une phase d'optimum interglaciaire. Comme l'avait souligné J.-J. Puisségur, cette malacofaune très majoritairement terrestre est fortement dominée par les mollusques forestiers. Parmi ces derniers se trouve un certain nombre d'espèces disparues (fig. 12) (*Retinella* (*Lyrodiscus*) *elephantium*, *Zonitoides sepultus*, *Aegopinella bourdieri*, *Aegopis acieformis*) ainsi que plusieurs gastéropodes dont la répartition actuelle est soit plus océanique (*Laminifera pauli*, *Hygromia limbata*) voire méridionale (*Platyla similis*); soit centre-européenne (*Platyla polita*, *Macrogastra ventricosa*, *Macrogastra plicatula*, *Clausilia pumila*). Cette composition fait la spécificité des faunes de tufs septentrionaux de cette période, elle permet de définir un environnement de forêt humide assez dense. Cette interprétation est confortée par le cortège secondaire, composé d'espèces à valence écologique plus large (mésophiles) ou attirées par les

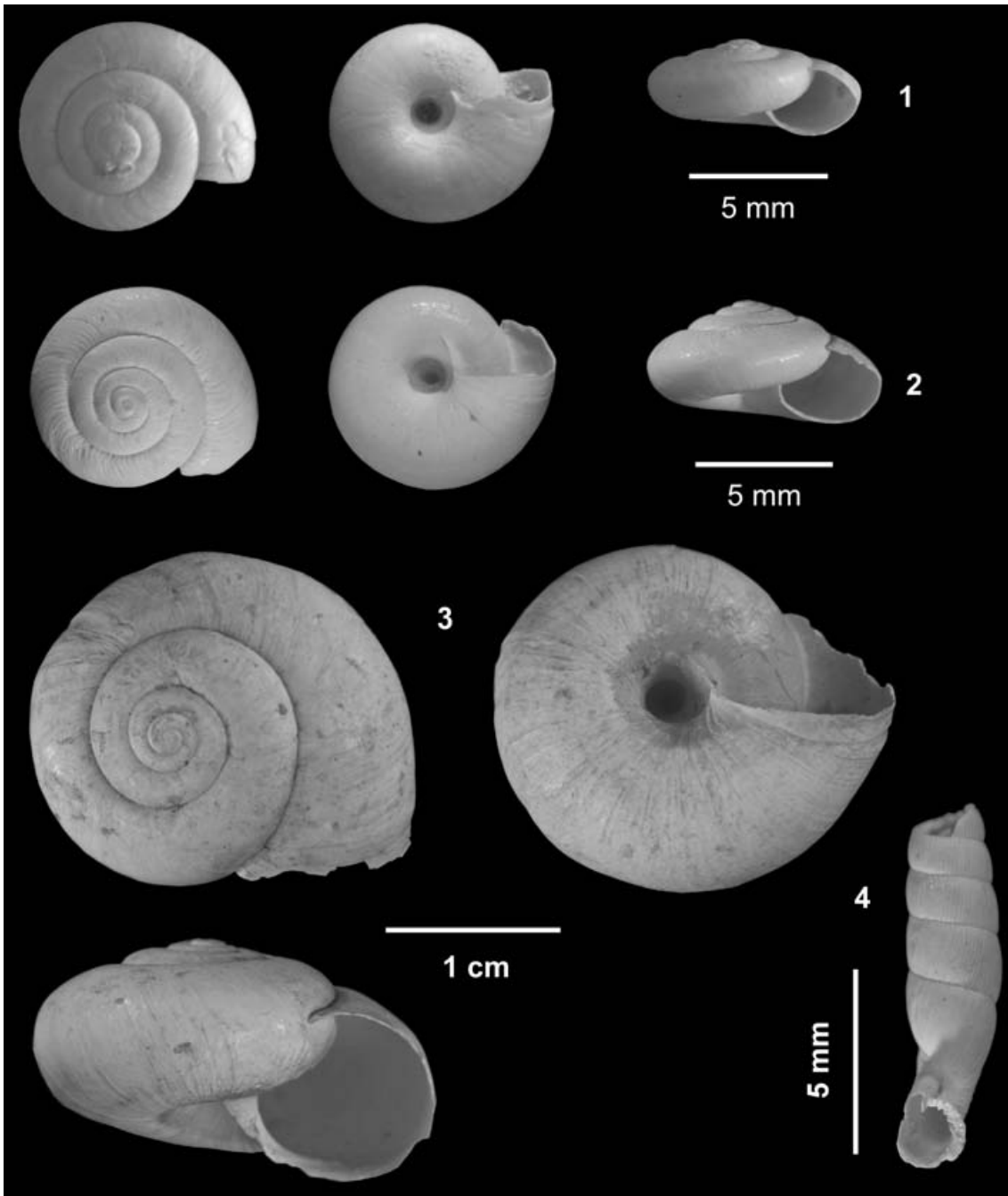


Fig. 12: Espèces allochtones du tuf de Saint-Pierre-lès-Elbeuf.

1, *Zonitoides sepultus*, Lozek, 1964, coll. Kennard, Natural History Museum, Londres. 2, *Retinella (Lyrodiscus) elephantium* Bourguignat, 1869, coll. Puisségur SP01, Université de Montpellier. 3, *Bradybaena chouquetiana* Tournouër, 1877, coll. Munier-Chalmas, Université Paris VI. 4, *Laminifera pauli* Mabilie, 1865, coll. Munier-Chalmas, Université Paris VI.

Fig. 12: Some allochthonous species from Saint-Pierre- lès-Elbeuf tufa.

habitats humides (hygrophiles et palustres) mais où les mollusques de milieu ouvert et sec sont totalement absents.

Le cortège des mollusques aquatiques est beaucoup plus développé dans l'assemblage de 1992 que dans les nouvelles récoltes (tab. 2 et fig. 11). Leur présence signale sans conteste la proximité d'un plan d'eau mais cette abondance variable met également en évidence la capacité des mollusques à rendre compte des changements ponctuels du paysage. À quelques dizaines de mètres de distance l'influence du milieu aquatique peut apparaître beaucoup moins marquée en fonction de la position du point d'échantillonnage par rapport au cours

d'eau. Les assemblages malacologiques de Saint-Pierre-lès-Elbeuf sont représentatifs des biotopes forestiers qui se sont développés sur le tuf, très probablement en position de berge, et ont pu occasionnellement être touchés par les inondations de la rivière. Par comparaison le tuf d'âge similaire observé sur le site de Saint-Acheul livre une malacofaune qui, si elle contient les marqueurs forestiers caractéristiques du stade 11, est beaucoup plus marquée par le développement des mollusques dulci-coles et d'espèces de milieu ouvert et humide (Limondin-Lozouet & Antoine, 2006). À Saint-Acheul, l'association malacologique rend compte de paysages de berge ouverts à bosquets, la formation du tuf apparais-

sant alors plus directement liée au fonctionnement de la rivière, elle contient d'ailleurs des oncolithes et des fragments de branches encroûtés, typiques d'un dépôt fluvial (Antoine & Limondin-Lozouet, 2004).

Bien que liée à des conditions d'optimum interglaciaire, cette faune pour laquelle il n'existe aucun analogue actuel, est très difficile à interpréter avec davantage de précision du point de vue des températures. Précédemment (Puisségur *in* Lautridou, 1974; Rousseau *et al.*, 1992), ces assemblages ont été interprétés comme représentatifs d'un climat plus chaud que l'actuel. Cependant, les nouvelles études et la révision récente des faunes de mollusques et des flores qui leur sont associées sur plusieurs dépôts de tufs de la région (Antoine & Limondin-Lozouet, 2004; Limondin-Lozouet & Antoine, 2006; Jolly-Saad *et al.*, 2006; Limondin-Lozouet *et al.*, 2006) ont conduit à éliminer des listes faunistiques et floristiques la plupart des taxons méditerranéens sur lesquels s'appuyait cette interprétation paléoclimatique. Actuellement l'occurrence dans la vallée de la Seine d'espèces dont la répartition européenne moderne est, soit plus méridionale, soit plus continentale, est mise en relation avec la longueur de l'Interglaciaire équivalent du stade isotopique 11 et ses contrastes saisonniers peu accusés soulignés par les climatologues (Droxler *et al.*, 2003; Loutre & Berger, 2003), plutôt qu'avec une hausse sensible des températures par rapport aux valeurs de l'Holocène. Récemment la reprise des études sur le tuf de Beeches Pit en Grande-Bretagne, daté lui aussi du stade 11, conduit à proposer une interprétation nuancée sur la signification climatique de l'assemblage à «*Lyrodiscus*», et à reconstituer des milieux plus humides, mais pas forcément plus tempérés que l'actuel dans ces milieux continentaux (Preece *et al.*, 2007).

5 - LES DATATIONS

La présence de quatre cycles glaciaire-interglaciaire sous le complexe weichselien nous amène à attribuer à la séquence Elbeuf IV - sables blancs-tuf un âge d'environ 400 ka (stade isotopique 11). La datation U / Th du tuf de Vernon, à faune identique, qui donne 350-400 ka (Lécolle *et al.*, 1990; Rousseau *et al.*, 1992) conforte notre point de vue. Le paléomagnétisme des lœss montre une polarité positive attribuée à la période Brunhes (Biquand & Lautridou, 1979). La méthode de la racémisation des acides aminés (aminochronologie) a été appliquée au tuf dans le cadre d'une comparaison avec les autres sites de la vallée de la Seine. Selon Bates (1993), le rapport D / L (alloïsoleucine sur isoleucine) à partir de coquilles de *Cepaea* sp. et de *Pisidium* sp. a donné respectivement $0,228 \pm 0,026$ et $0,240 \pm 0,026$. Occhietti *et al.* (1987) évaluent les rapports ALO / ILE et THR / GLU sur *Cepaea hortensis* et débris de coquilles à respectivement 0,263-0,331 (ALO / ILE) et 0,331-0,249. Ces chiffres sont proches de ceux des paléostuaires de Tourville et de Tancarville attribués au stade isotopique 7 (Balescu *et al.*, 1997; Lautridou, 2003). Ces âges appa-

raissent donc trop jeunes. Par contre, pour le tuf de Vernon, un âge beaucoup plus ancien est plausible : rapports 0,298 à 0,376 (Bates, 1993), 0,428-0,502 ALO / ILE (Occhietti *et al.*, 1987).

La datation relative des lœss anciens de Normandie par mesure de la thermoluminescence artificielle sur quartz puis feldspath a amené Balescu (1988) à contester la signification des limons 11 à 15 situés entre les paléosols Elbeuf II et Elbeuf III en raison de leur charge en sables fins et moyens, plus de 30 %, de leur courbe granulométrique bimodale, et des résultats de ses mesures témoignant de chiffres proches d'Elbeuf II à Elbeuf III. Des analogies peuvent aussi être établies avec un lœss situé sous Elbeuf III à Saint-Pierre et sous un sol assimilé à Elbeuf II à Saint-Romain-de-Colbosc (Pays de Caux), Mesnil-Esnard (Rouen) et Cagny (Somme). Selon Balescu (1988), on aurait un complexe de deux sols interglaciaires (Elbeuf II et Elbeuf III) séparés par des colluvions (11 à 15), le tout étant regroupé dans le stade isotopique 7. De plus, les nettoyages récents montrent bien que les limons 11 à 15, situés entre Elbeuf II et Elbeuf III, à Saint-Pierre, sont bien des lœss comme on les retrouve sur les plateaux normands : limons à doublets typiques semblables à ceux de Saint-Romain-de-Colbosc (Lautridou, 1985).

5.1 - LE PROGRAMME DE DATATION DES SÉDIMENTS QUATERNAIRES DE LA BRIQUETERIE DE SAINT-PIERRE-LÈS-ELBEUF

Une série d'environ 15 échantillons de sédiments a été prélevée à l'automne 2004 et des analyses de luminescence optique ont été réalisées aux laboratoires LSCE de Gif-sur-Yvette (pour les quartz) et de l'université du Québec à Montréal, laboratoire Lux (pour les feldspaths). Des âges préliminaires sont présentés sur le tableau 3, les résultats devraient stimuler la discussion sur la période temporelle représentée par les séquences lœssiques de la Normandie.

La luminescence optiquement stimulée est proportionnelle au temps écoulé depuis la dernière exposition des minéraux au rayonnement solaire. Dans ce sens, cette méthode se prête particulièrement bien aux dépôts éoliens tels les lœss. Suite à l'enfouissement des grains à l'intérieur de la séquence sédimentaire, la radioactivité environnementale (et interne aux grains) interagit avec la matière et ionise ainsi les atomes des minéraux tels les feldspaths et les quartz. Les électrons libres créés par ce rayonnement peuvent se piéger dans les défauts de la maille cristalline. Plus la période d'enfouissement est longue, plus la densité de ces électrons sera élevée. Après prélèvement sur le terrain, les minéraux sont extraits de la matrice en laboratoire et stimulés optiquement sur un système de luminescence. Les électrons sont dépiégés et certains d'entre eux se recombinaient à des centres luminescents. Le niveau de luminescence naturelle est alors proportionnel à la quantité totale de radiation reçue (i.e. la paléodose), donc au temps, si le taux annuel de radiation (i.e. la dose annuelle) est constant. Si on peut évaluer ce taux de radiation, on obtient l'équation d'âge en luminescence :

AGES IRSL				
	Échantillon	Age IRSL (en ka)	Stade isotopique	Incertitude (en ka)
couche 2 (Weichselien)	spe 1	54		4
couche 3 (humifère)	spe 2	93		7
couche 4 (cailloutis)	spe 3	153		12
couche 4 bis (lœss)	spe 4	115		9
couche 5 (Elbeuf I)	spe 5	164	5	13
couche 6 (lœss)	spe 6	174		14
couche 7 (lœss)	spe 7	197		16
couche 10 (Elbeuf II)	spe 8	247	7	20
couche 10 bis (lœss)	spe 10	292		23
couche 18 (Elbeuf III)	spe 11	310	9	25
couche 28 (Elbeuf IV)	spe 15	475	11	38
sables blancs – coupe 2	spe 14	396		32

Tab. 3 : Ages IRSL obtenus sur les sédiments du Pléistocène moyen et supérieur de la séquence de Saint-Pierre-lès-Elbeuf.
Tab. 3: IRSL dates obtained from Middle and Upper Pleistocene sediments from the Saint-Pierre-lès-Elbeuf sequence.

Age (en années) = Paléodose (en Gy) / Dose annuelle (en Gy / année)

Comme toute méthode de datation, la luminescence optique est sujette à de nombreuses sources d'incertitude, aussi bien au niveau de la mesure des grandeurs physiques que de celui des processus effectivement datés. Dans le cas des feldspaths potassiques, la luminescence est stimulée par des diodes infrarouges, et la méthode est donc connue sous le terme d'IRSL (*Infrared stimulated luminescence*). La mesure de l'IRSL est relativement précise (ca 2 à 5 %) mais deux sources d'incertitude demeurent problématiques dans la détermination de l'âge IRSL. Une première source d'erreur est la remise à zéro des minéraux qui peut être incomplète, la conséquence étant l'obtention d'un âge trop vieux. C'est l'interprétation que l'on donne aux âges élevés des échantillons spe 3 et 4, qui proviennent de sols dont une partie des grains peut provenir du remaniement de la surface lœssique saaliennne. Une deuxième source d'erreur est l'instabilité temporelle de la luminescence des feldspaths, qui est anormale car contraire aux modèles classiques de la physique de l'état solide. Ce problème, connu sous le nom d'*anomalous fading*, est identifié en laboratoire lorsque la luminescence des feldspaths récemment irradiés diminue avec le temps, sans stimulation. On interprète alors que la luminescence naturelle est inférieure à celle qui aurait été induite par une dose égale à la paléodose. Dans le cas des échantillons de lœss de la Normandie, cette sous-estimation peut atteindre 30-40 % pour le niveau de luminescence naturelle, ce qui se traduit par des sous-estimations de paléodoses de l'ordre de 50 % et plus. Ceci résulte du fait que la luminescence augmente avec la dose reçue suivant une courbe de saturation exponentielle.

Les âges reportés sur le tableau ont été corrigés pour le fading par une méthode dérivée des corrections proposées par Huntley & Lamothe (2001), Auclair *et al.* (2003) et Lamothe *et al.* (2003). Il faut insister ici sur le caractère préliminaire de ces résultats, car d'autres mesures seront nécessaires afin de préciser en particulier le taux

d'*anomalous fading* de tous les échantillons de Normandie afin de vérifier les valeurs de l'ordre de 4 à 5 % (par décade) obtenues à ce jour. Les résultats présentés sont ceux obtenus pour les grains de sable fin, de l'ordre de 62 à 88 µm. Des mesures similaires seront publiées plus tard pour la fraction granulométrique des silts fins (4 à 8 µm), ceci afin de tester l'hypothèse que les grains de sable fin mesurés sont bien remis à zéro dans l'ensemble, et donc que les âges rapportés sont valides.

On notera que les incertitudes sont très élevées, celles-ci reflètent

1) la propagation de l'erreur sur la mesure de g, soit le taux d'*anomalous fading*, sur la période géologique considérée;

2) le fait que les feldspaths «normands» de la taille de 62 à 88 µm sont peu luminescents.

Bien que l'interprétation des âges obtenus doive tenir compte des «avertissements» de la section précédente, il apparaît que la séquence lœssique de Saint-Pierre-lès-Elbeuf semble couvrir une bonne partie du Pléistocène moyen et supérieur. Les âges de la base de la section portent des marges d'erreur importantes car la luminescence naturelle se rapproche du niveau de saturation exponentielle. Les âges probables tiennent donc compte de la grande dispersion suggérée par les mesures physiques. L'attribution aux stades isotopiques de la stratigraphie océanique demeure donc hypothétique. Cependant, sauf pour les deux niveaux de sols humifères au-dessus d'Elbeuf I (spe 3 et 4), les âges forment un ensemble chronostratigraphique systématique et cohérent (tab. 3). Cette séquence peut donc être corrélée de façon relativement harmonieuse avec les épisodes de densité élevée de poussières rencontrées dans les carottes de glace de l'Antarctique (e.g. EPICA, 2004), ce qui confirmerait que cette couverture de lœss reflète des conditions climatiques à l'échelle du globe. De plus, la chronologie «longue» de l'ensemble de la séquence souligne l'importance des découvertes archéologiques qui y ont été faites.

6 - LES OCCUPATIONS HUMAINES

Comme nous l'avons évoqué à plusieurs reprises (Cliquet & Lautridou, 2005), la plus longue séquence illustrant l'occupation humaine actuellement reconnue en Normandie a été observée précisément dans la briqueterie de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Chédeville, 1896).

En effet, depuis le XIX^e siècle, les limons et la nappe de Saint-Pierre ont livré un abondant matériel lithique correspondant à de nombreuses implantations se succédant dans le temps depuis l'Acheuléen jusqu'au Néolithique. Cependant, seules les pièces caractéristiques ont été conservées, notamment dans des collections de musées (Musée de l'Homme à Paris – collections Dubus et Kelley –, Muséums de Rouen et d'Elbeuf), les éclats de décortilage, d'aménagement et de façonnage n'ont pas été déposés dans les collections ; par ailleurs, peu de pièces sont situées en chronostratigraphie.

Toutefois, plusieurs faciès ont été déterminés suite aux observations effectuées par G. Verron et corrélés avec le stratotype décrit et interprété par J.-P. Lautridou (Lautridou & Verron, 1970). Ce sont des industries rapportées au Paléolithique supérieur (sans localisation précise), au Moustérien (couches 4 à 6), au «Micoquien» (couches 7 à 9), à l'Acheuléen (disséminées dans les couches 12 à 28) et une industrie ancienne en contexte fluviatile (couche 32).

La reprise des données environnementales du site s'est accompagnée d'un ré-examen du mobilier lithique conservé au Musée de l'Homme. Ce travail, conduit dans le cadre d'un mémoire universitaire, portant sur l'analyse technologique des bifaces acheuléens du site, soutenu à Paris I / Sorbonne (Leroy, 2005), a permis de préciser les schémas opératoires mis en œuvre pour confectionner des pièces bifaciales.

6.1 - UNE OCCUPATION À LA CONFLUENCE DE LA SEINE ET DE L'OISON VIEILLE D'ENVIRON 350 000 ANS

Comme nous l'avons évoquée en introduction, la récente découverte de mobilier lithique en place à l'occasion d'un prélèvement du tuf dans l'ancienne briqueterie Gapenne/Michel (IV de la fig. 2) a motivé la conduite d'une intervention programmée, en 2005, en raison de la faible profondeur d'enfouissement du niveau archéologique (entre 30 et 80 cm). Ce dernier correspondrait, sur la base des données stratigraphiques, à un sol d'occupation en contexte frais (stade isotopique 10), affecté par la pédogenèse du paléosol Elbeuf III.

6.1.1 - Observations taphonomiques

Le mobilier archéologique se trouve avec une faible dispersion verticale des artefacts au sein du lœss qui recouvre le tuf (de 5 à 30 cm).

Les déplacements ne semblent pas très importants malgré un pendage de la couche archéologique non négligeable, comme en témoignent les blocs affectés par le gel post-occupation. En effet, plusieurs blocs de silex sont fragmentés en place. Ils attestent d'un faible impact des phénomènes taphonomiques après recouvrement et abandon du site.

Par ailleurs, la multitude de petits éléments collectés à la fouille (2435 objets recueillis sans tamisage) plaide en faveur d'un niveau archéologique peu perturbé.

Enfin les quelques raccords pratiqués entre les enlèvements n'expriment pas une forte dispersion des artefacts.

6.1.2 - Analyse spatiale de la surface étudiée

L'analyse pratiquée en 2005 sur le niveau archéologique n'a porté que sur 150 m² conservés ; il serait illusoire de tenter d'interpréter au plan spatial les éléments collectés. Dans l'état actuel de nos connaissances, nous avons pu définir que la surface conservée du niveau d'occupation avoisine 350 m². Nous ignorons la représentativité de ce vestige de sol d'occupation par rapport à l'horizon initial. Celui-ci a été partiellement démantelé par l'extraction de la terre à brique, le creusement de fosses-dépotoirs, l'implantation d'un four à brique et par la troncature liée à l'encaissement de la vallée de la Seine. Aussi, seules quelques remarques peuvent être actuellement formulées.

La densité du mobilier

Malgré l'exiguïté de la surface analysée en 2005, le site s'est avéré riche en mobilier, notamment en petits éléments. Cela semblerait traduire de faibles perturbations naturelles au sein du lœss.

À Saint-Pierre / Propriété Gapenne/Michel, la densité en artefacts avoisine 22,3 pièces au m² si on prend l'ensemble des pièces débitées et façonnées ; cette densité descend à 6,07 artefacts au m² si on ne tient pas compte des petits éléments et des esquilles.

Quelques gisements approximativement du même âge fournissent des éléments de comparaison.

Dans la vallée de la Somme, à Cagny, le site de la Ferme de l'Épinette, associé à un sol gris forestier de type début glaciaire serait rapportable au début du stade 10 de la chronologie isotopique (Lamotte, 1999). Il serait donc sub-contemporain du nôtre. Les observations effectuées sur 2 500 m² révèlent une densité en artefacts faible (0,44 pièce au m²).

Les niveaux d'occupations du site de Soucy, dans l'Yonne ont été corrélés avec le stade isotopique 9 (Lhomme *et al.*, 2000 ; Lhomme & Connet, 2001). Ces implantations s'inscrivent dans les alluvions de la moyenne terrasse de l'Yonne.

Neuf niveaux archéologiques distincts ont été identifiés comportant outre le mobilier lithique constitué d'éléments de chaînes de débitage (Soucy 6 et Soucy 2) et de chaîne de façonnage (Soucy 5 - I, Soucy 5 - 0, Soucy 1, Soucy 5 - II, Soucy 3 - P et Soucy 3 - S), de nombreuses pièces de faune.

La densité des pièces lithiques oscille entre 0,6 pièce au m² et 90 objets au m² (moyenne de 12,5 pièces au m²; Lhomme & Connet, 2001).

De ce fait, le niveau de Saint-Pierre / Propriété Gapenne/Michel intègre les sites considérés comme denses en mobilier lithique. Cette observation a été confirmée durant la campagne de fouilles de l'été 2007.

De rares pièces de faune

La surprise durant la fouille a consisté en la découverte de 3 fragments osseux de grand(s) herbivore(s). Ce matériel très affecté par les agents physico-chimiques a nécessité une consolidation avant détermination. Cette dernière reste à faire.

6.2 - COMPOSITION DE L'INDUSTRIE (ÉTUDE PRÉLIMINAIRE PORTANT SUR LE MOBILIER DE LA CAMPAGNE DE FOUILLE 2005; TAB. 4)

Le mobilier collecté sur le «niveau archéologique» apparaît constitué d'objets modifiés par l'homme (industrie lithique) et d'éléments naturels, soit rapportés par les Préhistoriques, soit issus du versant. Ces éléments comportent à la fois des galets, des blocs issus de l'argile à silex et des petits galets avellanaires originaires des formations du plateau.

La série étudiée comporte donc 3397 objets dont 58 blocs et galets bruts pouvant éventuellement correspondre à des «réserves» de matière première. Les éléments débités regroupent de très nombreux petits éléments (n: 2435) qui constituent plus de 70 % du corpus. Les artefacts de grandes dimensions témoignent de la mise en œuvre de chaînes opératoires de débitage et de façonnage.

Le débitage est illustré par un grand nombre d'éclats bruts (50 %), quelques enlèvements retouchés (4 %), de nombreux nucléus et blocs testés (plus de 8 %), et le façonnage par une abondante série d'éclats de façonnage (26 %) et deux pièces bifaciales.

Tous les éléments des chaînes de débitage et de façonnage sont représentés sur le site: éclats de décorticage, éclats de plein débitage, d'entretien et de réaménagement, enlèvements de confection (façonnage et retouche), et multitude de petits éléments et d'esquilles.

Parmi les éclats de façonnage collectés, des ensembles ont pu être individualisés en fonction des matières premières et de leur état physique. Ils proviennent d'au moins deux blocs différents; le mieux représenté correspond à la mise en volume et à l'affûtage d'un biface qui n'a pas été retrouvé sur la partie du sol d'occupation analysée.

Comme nous venons de l'évoquer, le mobilier recueilli présente divers états de surface. Différents états physiques ont été reconnus, allant de l'éclat «frais» à la pièce roulée. Parmi les éléments roulés figurent 5 éclats et 39 blocs et galets. La distribution spatiale des vestiges lithiques en fonction de leur état physique semble aléatoire. Notons simplement que quelques blocs préalablement taillés ont été récupérés par les préhistoriques, peut-être sur les berges de la Seine et de l'Oison. Ces différences d'état physique sont signalées dans les séries récemment fouillées de la Somme, dans les couches IO, IIA et IIB de Cagny l'Épinette, associées aux sédiments qui constituent la séquence fluviatile fine, alors qu'elles font défaut dans les assemblages des niveaux H de l'Épinette et MS de la Ferme de l'Épinette, en contexte lœssique (Lamotte, 1999).

Composition de l'assemblage lithique	n	%	% réduit
Outils sur éclat	22	0,65	2,69
Outils sur galet et nucléus	5	0,15	0,61
Outils bifaciaux	2	0,06	0,24
Outil sur débris	1	0,03	0,12
Eclats retouchés	10	0,29	1,22
Nombre d'outils	40	1	4,88
Eclats bruts	413	12,16	50,49
Eclats de façonnage	216	6,36	26,41
Eclats de retouche	81	2,38	9,9
Total des enlèvements non transformés	710	20,95	86,8
Blocs et galets "bruts"	58	1,71	
Galets chauffés	3	0,09	
Nucléus et blocs testés	68	2	8,31
Petits éléments et esquilles	2435	71,68	
Débris	83	2,44	
Total général	3397	100	100

Tab. 4: Composition de la série lithique du site de Saint-Pierre-lès-Elbeuf.
Tab. 4: Saint-Pierre-lès-Elbeuf composition of the lithic series.

Si certains artefacts arborent un aspect mat, rêche au toucher, d'autres présentent un lustrage parfois très prononcé. Il n'est pas impossible que ces états de surface diversifiés soient liés aux différentes sources d'approvisionnement exploitées par les Préhistoriques et aux conditions physico-chimiques qui affectent le mobilier lithique. Deux ensembles illustrent le raccord de pièces présentant un aspect différent : le premier concerne un enlèvement cassé, le second, un raccord de deux éclats de façonnage.

6.2.1 - La matière première

L'étude du mobilier collecté au sein du niveau archéologique atteste de l'exploitation de matières premières issues de milieux différents. Deux types de roches ont été rencontrés lors des travaux de fouille : le silex, très abondant, et de rares blocs de grès très altérés.

Seul le silex a été retenu, dans le cadre de l'analyse technologique, les blocs de grès étant restés bruts et ne présentant pas de traces d'utilisation.

Une première série d'observations a été conduite sur les matériaux restés bruts apportés par les Préhistoriques sur le sol d'occupation. Rappelons que ce niveau archéologique s'inscrit dans un loess, ce qui plaiderait en faveur d'une implantation en contexte frais à froid. Une seconde analyse a porté sur l'ensemble du mobilier débité ou façonné collecté sur la zone fouillée.

Ces observations attestent de l'utilisation de galets roulés par la rivière ou le fleuve, collectés en contexte de berge ou de chenaux anastomosés qui constituaient le cours de la Seine. Les blocs issus de l'argile à silex du plateau ont majoritairement été exploités. De contours plus tourmentés, ils présentent des puits de dissolution et s'avèrent souvent affectés par le gel. La lecture de la carte géologique rapporte les silex de l'argile à silex au Crétacé.

6.2.2 - Débitage et façonnage

Si les artefacts liés au débitage s'avèrent majoritaires (environ 63 % des pièces produites), notons que le façonnage est bien représenté au sein de l'assemblage (environ 26 %).

La lecture technologique des enlèvements et des nucléus à leur état d'abandon atteste de la mise en œuvre de différents schémas opératoires destinés à la production d'éclats ; les éclats laminaires étant exceptionnels.

6.2.2.1 - La production d'éclats

La lecture technologique des éclats de débitage et des nucléus à leur état d'abandon illustre les différents schémas opératoires mis en œuvre par les préhistoriques. Parmi ceux-ci figurent à la fois la gestion de surface parallèle (débitage direct unipolaire, gestion récurrente centripète...), la gestion de surface sécante (débitages alternant, «clactonien», dans la mouvance du Discoïde...) et enfin la gestion de surface semi-tournante.

Le test de la matière première a été reconnu sur les galets (n : 12 dont un aménagé en outil) et sur les blocs (n : 3). Ces rognons pouvaient constituer une réserve de matière première sur le site même. Rappelons que le silex était présent en bordure du plateau et dans les alluvions grossières des nappes de la Seine et de l'Oison.

Parmi les méthodes de débitage figurent :

Le test de matière première. Ce test consiste à enlever un ou plusieurs éclats sur un rognon. Bien que quelques blocs semblent aptes à la taille, ces pièces n'ont pas fait l'objet d'un débitage plus poussé. Les enlèvements obtenus sont de modules et morphologies variés, selon la forme du bloc ou du galet support de débitage. Certains produits portent du cortex (débitage sur blocs corticaux et sur galets) d'autres en sont dépourvus (mise en œuvre d'éclats de gel).

Le débitage direct unipolaire est aussi attesté. Il vise à produire quelques éclats depuis une surface de plan de frappe naturelle ou sobrement aménagée. Le tailleur exploite ici les convexités naturelles du support et les angles favorables au détachement d'éclats. Les supports de débitage regroupent des blocs, des galets et utilisent la face ventrale de certains éclats naturels (éclats de gel) ou préalablement débités. Le débitage s'effectue principalement parallèlement au plan d'intersection des deux surfaces du support ; quelques enlèvements ont été obtenus (volontairement) par un débitage sécant.

Ce mode de production peut investir plusieurs surfaces du nucléus. Ces dernières sont alors gérées indépendamment, toujours en ayant recours aux angles favorables et aux convexités naturelles.

Le débitage unipolaire se retrouve avec les *gestions de surfaces semi-tournantes*. L'artisan exploite le nucléus selon le principe même de récurrence ; chaque enlèvement crée une nervure guide et / ou aménage une convexité. Le principe s'auto entretient, mais reste de faible productivité.

La gestion bipolaire opposée s'avère beaucoup plus rare.

La gestion récurrente centripète est illustrée par un nucléus dont les produits arborent une morphologie d'éclats Levallois. Ces enlèvements typo-Levallois sont obtenus par une gestion centripète. Le principe utilise les convexités naturelles du support de débitage. Seule la surface de débitage présente des négatifs d'enlèvements. La face inférieure du nucléus est restée « naturelle ». Il n'y a donc pas de hiérarchisation des surfaces. Le dernier enlèvement tend à devenir sécant, en raison de l'absence d'entretien des convexités (prédétermination).

L'originalité de la série consiste en la présence de deux nucléus de gestion de surface. Comme pour le « mobilier classique », les débitages parallèle et sécant sont représentés.

La gestion de surface par débitage sécant s'exprime selon divers schémas opératoires.

Le débitage «clactonien» type High Lodge ou *système par surface de débitage alternée* (S.S.D.A. de Forestier, 1993) est illustré par deux nucléus et sans doute trois galets aménagés. En effet, il est délicat de déterminer si la finalité du débitage a été la production d'un outil sur galet ou d'éclats obtenus par un débitage alternant, voire les deux.

La méthode utilise alternativement la surface de débitage comme surface de plan de frappe et inversement. Plusieurs enlèvements unipolaires peuvent être débités lors de chacune des séquences de débitage. Les produits obtenus sont dans un premier temps corticaux et partiellement corticaux, dont les «couteaux à dos». L'essentiel de la production arbore des talons lisses et inclinés.

Certains nucléus de débitage alternant parallèle puis sécant, s'inscrivent dans la mouvance des productions Discoïde et Quina.

Comme pour la production «clactonienne» l'artisan utilise l'ancienne surface de débitage comme surface de plan de frappe en alternance. Plusieurs séquences peuvent se succéder. Les produits obtenus ne sont pas standardisés, mais peuvent être assez minces.

Conclusion partielle

Les nucléus illustrent les conceptions de débitage mises en œuvre par les paléolithiques de Saint-Pierre. Les méthodes employées témoignent essentiellement de l'utilisation de schémas à faible prédétermination, gérant une ou plusieurs surfaces. La gestion sécante l'emporte sur la gestion parallèle. On pourrait y voir une recherche de produits plutôt larges et épais, au talon incliné. Les méthodes expédientes sont illustrées par le «test» de certains nucléus et le débitage direct.

Cependant rappelons que certains enlèvements typolevallois pourraient être issus de schémas opératoires Levallois? Aucun nucléus Levallois n'a cependant été mis en évidence sur l'espace analysé.

6.2.2.2 - L'outillage sur éclat

Les outils confectionnés sur éclats ne comportent que des enlèvements issus de chaînes opératoires de débitage; aucun éclat de façonnage ne semble avoir été modifié.

À l'exception d'un racloir (fig. 13, n° 5) aménagé sur un éclat débordant de grande taille qui pourrait être issu d'un schéma opératoire Levallois, les outils sont de petites dimensions et comportent principalement des encoches et des denticulés (fig. 13, n° 3).

À cette panoplie confectionnée sur éclat, s'ajoute une encoche aménagée sur un débris cortical, un racloir concave aménagé sur un galet (peut être testé) et trois probables galets aménagés qui intègrent l'outillage lourd.

6.2.2.3 - Le façonnage

Les bifaces (n : 2) et les éclats de coup de tranchet (n : 3)

Si les bifaces ne sont représentés que par une pièce entière et une partie apicale, la production bifaciale est illustrée par au moins deux ensembles d'éclats de façonnage (fig. 13, n° 4). Ceux-ci témoignent d'une activité de

façonnage sur le site même; par ailleurs certains petits enlèvements de retouche pourraient attester d'un affûtage, voire d'un réaffûtage de certaines pièces, notamment illustré par trois éclats de coup de tranchet.

Certains éclats de façonnage ont pu être raccordés.

Le biface entier (fig. 13, n° 1) intègre la catégorie des pièces cordiformes allongées de Bordes; c'est une pièce relativement plate qui présente en son centre une importante cavernosité qui affaiblissait fortement l'objet durant sa fabrication.

Le vestige d'une surface naturelle sur une face et la présence d'une plage corticale sur l'autre semblent plaider en faveur de l'utilisation d'un éclat de gel cortical, issu de l'argile à silex.

Les négatifs des grands enlèvements envahissants sur la face conservant la plage corticale semblent indiquer que l'artisan a davantage «pelé» la surface du support que «sculpté» un bloc. En témoigne le nombre réduit d'éclats de façonnage nécessaires, dont beaucoup conservent leur contrebulbe ou se devinent à proximité du tranchant.

La construction «volumétrique» de la pièce a été effectuée principalement au percuteur organique; cependant quelques éclats au contre-bulbe bien marqué et profond attestent de l'utilisation du percuteur dur (pierre).

Les vestiges d'éclats indiquent une réduction initiale du support sur la face affectée par la cavernosité. L'artisan a sans doute préféré gérer cette première surface afin de mettre en place la symétrie de la pièce; la face corticale ne nécessitant qu'un «pelage».

L'amincissement de la pièce s'effectue par récurrence avec l'exploitation des nervures des enlèvements de la série précédente.

Comme cela a été souligné par Leroyer (2005) dans son travail de maîtrise relatif aux collections anciennes (2005), la réduction de la pièce entraîne une torsion du plan d'équilibre bifacial entre la base et la pointe (*cf. infra*).

La finition vise à mettre en place un dièdre formé par l'intersection des deux plans envahissants aménagés lors de l'amincissement de la pièce. Le biseau a été obtenu par un éclat oblique du type «coup de tranchet».

Les tranchants, légèrement torsés, ont été affûtés par une fine retouche unifaciale. En terme d'analyse fonctionnelle, la pièce présente dans sa moitié supérieure, un biseau et deux segments de tranchant réguliers qui confèrent à l'objet une partie active apicale acérée.

Le second biface n'est représenté que par sa partie apicale (fig. 13, n° 2) qui semble s'être brisée en cours d'utilisation ou de fabrication (?).

Comme pour la pièce précédemment analysée, la construction du biface et son amincissement s'effectuent par le détachement au percuteur organique de grands éclats envahissants. Le biseau est affûté par un éclat transversal du type «éclat de coup de tranchet». À l'instar du premier biface, cette pièce présente une partie apicale affilée. Un des bords laisse présager l'existence d'une torsion du plan d'équilibre.

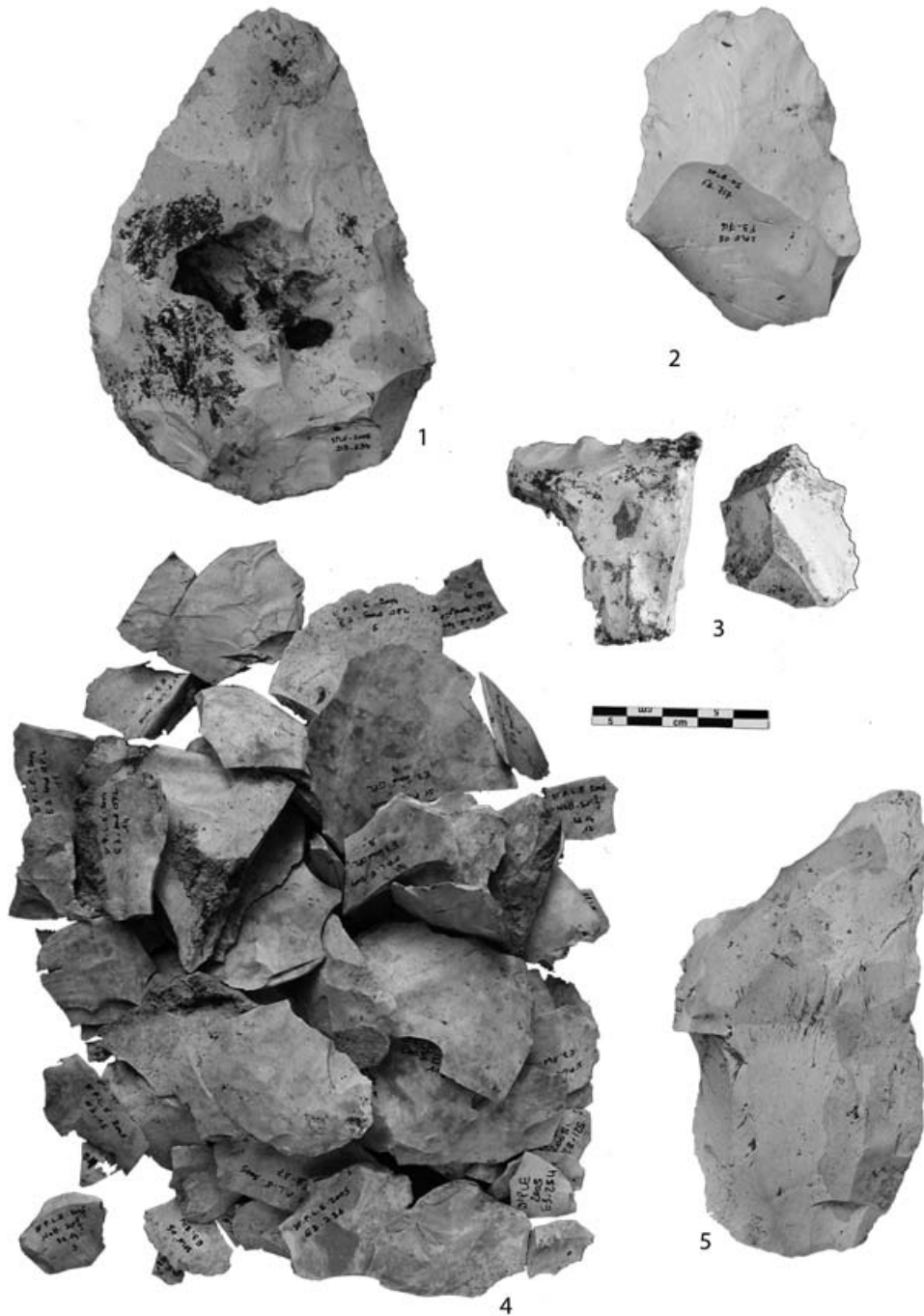


Fig. 13: Industrie lithique du site de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Seine-Maritime).

1, biface. 2, partie apicale de biface. 3, outils denticulés sur éclat. 4, éclats de façonnage. 5, racloir (Cliché D. Cliquet).

Fig. 13: Lithic industry from Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Seine-Maritime). 1, hand-axe. 2, apical part of a hand-axe. 3, denticulate flake tools. 4, production waste flakes. 5, side scraper (Photo D. Cliquet).

Un petit ensemble d'éclats de façonnage arbore le même état physique que cet objet. Bien qu'aucun raccord n'ait jusqu'à présent été trouvé, il n'est pas exclu que ce petit ensemble soit issu de la chaîne de façonnage de ce biface.

Les trois *éclats du type « coup de tranchet »* témoignent, soit de la mise en place de dièdres de la partie apicale de pièces bifaciales, soit du réaffûtage de bifaces.

Apport de l'analyse des collections anciennes à la compréhension des processus de façonnage durant l'Acheuléen (M.L.)

Les deux principales collections d'artefacts provenant de Saint-Pierre-lès-Elbeuf, sont toutes deux conservées au Département de Préhistoire du Musée de l'Homme. Il s'agit des collections Dubus et Kelley. Toutes les pièces qui les composent ont été mises au jour dans les briqueteries Chédeville et Bigot.

L'étude technologique a uniquement porté sur les pièces bifaciales. Ces dernières ont moins fait l'objet de sélection que les produits de débitage. Elles sont, en outre, mieux à même de mettre en évidence la rupture conceptuelle entre « outils sur blocs » et « outils sur éclats » évoquée par certains chercheurs pour la chrono-

logie du Paléolithique ancien et moyen (Otte, 1996). En l'absence de remontages physiques, l'analyse des pièces consiste à mettre en relation les négatifs d'enlèvements les uns par rapport aux autres, procédant ainsi pour chacune d'entre elles à un « remontage mental ».

Toutes les données techniques extraites d'un artefact (l'ordre, l'ampleur, l'orientation et le profil des enlèvements), sont regroupées dans un schéma diacritique et mises en relation avec les données concernant la matière première (type de support, morphologie, structure...). Elles permettent de reconstituer pour chaque biface la chaîne opératoire de confection et de distinguer ce qui relève de l'adaptation conjoncturelle et ce qui relève de concepts particuliers.

À l'issue de cette étude, nous pouvons souligner plusieurs caractères ayant trait aux pièces bifaciales acheuléennes (bifaces lancéolés, bifaces hachereaux et limandes) de Saint-Pierre-lès-Elbeuf :

Tous ces artefacts ont été façonnés sur masse centrale (bloc). La plupart d'entre eux présentent un schéma opératoire particulier, que nous appelons « façonnage par plans alternés ».

Il consiste dans un premier temps à ouvrir un bloc – support par des enlèvements alternés abrupts. Ces enlèvements généralement profonds sont susceptibles d'être obtenus en percussion directe dure. Par la suite, les négatifs de ceux-ci servent de surface(s) de plan de frappe à une ou plusieurs séries également alternés d'enlèvements plans, ou mêmes légèrement arqués, qui envahissent chacune des deux faces plus ou moins simultanément. Le tailleur a vraisemblablement recouru à une percussion tendre. Il en résulte l'obtention de pièces fines, de section trapézoïdale, présentant, lorsque le façonnage est beaucoup plus intense vers la pointe, une torsion du plan d'équilibre bifacial entre la base et cette dernière (fig. 14).

Il semble exister une corrélation entre ce type de schéma opératoire, la recherche d'une morphologie particulière (lancéolée, ovale) et l'obtention d'un tranchant transversal (manifestée d'autre part par la présence des bifaces-hachereaux). Plusieurs bifaces lancéolés obtenus par plans de façonnage alternés présentaient une extrémité en biseau. Ce dièdre distal constitue l'intersection des deux plans envahissants. Il fait souvent intervenir un enlèvement en « coup de tranchet ».

Une pièce et un fragment de biface, issus d'investigations récentes, sous le paléosol Elbeuf III semblent confirmer ces observations (*cf. infra*).

Conclusion partielle

La série lithique de Saint-Pierre, issue de la fouille conduite en 2005, apparaît statistiquement représentative et se caractérise par :

- la présence de nombreux blocs de silex « bruts » issus de l'argile à silex et dans une moindre mesure de formations alluviales ;
- le test de certains rognons qui peuvent comme les blocs précédemment énoncés, constituer des réserves
- un débitage bien affirmé conduit selon plusieurs schémas opératoires de gestion de surface comme en témoignent les nucléus de débitage parallèle et sécant.

Le débitage parallèle regroupe :

- les supports de débitage exploités par débitage direct, parfois sur plusieurs surfaces indépendantes.
- La production s'exerce aux dépens de galets, de blocs, pour certains affectés par le gel, et d'éclats. Ces productions intègrent les méthodes sans grande prédétermination. Le tailleur exploite les convexités naturelles du support et les angles favorables au débitage. La rentabilité de ces schémas de production s'avère médiocre.
- la gestion de surface centripète récurrente. Ce schéma est proche de la méthode Levallois, cependant, les caractères définis par E. Boëda pour la définition de cette méthode ne sont pas réunis.

Le débitage sécant est illustré par les schémas opératoires alternants, parfois conduits sur plusieurs surfaces du nucléus. Les principales méthodes reconnues comptent :

- le débitage « clactonien » ou système par surface de débitage alterné (débitage sécant),
- des schémas opératoires qui semblent s'inscrire dans la variabilité des méthodes Discoïde (débitage sécant) et Quina (débitage parallèle et sécant).
 - la présence de galets aménagés
 - le façonnage de « pièces bifaciales à tranchant transversal »
 - une multitude de petits éléments et d'esquilles qui plaide en faveur d'activité de débitage et/ou de façonnage sur le site.

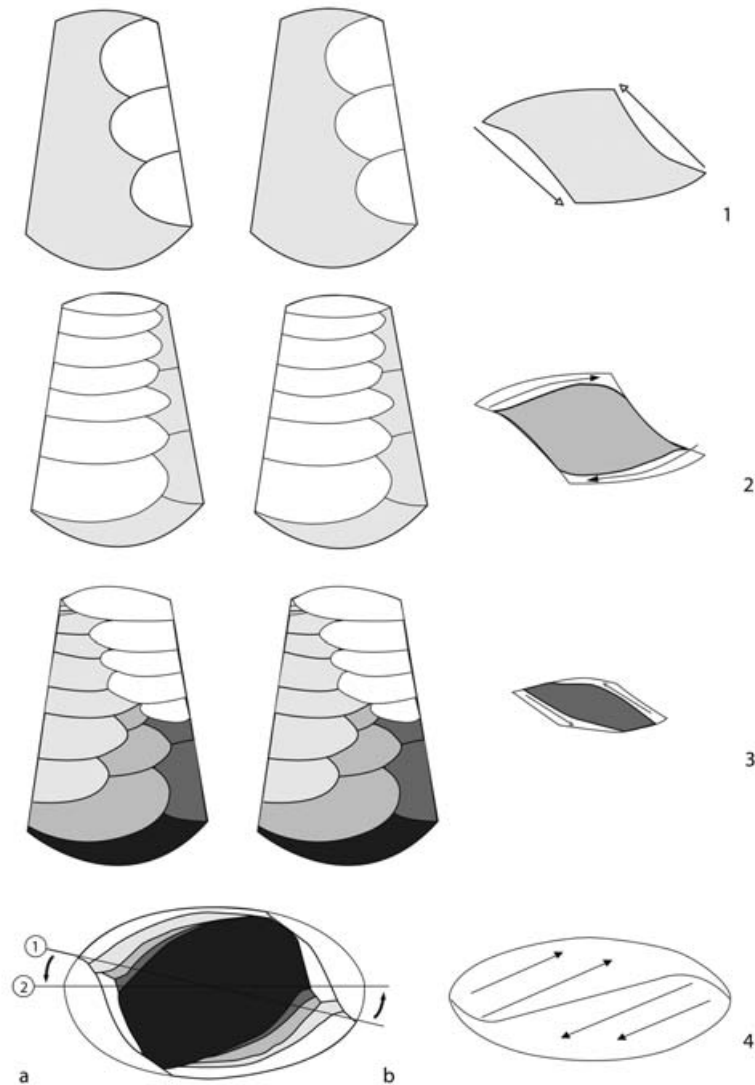
7 - CONCLUSION

La révision du site de Saint-Pierre-lès-Elbeuf a permis d'affiner la lecture chronostratigraphique de la coupe classée et de procéder à un ensemble de datations sur l'ensemble du profil constitué par la nappe alluviale d'Elbeuf (surmontée de cinq lœss séparés par des sols bruns lessivés de type interglaciaire, dénommés : Elbeuf I, II, III et IV, corrélés, sur la base de la stratigraphie, avec les stades 5 à 11 de la chronologie isotopique. Ces attributions ont été confirmées par les datations IRSL effectuées sur l'ensemble du profil.

Parallèlement, le tuf, conservé dans la propriété Gapenne / Michel limitrophe, a fait l'objet de nouvelles investigations. Dégagée sur plusieurs centaines de mètres carrés, la formation, affectée de petites dépressions, évoque un tuf de bras de rivière. La malacofaune, contenue dans ce tuf, est très majoritairement terrestre et fortement dominée par les mollusques forestiers, assemblage caractéristique d'une phase d'optimum interglaciaire.

Enfin, les investigations conduites sur le site de Saint-Pierre-lès-Elbeuf ont livré un abondant matériel (environ 3 400 objets) témoignant d'une occupation rapportable à l'Acheuléen, en vallée de Seine.

Ce site de plein air est implanté sur un lœss à la confluence de la Seine et de l'Oison. La nature même du mobilier archéologique collecté (éléments participant à



DAO : Drac Basse-Normandie, B. Fauq, 2008, d'après M. Leroyer

- 1 - Entame alterne d'un biface lancéolé (schématisée de face et de section et en transversale)
- 2 - Première série alternée d'enlèvements d'amincissement
- 3 - Changement de polarité des enlèvements d'amincissement vers la pointe (non symétrique)
- 4 - Evolution du plan d'équilibre du biface au cours du façonnage
 - a : Rotation du plan d'équilibre bifacial durant l'amincissement,
 - b : forme torse du tranchant observée depuis l'extrémité du biface

Fig. 14 : Façonnage de pièces bifaciales acheuléennes. Exemple d'un biface lancéolé (d'après Leroyer, 2005).

Fig. 14: Manufacture of Acheulian bifacial pieces. Example of a lanceolate hand-axe (from Leroyer, 2005).

plusieurs chaînes opératoires de débitage et éclats de façonnage de pièces bifaciales attribuables à au moins deux ensembles), l'indication de raccords et de remontages et la présence de trois pièces de faune plaideraient en faveur d'une aire de production et de consommation d'outillage lithique implantée en bordure du fleuve.

La multitude des petits éléments et des esquilles atteste d'activités de débitage et de façonnage sur le site même; cette observation est corroborée par la présence de nucléus, d'éclats de décorticage et de plein débitage, d'une part, et d'enlèvements liés à la confection de pièces bifaciales (éclats de façonnage et de retouche) et / ou de racloirs sur éclat (enlèvements de retouche), d'autre part.

La présence de bifaces (un entier et un fragment) et d'outils sur éclats (racloir et pièces à coches) laisse supposer le déroulement d'activités autres que la mise en œuvre des matières premières lithiques.

Il serait prématuré, dans la mesure où l'étude du site n'est pas achevée, de proposer des comparaisons avec les gisements acheuléens récemment fouillés en Europe nord-occidentale.

Il convient cependant de noter quelques similitudes avec certains gisements d'Angleterre, de la Vallée de la Somme et de Bourgogne.

La gestion de surfaces indépendantes se retrouve à Gentelles (Somme; Tuffreau *et al.*, 2001), le débitage «clactonien» (S.S.D.A.), à High Lodge (Ashton *et al.*,

1992) et à la Ferme de l'Épinette à Cagny (Lamotte, 1999).

L'outillage est à dominante d'encoches et de denticulés à Gentelles, où les racloirs sont aussi minoritaires.

Les chaînes opératoires de débitage et de façonnage se rencontrent :

– à Cagny l'Épinette et à la Ferme de l'Épinette, bien que le débitage y semble mieux exprimé qu'à Saint-Pierre;

– à Soucy : niveaux 5-I, 5-0, 1, 5-II, 3-P et 3-S;

– à Boxgrove.

L'association de segments de la chaîne de façonnage de pièces bifaciales et de bifaces ne correspondant pas aux produits de façonnage se retrouve à Soucy 5-II. Sur ce site on remarque, comme à Saint-Pierre la production d'éclats destinés à recevoir un outillage principalement constitué de pièces à coches.

Si le gisement de Saint-Pierre-lès-Elbeuf faisait déjà référence au plan chronostratigraphique (coupe classée), il en va désormais de même pour la Propriété Gapenne / Michel quant aux implantations acheuléennes en contexte lœssique du Pléistocène moyen d'Europe du Nord-Ouest (occupation du stade isotopique 10, vers 350 ka.). C'est actuellement le seul site normand conservé en place pour cette période. Ce niveau d'occupation a fait l'objet d'investigations complémentaires dans ses parties non détruites, durant l'été 2007, visant à tenter une meilleure approche de l'occupation de l'espace en vallée de Seine et des procédés techniques mis en œuvre par les paléolithiques pour la constitution de leur outillage.

Quelques vestiges de faunes mal conservés ont été mis au jour, leur consolidation s'avère indispensable pour procéder à une étude archéozoologique. Gageons que ces vestiges apporteront leur concours à l'analyse environnementale du site.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANTOINE P., LAUTRIDOU J.-P., SOMMÉ J., AUGUSTE P., AUFFRET J.-P., BAIZE S., CLET-PELLERIN M., COUTARD J.-P., DEWOLF Y., DUGUÉ O., JOLY F., LAIGNIEL B., LAURENT M., LAVOLLÉ M., LEBRET P., LÉCOLLE F., LEFEBVRE D., LIMONDIN-LOZOUET N., MUNAUT A.-V., OZOUF J.-C., QUESNEL F., & ROUSSEAU D.-D., 1998 - Les formations quaternaires de la France du Nord-Ouest. *Quaternaire*, 9 (3), 227-241.
- ANTOINE P., & LIMONDIN-LOZOUET N., 2004 - Identification of MIS 11 Interglacial tufa deposit in the Somme valley (France): new results from the Saint-Acheul fluvial sequence. *Quaternaire*, 15 (1-2), 41-52.
- ASHTON N., COOK J., LEWIS S.G., & ROSE J. (eds), 1992 - *High Lodge excavations by G. De G. Sieveking, 1962-68 and J. Cook, 1988*. London, 192 p.
- AUCLAIR M., LAMOTHE M., & HUOT S., 2003 - Measurement of anomalous fading for feldspar IRSL using SAR. *Radiation measurements*, 37, 487-492.
- BALESCU S., 1986 - La minéralogie des lœss du Nord de la France et la position stratigraphique des paléolsols intralœssiques. In A. Tuffreau & J. Sommé (dir.), *Chronostratigraphie et faciès culturels du Paléolithique inférieur et moyen dans l'Europe du Nord-Ouest*. 22^e Congrès de Préhistoire Française (Lille, 4-6 sept. 1984), *Supplément Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 1986, 26, 165-170.
- BALESCU S., 1987 - A new approach to lœss stratigraphy and provenance study: mineralogy and quartz thermoluminescence of loesses from Normandy, France. In M. Pecsli & H. M. French (eds), *Lœss and Periglacial phenomena*. Studies in geography in Hungary, 20, 29-41.
- BALESCU S., 1988 - *Apports de la thermoluminescence à la stratigraphie et à la sédimentologie des lœss saaliens du NW de l'Europe*. Thèse Sciences, Université libre de Bruxelles, Laboratoire de géologie, de pétrologie et de géochronologie, XX, 199 p.
- BALESCU S., DUPUIS C., & QUINIF Y., 1988 - TL stratigraphy of pre-weichselian loess from NW Europe using feldspar coarse grains. *Quaternary Science Reviews*, 7, 309-313.
- BALESCU S., LAMOTHE M., & LAUTRIDOU J.-P., 1997 - Luminescence evidence for two Middle Pleistocene interglacial events at Tourville, north-western France. *Boreas*, 26, 61-72.
- BATES M.R., 1993 - Quaternary aminostratigraphy in Northwestern France. *Quaternary Science Reviews*, 12, 793-809.
- BIQUAND D., & LAUTRIDOU J.-P., 1979 - Détermination de la polarité magnétique des lœss et des sables pléistocènes de Haute-Normandie: premiers résultats. *Bulletin de l'Association Française pour l'Etude du Quaternaire*, 1-2, 75-81.
- BORDES F., 1954 - *Les limons quaternaires du Bassin de la Seine. Stratigraphie et archéologie paléolithique*. Archives de l'Institut de paléontologie humaine, Mémoire 26, Paris, Masson, 472 p.
- BOURDIER F., 1967 - *Préhistoire de France*. Nouvelle Bibliothèque scientifique, Paris, Flammarion, 412 p.
- BOURDIER F., 1969 - Etude comparée des dépôts quaternaires des Bassins de la Seine et de la Somme. *Bulletin d'Information des Géologues du Bassin de Paris*, 21, 169-220.
- BREUIL H., 1952 - *Glanes conchylogiques en France (Nord et Sud-Ouest), déterminées par A.S. Kennard*. Extrait du Congrès préhistorique de France, XIII^e session, Paris, 1950, 50 p.
- CHÉDEVILLE P.-J., 1894 - Note sur les limons des environs de Rouen. Saint-Pierre-lès-Elbeuf, canton de Caudebec-lès-Elbeuf. *Bulletin de la Société Normande d'Etudes Préhistoriques*, tome I, 1893, 126-138.
- CHÉDEVILLE P.-J., 1896 - Recherches préhistoriques et géologiques sur la station paléolithique et le dépôt quaternaire ou pléistocène de Saint-Pierre-lès-Elbeuf. *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences Naturelles d'Elbeuf*, 14^e année, 1895, 62-89.
- CLIQUET D., & LAUTRIDOU J.-P., 2005 - Chronostratigraphie des formations du Pléistocène moyen et supérieur et sites associés en Normandie. In N. Molines, M.-H. Moncel & J.-L. Monnier (dir.), *Les premiers peuplements en Europe*. Actes du colloque international de Rennes, 2003, Oxford, Hadrian Books (BAR International Series; 1364), 53-62.
- CLIQUET D., LAUTRIDOU J.-P., ANTOINE P., BALESCU S., LAMOTHE M., LEROYER M., LIMONDIN-LOZOUET N., & MERCIER N., 2006 - Les lœss anciens de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Seine-Maritime). In J.-P. Lautreidou, D. Cliquet & J.-P. Coutard (dir.), *Livret-guide excursion AFEQ*, 25-27 mai 2006, 1-1 à 1-24.
- DERBYSHIRE E., BILLARD A., VAN VLIET-LANOË B., LAUTRIDOU J.-P., & CREMASCHI M., 1988 - Loess and palaeoenvironment: some results of a European joint programme of research. *Journal of Quaternary Science*, 3 (2), 147-169.
- DROXLER W., POORE R.Z., & BURCKLE L.H. (eds), 2003 - *Earth's climate and orbital eccentricity. The marine isotope stage 11 question*. Geophysical Monograph Series 137, AGU, Washington, 240 p.
- FORESTIER H., 1993 - Le Clactonien: mise en application d'une nouvelle méthode de débitage s'inscrivant dans la variabilité des systèmes de production lithique au Paléolithique ancien. *Paléo*, 5, 53-82.
- GERMAIN L., 1908 - Sur quelques mollusques quaternaires de Saint-Pierre-lès-Elbeuf. *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences Naturelles d'Elbeuf*, 26^e année, 1907, 66-91.
- GERMAIN L., 1909 - Note complémentaire sur quelques mollusques quaternaires terrestres et fluviatiles de Saint-Pierre-lès-Elbeuf. *Bulletin de la Société d'Etude des Sciences Naturelles d'Elbeuf*, 27^e année, 1908, 137-154.
- GRAINDOR M.-J., 1948 - Les limons quaternaires aux environs de Rouen. *Annales agronomiques*, 6, 2-28.
- HUNTLEY D., & LAMOTHE M., 2001 - Ubiquity of anomalous fading in K-feldspars and the measurement and the correction for it in optical dating. *Canadian Journal of Earth Sciences*, 38, 1093-1106.
- JOLLY-SAAD M.C., DUPÉRON M., & DUPÉRON J., 2006 - Nouvelle étude des empreintes foliaires des tufs holsteinien de La Celle-sous-Moret (Seine-et-Marne). *Palaeontographica B*, 276, 145-160.

- LAMOTHE M., AUCLAIR M., HAMZAOUI C., & HUOT S., 2003** - Towards a prediction of long-term anomalous fading of feldspar irsl. *Radiation Measurements*, **37**, 493-498.
- LAMOTTE A., 1999** - L'apport des remontages dans la compréhension des méthodes de débitage et de façonnage des gisements acheuléens de la Somme: les exemples de la Ferme de l'Épinette et de l'Épinette à Cagny (Somme, France). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, **96** (2), 117-131.
- LAUTRIDOU J.-P., 1974** - La séquence lœssique séquanienne du Würm à Saint-Pierre-lès-Elbeuf. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, **3-4**, 242-243.
- LAUTRIDOU J.-P., 1985** - *Le cycle périglaciaire pléistocène en Europe du Nord-Ouest et plus particulièrement en Normandie*. Thèse, Centre de Géomorphologie du CNRS éd., 907 p.
- LAUTRIDOU J.-P., 1990** - À propos des relations entre les formations marines pléistocènes et les lœss normands. *Revue Archéologique de l'Ouest*, supplément **2**, 227-233.
- LAUTRIDOU J.-P., & coll., 1982** - *The Quaternary of Normandy*. Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS, Caen, **26**, 88 p.
- LAUTRIDOU J.-P., MARTIN P., & PUISSÉGUR J.-J., 1974a** - Lœss, heads, nappes alluviales et niveaux marins dans la Basse-Seine; essais de corrélation entre les coupes de Saint-Romain, de Tancarville, de Cléon et de Saint-Pierre-lès-Elbeuf. *Bulletin de la Société Géologique de Normandie*, **3-4**, 208-211.
- LAUTRIDOU J.P., MASSON M., PAEPE R., PUISSÉGUR J.J., & VERRON G., 1974b** - Lœss, nappes alluviales et tuf de Saint-Pierre-lès-Elbeuf, près de Rouen; les terrasses de la Seine de Muids à Caudebec. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, **40-41** (3-4), 193-201.
- LAUTRIDOU J.-P., & PUISSÉGUR J.-J., 1977** - Données nouvelles sur les microfaunes malacologiques et sur les rongeurs du Pléistocène continental de la Basse-Seine. *Bulletin de la Société Géologique de Normandie*, **LXIV** (4), 119-128.
- LAUTRIDOU J.-P., & VERRON G., 1970** - Paléosols et lœss de Saint-Pierre-lès-Elbeuf. *Bulletin de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire*, **2**, 145-165.
- LÉCOLLE F., ROUSSEAU D.-D., LAUTRIDOU J.-P., & PUISSÉGUR J.-J., 1990** - Le tuf de Vernon: nouvelles données (stratigraphie, paléoclimatologie, datations, corrélations). *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, Caen, **38**, 131-149.
- LEROYER M., 2005** - *Les bifaces acheuléens de Saint-Pierre-lès-Elbeuf (Seine-Maritime)*. Mémoire de Maîtrise de l'université de Paris I / Sorbonne, 92 p.
- LIMONDIN-LOZOUET N., & ANTOINE P., 2006** - A new *Lymnaea* (Mollusca, Gastropoda) assemblage at Saint-Acheul (Somme Valley): reappraisal of Stage 11 malacofaunas from Northern France. *Boreas*, **35**, 622-633.
- LIMONDIN-LOZOUET N., ANTOINE P., AUGUSTE P., BAHAIN J.-J., CARBONEL P., CHAUSSÉ C., CONNET N., DUPÉRON J., DUPÉRON M., FALGUÈRES C., FREYTET P., GHALEB B., JOLLY-SAAD M.C., LHOMME V., LOZOUET P., MERCIER N., PASTRE J.-F., & VOINCHET P., 2006** - Le tuf calcaire de La Celle-sur-Seine (Seine et Marne): nouvelles données sur un site clé du stade 11 dans le nord de la France. *Quaternaire*, **17** (2), 5-29.
- LHOMME V., & CONNET N., 2001** - Observations sur les pièces bifaciales et les chaînes opératoires de façonnage dans les sites du Pléistocène moyen de Soucy (Yonne). In D. Cliquet (dir.), *Les industries à outils bifaciaux au Paléolithique moyen d'Europe occidentale*. Actes de la Table-ronde, Caen 14-15 octobre 1999, ERAUL, **98**, 2001, 43-50.
- LHOMME V., CONNET N., BEMILLI C., CHAUSSE C., avec la collaboration de BEYRIES S., & GUÉRIN C., 2000** - Essai d'interprétation du site paléolithique inférieur de Soucy I (Yonne). *Gallia-Préhistoire*, **42**, 1-44.
- LOUTRE M.F., & BERGERA., 2003** - Marine isotope Stage 11 as an analogue for the present interglacial. *Global and Planetary Change*, **36**, 209-217.
- OCCIETTI S., PICHET P., & RHEAULT I., 1987** - Résultats préliminaires d'aminochronologie: moyenne et basse vallée de la Seine. In J.-P. Lautridou (dir.), *La Normandie*. Guide d'excursion de l'Association Française pour l'Étude du Quaternaire, additif, 19 p.
- OTTE M., 1996** - *Le Paléolithique inférieur et moyen en Europe*. Collection U. Armand Colin. 297 p.
- PREECE R.C., PARFITT S.A., BRIDGLAND D.R., LEWIS S.G., ROWE P.J., ATKINSON T.C., CANDY I., DEBENHAM N.C., PENKMANN K.E.H., RHODES E.J., SCHWENNINGER J.L., GRIFFITHS H.I., WHITTAKER J.E., & GLEED-OWEN C., 2007** - Terrestrial environments during MIS 11: evidence from the Palaeolithic site at West Stow, Suffolk, UK. *Quaternary Science reviews*, **26**, 1236-1300.
- PUISSÉGUR J.J., 1976** - *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne*. Mémoires Géologiques de l'Université de Dijon, **3**, Doin, Paris, 241 p.
- ROUSSEAU D.-D., 1987** - Les associations malacologiques forestières des tufs «holsteiniens» de la France septentrionale. Une application du concept de biome. *Bulletin du Centre de Géomorphologie du CNRS*, Caen, **32**, 9-18.
- ROUSSEAU D.-D., PUISSÉGUR J.-J., & LÉCOLLE F., 1992** - West-European terrestrial molluscs assemblages of isotopic stage 11 (middle Pleistocene): climatic implications. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, **92**, 15-29.
- TUFFREAU A., ANTOINE P., MARCY J.-L., & SEGARD N., 2001** - Les industries à nombreux bifaces du Mont- de l'Évangile à Gentelles (Somme). In D. Cliquet (dir.), *Les industries à outils bifaciaux au Paléolithique moyen d'Europe occidentale*. Actes de la Table-ronde, Caen 14-15 Octobre 1999, ERAUL, **98**, 2001, 29-41.
- ZEUNER F.E., 1952** - *Dating the Past. An Introduction to Geochronology*. Londres, Methuen and Co, 3^e éd., 495 p.