



HAL
open science

Waziers "Bas-Terroir" (Plaine de la Scarpe, Nord de la France) : synthèse lithostratigraphique des observations effectuées de 2011 à 2015

Laurent Deschodt, Pierre Antoine, Guillaume Jamet, Petite Yann, David Hérissou, Sylvie Coutard, Nicole Limondin-Lozouet

► To cite this version:

Laurent Deschodt, Pierre Antoine, Guillaume Jamet, Petite Yann, David Hérissou, et al.. Waziers "Bas-Terroir" (Plaine de la Scarpe, Nord de la France) : synthèse lithostratigraphique des observations effectuées de 2011 à 2015. Quaternaire, 2022, Waziers le Bas-Terroir. Un gisement eemien du Nord de la France. Tome 1 (Laurent Deschodt et David Hérissou dir.), 33 (4), pp.247-272. 10.4000/quaternaire.17180 . hal-03925318

HAL Id: hal-03925318

<https://hal.science/hal-03925318v1>

Submitted on 5 Jan 2023

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Copyright

WAZIERS «BAS-TERROIR» (PLAINE DE LA SCARPE, NORD DE LA FRANCE): SYNTHÈSE LITHOSTRATIGRAPHIQUE DES OBSERVATIONS EFFECTUÉES DE 2011 À 2015

Laurent DESCHODT^{1,2}, Pierre ANTOINE², Guillaume JAMET^{2,3}, Yann PETITE⁴, David HÉRISSON⁵, Sylvie COUTARD^{1,2} & Nicole LIMONDIN-LOZOUET²

RÉSUMÉ

Les observations stratigraphiques effectuées sur le site de Waziers «Le Bas-Terroir» entre 2011 et 2015 sont réparties sur environ 12 ha et ont été réalisées dans des contextes d'intervention divers (Hérisson *et al.*, 2022) et selon différentes méthodes complémentaires : sondages en puits à la pelleuse, sondages géotechniques, sondages à la tarière hydraulique, carottages, coupes détaillées). Après avoir localisé et présenté les principales informations acquises pour chaque jeu d'observations, nous en faisons la synthèse stratigraphique principalement d'après les levés détaillés des fouilles 2014-2015. Nous définissons sept grandes unités stratigraphiques de synthèse éventuellement divisées en sous-unités, avec de bas en haut : US1 substrat ante-quaternaire, US2 dépôts quaternaires de versant, US3 nappe alluviale grossière, US4 limon alluvial clair localement affecté par des figures de charge, US5 ensemble d'alluvions limoneuses ou tourbeuses, US6 ravinements et remaniements des dépôts antérieurs, US7a nappe alluviale grossière puis US7b-c dépôts fluvio-éoliens. Les biozones définies par malacologie (Limondin-Lozouet, 2022) et palynologie (Gauthier, 2022) autorisent des corrélations entre les fouilles 2014-2015, les observations «puisard» et sondage carotté «SC» (distantes d'environ 300 mètres) ainsi qu'une première attribution chronologique : Saalien pour le membre 1 (US3 et US4), Eemien pour le membre 2 (US5). Le regroupement des membres 1 et 2 définit la Formation de Waziers. Le caractère extensif des observations et les études géophysiques (Hulin & Vermoux, 2022), permettent d'appréhender la grande étendue de la Formation dont les limites amont et aval ne sont pas encore connues.

Le cadre lithostratigraphique présenté ici permet de repositionner les différentes études associées à la Formation de Waziers : palynologie (Gauthier, 2022), macrorestes végétaux (Audiard *et al.*, soumis), malacologie (Limondin-Lozouet, 2022), faunes (Auguste *et al.*, 2022), microfaunes (Lebreton *et al.*, sous presse), protéogénomiques (Bray *et al.*, soumis), datations ESR et U/Th (Bahain *et al.*, 2022), géochimie isotopique sur dent de grand mammifère (Maréchal *et al.*, 2022) et archéologiques (Hérisson *et al.*, soumis) avant d'en faire la synthèse (Deschodt *et al.*, soumis).

Mots-clés : Lithostratigraphie, alluvions, chenal, Eemien, Formation de Waziers, Nord de la France.

ABSTRACT

WAZIERS (SCARPE PLAIN, NORTHERN FRANCE): LITHOSTRATIGRAPHIC SYNTHESIS OF OBSERVATIONS CONDUCTED FROM 2011 TO 2015.

The stratigraphic observations conducted at Waziers "Le Bas-Terroir" between 2011 and 2015 are spread over approximately 12 ha and were carried out in various intervention contexts (Hérisson *et al.*, 2022) using different methods : mechanical pit surveys, geotechnical borings, mechanical auger surveys, and detailed cross-sections. After locating and presenting the main information acquired for each set of observations, we synthesize the stratigraphy mainly from the detailed surveys of the 2014-2015 excavations. We define seven main stratigraphic units, possibly divided into sub-units, from bottom to top: US1 ante-Quaternary substratum, US2 Quaternary slope deposits, US3 coarse alluvial silt, US4 light alluvial silt locally affected by load-casts, US5 silty or peaty alluvial deposits, US6 gullies and reworking of previous deposits, US7a coarse alluvial sheet and US7b-c fluvio-aeolian deposits. The biozones defined by malacology (Limondin-Lozouet, 2022) and palynology (Gauthier, 2022) allow correlations between the 2014-2015 excavations and the observations of the "puisard" (sump) pit and "SC" core samples (about 300 meters away) and a first chronological attribution: Saalien for member 1 (US4 and US5), Eemian for member 2 (US5). The merging of Members 1 and 2 defines the Waziers Formation. The extensive nature of the observations and the geophysical studies (Hulin & Vermoux, 2022), make it possible to apprehend the great extent of the ancient alluvial deposits whose upstream and downstream limits are not yet known.

The lithostratigraphic framework presented here allows us to reposition the different studies associated with the deposit: palynology (Gauthier, 2022), macro-plant remains (Audiard *et al.*, submitted), malacology (Limondin-Lozouet, 2022), mammals (Auguste *et al.*, 2022), micro-mammals (Lebreton *et al.*, sous presse), proteogenomics (Bray *et al.*, submitted), ESR and U/Th dating (Bahain *et al.*, 2022), isotopic geochemistry on large mammal teeth (Maréchal *et al.*, 2022) and archaeological data (Hérisson *et al.*, submitted), before synthesizing them (Deschodt *et al.*, submitted).

Keywords: Lithostratigraphy, alluvium, channel, Eemian, Waziers Formation, North of France.

¹ INRAP Hauts-de-France, 32 Avenue de l'Etoile du Sud, FR-80440 GLISY. *Courriels* : laurent.deschodt@inrap.fr ; sylvie.coutard@inrap.fr

² CNRS-UMR 8591 - Univ. Paris 1-UPPEC, Laboratoire de Géographie Physique, Environnements Quaternaires et actuels. CNRS, 2 rue Henri Dunant, FR-94320 THIAIS. *Courriels* : pierre.antoine@lgp.cnrs.fr ; nicole.lozouet@lgp.cnrs.fr

³ GÉOARCHEON, 30 rue de la Victoire, FR-55210 VIÉVILLE-SOUS-LES-CÔTES. *Courriel* : guillaume.jamet@geoarcheon.fr

⁴ Service Archéologie, Métropole Nice Côte d'Azur, 107 route de Canta Galet, FR-06200 NICE. *Courriel* : yann.petite@nicedotazur.org

⁵ CNRS-UMR7041 ArScAn, équipe AnTET. MSH Mondes. 21 allée de l'Université. FR-92023 NANTERRE, cedex. *Courriel* : david.herisson@cnrs.fr

1 - CONTEXTE ET MÉTHODE

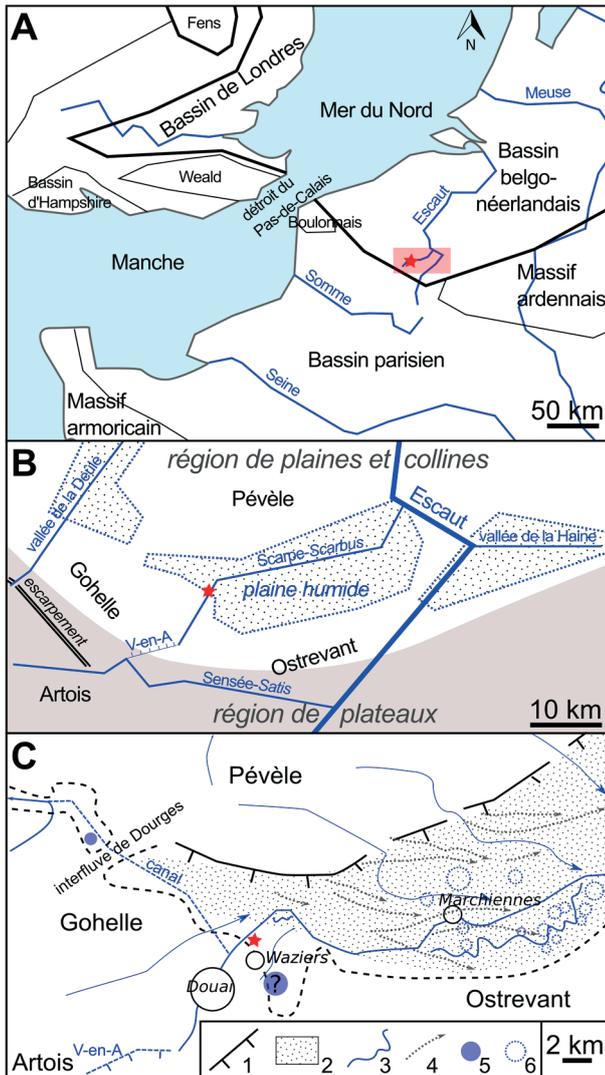


Fig. 1 : Localisation du site de Waziers «Bas-Terroir».

(A) Localisation dans les grands ensembles morpho-structuraux au nord du Bassin parisien; étoile/ Waziers, cadre rouge/ Localisation de la carte B. (B) Localisation dans la plaine de la Scarpe et les micro-régions avoisinantes; étoile/ Waziers, V-en-A/ Capture anthropique via Vitry-en-Artois de la Sensée-Satis vers la Scarpe-Scarbus (partie section amont de la Scarpe actuelle). (C) Localisation dans le système morpho-stratigraphique de l'est de la plaine de la Scarpe; 1/ Cuesta, 2/ Sable affleurant (d'après Fourrier, 1989), ailleurs: couverture loessique du Pléniglaciaire weichselien, 3/ Morphologie fluviale méandri-forme héritée du Pléniglaciaire weichselien, 4/ Petites dunes linéaires développée au Pléniglaciaire weichselien, 5/ Système lacustre développé au Tardiglaciaire weichselien (Deschodt *et al.*, 2005; Collette, 2007), 6/ Dépressions thermokarstiques.

*Fig. 1: Location of the Waziers 'Bas-Terroir' site. (A) Location in the large morpho-structural ensembles in the north of the Paris Basin; star/ Waziers, red frame/ Location of map B. (B) Location in the Scarpe plain and neighbouring micro-regions; star/ Waziers, V-in-A/ Anthropogenic capture via Vitry-en-Artois of the Sensée-Satis to the Scarpe-Scarbus (upstream section of the present Scarpe). (C) Location in the morpho-stratigraphic system of the eastern Scarpe plain; 1/ Cuesta, 2/ Outcropping sand (after Fourrier, 1989), elsewhere: Weichselian Pleniglacial loessic cover, 3/ Weichselian Pleniglacial inherited meandering fluvial morphology, 4/ Weichselian Pleniglacial developed small linear dunes, 5/ Weichselian Late Glacial lake system (Deschodt *et al.*, 2005; Collette, 2007), 6/ Thermokarst depressions.*

Depuis les premières investigations archéologiques menées en 2011, le lieu-dit «Bas-terroir» sur la commune de Waziers, dans le Nord de la France (fig. 1) a fait l'objet de multiples observations stratigraphiques sur des alluvions et des tourbes, riches en bois et restes paléontologiques, sous les dépôts loessiques du dernier cycle glaciaire. Elles se sont multipliées depuis leur attribution en 2013 à l'Emien (suite à une étude malacologique et à une datation U/Th avec une probabilité d'âge supérieure à environ 103 ka). Des investigations sont encore en cours. Pour une présentation du contexte géographique et de l'historique des recherches, se référer à Hérissou *et al.* (Hérissou *et al.*, 2022). Dans le présent article, nous localisons, présentons et synthétisons les données lithostratigraphiques acquises jusqu'en 2015. Les nouvelles données acquises depuis, que ce soit dans le cadre de l'archéologie programmée (Hérissou *et al.*, 2017) ou préventive (Locht *et al.*, 2020) complètent cette stratigraphie sans la remettre en cause. Elles ne sont pas traitées ici.

Nous constatons la grande variabilité des dépôts sédimentaires dans l'espace et dans le temps (variations latérales rapides, érosions et hiatus). La lithologie reste dans la gamme des graviers, sables, limons et tourbes. Dans cet article, nous fondons la lithostratigraphie sur les fouilles de 2014 et 2015 où des coupes ont pu être levées précisément à l'échelle des dépôts élémentaires (parfois un simple lit ou des lamines). Nous distinguons ces unités stratigraphiques de détail (abrégées en «ud») et présentées dans leur intégralité dans les différents rapports: Loch *et al.*, 2014; Hérissou *et al.*, 2015) des unités stratigraphiques de synthèse (abrégées en «US») qui regroupent en un ensemble cohérent plusieurs ud. La compréhension de la stratigraphie acquise à l'issue de la fouille 2015 est comparée aux observations et études plus distantes effectuées auparavant. Elle pose le cadre de l'ensemble des études dont les résultats sont exposés dans le présent volume (archéologie, géochronologie, paléontologie, analyses isotopiques).

2 - LES DONNÉES

2.1 - LOCALISATION ET NATURE DES OBSERVATIONS EFFECTUÉES ENTRE 2011 ET 2015

La figure 2 localise chaque série d'observations (pour une présentation générale du contexte géographique et administratif des observations, voir Hérissou *et al.* (Hérissou *et al.*, 2022).

2.1.1 - Sondages en puits du diagnostic d'archéologie préventive de 2011

Sept sondages en puits à la pelleuse entre 2 et 4,2 m de profondeur ont été réalisés dans le cadre d'un diagnostic archéologique en 2011 (fig. 2A). Le sondage le plus profond au nord-ouest de l'emprise a rencontré à 3,3 m de profondeur, soit de 17,5 à 16,5 m IGN69, la formation tourbeuse, qui surmontait un limon travertineux de 16,5 à 15,8 m IGN69 (fig. 2A, n° 7, Rorive *et al.*, 2012; Sergent *et al.*, 2013).

2.1.2 - Rapport géotechnique, campagne 2011

L'aménagement de la zone a donné lieu à une campagne de sondages géotechniques (Carneau, 2012). Elle comportait 5 sondages de reconnaissance lithologique à 8 m ou plus (fig. 2B). Les sondages 1 et 3, au nord de l'emprise, ont rencontré la tourbe. L'ensemble des sondages géotechniques a été exploité pour mieux appréhender la nature et la topographie du *bedrock* (Sergent *et al.*, 2013; Antoine *et al.*, 2013).

2.1.3 - Sondages du diagnostic d'archéologie préventive de 2013

2.1.3.1 - Sondages en puits

En 2013, quatre sondages en puits à la pelle mécanique ont été réalisés entre 2,5 et 4 m de profondeur lors d'un nouveau diagnostic contigu au précédent par Yann Petite (fig. 2C, Sergent *et al.*, 2013). Le sondage (2) a rencontré un dépôt organique en profondeur. Le sondage le plus au nord (4) a rencontré à 3 m de profondeur la formation tourbeuse où se trouvait un radius d'aurochs présentant une fracturation hélicoïdale d'origine anthropique ainsi qu'un éclat levallois.

2.1.3.2 - Sondage en paliers

Les éléments provenant du sondage 4 ont justifié le creusement d'un sondage en paliers (numéroté 5) en février 2013 avec une descente physique et une fouille des niveaux (fig. 2C). La stratigraphie a été décrite par Yann Petite, la faune mammalienne (*Bos primigenius*, *Capreolus capreolus*, *Cervus elaphus*) par Sophie Louguet-Lefebvre et l'avifaune (anatidés et indéterminés) par Camille Lehnebach. L'ensemble des données a été intégré dans le rapport du diagnostic (Sergent *et al.*, 2013). Malgré l'attention apportée, aucune autre pièce d'industrie lithique n'a été trouvée dans le sondage 5. L'excavation de la fouille programmée réalisée en 2014 est la reprise et l'extension de ce sondage.

2.1.4 - Observation dite du « puisard » lors de la fouille préventive historique 2013

2.1.4.1 - Circonstance de l'observation

L'inondation par les eaux pluviales de la fouille prescrite sur des vestiges gallo-romains à l'issue du diagnostic archéologique de 2011 a nécessité au printemps 2013 le creusement d'un puisard (fig. 2D, Hérisson *et al.*, 2022). Cet ouvrage technique a été l'occasion d'effectuer une nouvelle observation qui a donné lieu à un levé schématique et permis le prélèvement d'échantillons volumineux destinés à une première étude malacologique.

2.1.4.2 - Stratigraphie

Le « puisard » (fig. 3) a rencontré une alluvion (ud16) de graviers de craie à 5,5 m de profondeur (à près de 15 m IGN69). Cette nappe est recouverte par quelques décimètres d'un sable limoneux avec débris végétaux et mollusques (ud15). Un éclat Levallois en silex noir non

patiné a été trouvé en position remaniée dans les déblais provenant de cette unité. Au-dessus se développe plus d'un demi-mètre de limon tufacé calcaire fin riche en malacofaunes (ud14). L'unité est presque exclusivement composée d'oogones de Characées (gyrogonites de 0,5 à 1 mm composés de calcite). Sa limite supérieure est perturbée par des figures de charge. Une tourbe litée (ud13) se développe ensuite sur plus d'un mètre d'épaisseur avec malacofaune, débris de bois et restes de faune mammalienne. Elle est largement érodée par une ravine (ou une bordure de chenal ?) comblée par de nouveaux dépôts grossiers constitués de graviers de craie avec une matrice sablo-limoneuse gris bleutée (ud12). L'ensemble est scellé par des litages sablo-limoneux (ud9 et ud11) qui contiennent de nombreux fragments de bois et débris végétaux flottés probablement remaniés à partir de la tourbe. Les lits intègrent des graviers de craie et de la faune mammalienne remaniée (ud10). La partie supérieure de la stratigraphie du puisard (base à 3,3 m de profondeur, vers 17,5 m IGN69) est composée de sable lité (ud7) qui contient une nappe superficielle (arrivée d'eau) passant vers le haut à des dépôts de limon et de sable calcaire régulièrement lités partiellement décarbonatés jusqu'à 1,2 m de profondeur à 19,6 m IGN 69. Un limon est présent en subsurface (ud2). Il passe sous la limite de décarbonatation où nous pouvons observer sans ambiguïté son origine de loess typique calcaire (ud3).

La géométrie des unités ud2 à ud7 suggère la présence d'un chenal actif avec un sable en charge de fond (ud7) passant vers le haut à des dépôts limono-sableux (fluvio-éoliens, ud6 à ud4) et finalement comblé par un loess sans plus aucune trace d'écoulement (ud3 et ud2).

2.1.4.3 - Malacocénose et attribution du dépôt à un interglaciaire pléistocène

Les unités inférieures (ud11 à 15) ont fait l'objet d'une étude malacologique (tab. 1, fig. 4; Limondin-Lozouet, inédit). Douze espèces terrestres et dix-neuf espèces de mollusques aquatiques sont recensées, avec une prédominance du milieu aquatique. Le dépôt de l'ud14 est constitué presque exclusivement d'oogones de Characées, cet environnement est le plus favorable au développement de la malacofaune. De l'ud15 à l'ud13 s'observe la diversification régulière et rapide des cortèges. À la base de l'ud15, l'échantillon Ma6 contient une fraction notable de mollusques terrestres qui regroupe des espèces à large valence écologique (*Pupilla muscorum*, *Trochulus hispidus*, *Oxyloma elegans*), capables de survivre en France septentrionale durant les phases froides et humides (Puisségur, 1976; Limondin-Lozouet, 2002). Parallèlement, la fraction aquatique est composée d'espèces assez communes durant le Quaternaire mais surtout recensées durant les interstades et les interglaciaires (*Valvata piscinalis*, *V. cristata*, *Radix labiata*), puis dès la partie supérieure de l'ud15, dans l'échantillon Ma5, le cortège malacologique s'enrichit de gastéropodes pionniers que l'on trouve fréquemment au début des phases tempérées interglaciaires (*Gyraulus laevis*, *Armiger crista*; Gittenberger *et al.*, 1998). Dans l'ud14, les effectifs s'accroissent considérablement. Le



Fig. 2 : Localisation des observations de détail sur le fond cadastral.

(A) Sondages en puits 2011, contexte archéologique préventif (Rorive *et al.* 2012). (B) Sondages géotechniques (Carneau, 2012). (C) Sondages en puits 2013, contexte archéologique préventif (Sergent *et al.*, 2013). (D) Observation dite du « puisard », contexte archéologique préventif (Sergent *et al.*, 2013; Deschodt, 2014). (E) Sondages à la tarière mécanique et sondage carotté 2013, contexte archéologique programmé (Antoine *et al.*, 2013). (F) Sondages en puits et fouille 2014, contexte archéologique programmé (Locht *et al.*, 2014). (G) Sondage en puits et fouille 2015, contexte archéologique programmé (Hérisson *et al.*, 2015). (H) Fouille 2017, contexte archéologique programmé (Hérisson *et al.*, 2017); sondages en puits 2020, contexte archéologique préventif (Locht *et al.*, 2020).

*Fig. 2: Location of detailed observations over cadastral basemap. (A) 2011 test pits, preventive archaeological context (Rorive *et al.* 2012). (B) Geotechnical borings (Carneau, 2012). (C) 2013 test pits borings, preventive archaeological context (Sergent *et al.*, 2013). (D) 'Sump' pit observation, preventive archaeological context (Sergent *et al.*, 2013; Deschodt, 2014). (E) Mechanical auger and core borings 2013, programmed archaeological context (Antoine *et al.*, 2013). (F) 2014 test pits and excavation, programmed archaeological context (Locht *et al.*, 2014). (G) 2015 test pits and excavation, programmed archaeological context (Hérisson *et al.*, 2015). (H) 2017 excavation, programmed archaeological context (Hérisson *et al.*, 2017); 2020 test pits, preventive archaeological context (Locht *et al.*, 2020).*

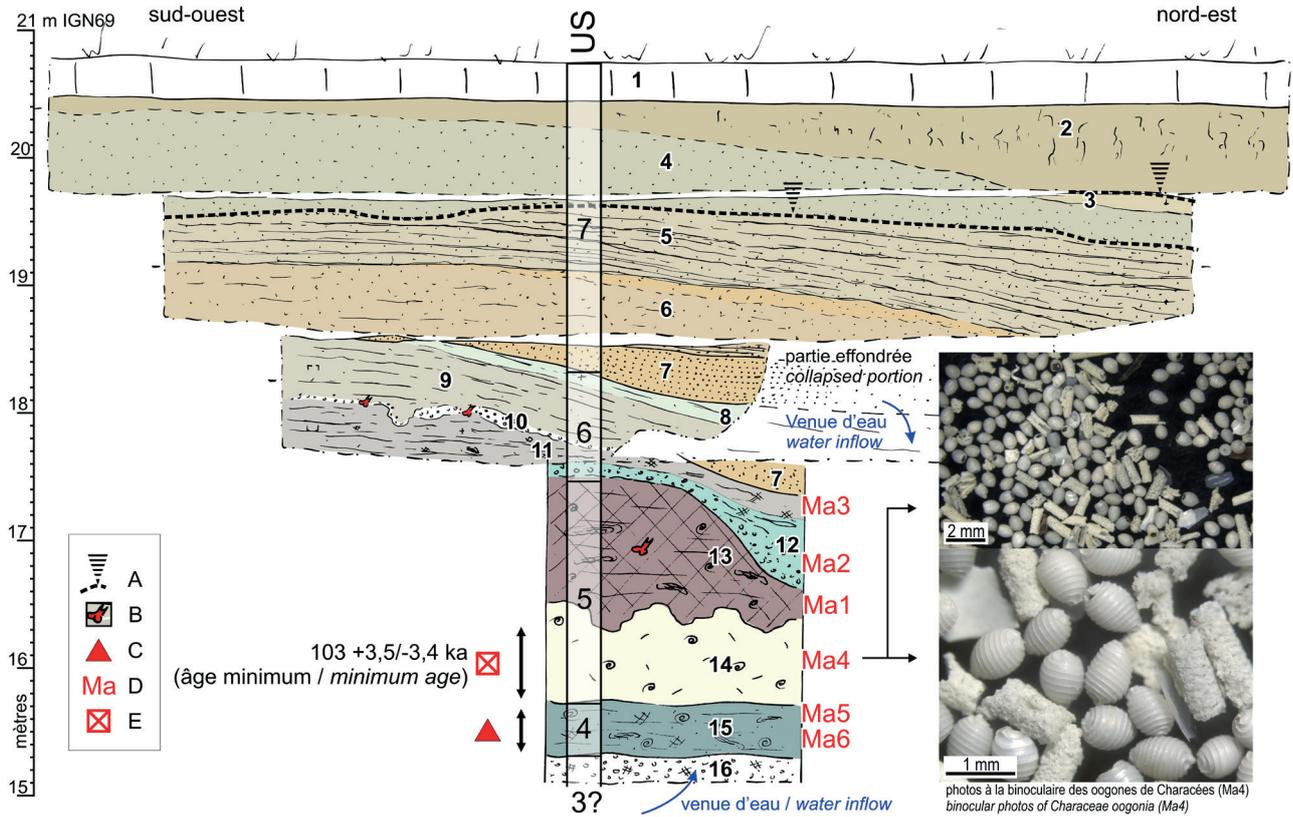


Fig. 3 : Stratigraphie de l'observation dite du « puisard ».

Localisation sur la fig. 1D. (A) Limite de décarbonatation. (B) Présence de faune mammalienne. (C) Éclat Levallois, position approximative (trouvé en déblais), indication N0 sur la fig. 14. (D) Malacozones. (E) U/Th datation, cf. Bahain *et al.*, 2022. USn/ Corrélations possibles avec les unités stratigraphiques de synthèse des fouilles 2014-2015. 1/ Sol de surface: horizon de labour, 2/ Sol de surface: horizon argileux décarbonaté compact (BT) issu de la décarbonatation de l'ud3, 3/ Limons loessiques calcaires, 4/ Sable terne verdâtre issu de la décarbonatation de ud5, 5/ Sable lité à grandes stratifications faiblement obliques soulignées par des concentrations calcaires, 6/ Sable calcaire lité, quelques lamines limoneuses, 7/ Sable moyen à grossier, régulièrement lité, discordant par rapport à ud8, rétention d'une nappe perchée, 8/ Lits de sédiments fins, limono-argileux, gris bleuté, 9/ Sables limono-organiques lités, gris, litages réguliers plus sombres avec présence épisodique de fragments de tourbe remaniée, coquilles de mollusques brisées, 10/ Lit graveleux (craie, grès glauconieux), présence de faune mammalienne osseuse remaniée, 11/ Id. ud9, de plus en plus sombre vers le bas, multiplication des éléments organiques (tourbe et bois) remaniés, 12/ Gravieres de craie dans une matrice sablo-limoneuse gris bleue, nombreux bois remaniés, 13/ Tourbe silteuse brune à bois flottés et mollusques, 14/ Limons sableux carbonatés homogènes à faciès tufacé fin avec restes de bois et mollusques, 15/ Sables silto-organiques gris verts à débris végétaux et mollusques, 16/ Gravieres de craie roulés, quelques graviers de grès glauconieux, rares silex, matrice limono-sableuse, présence de petits débris tourbeux et de fragments végétaux au sein de l'unité.

*Fig. 3: Stratigraphy of the 'sump' observation pit. Location in fig. 1D. (A) Limit of decarbonation. (B) Presence of mammalian fauna. (C) Levallois flake, approximate position (found in excavations), indication N0 in fig. 14. (D) Malacozones. (E) U/Th dating, cf. Bahain *et al.*, 2022, this issue. USn/ Possible correlations with stratigraphic synthesis units from 2014-2015 excavations, 1/ Surface soil: plow horizon, 2/ Surface soil: Compact decarbonated clay horizon (BT) from decarbonation of ud3, 3/ Calcareous loessic silts, 4/ Greenish dull sand from decarbonation of ud5, 5/ Bedded sand with large, low oblique stratifications emphasized by calcareous concentrations, 6/ Bedded calcareous sand, a few silty laminae, 7/ Medium to coarse sand, evenly bedded, discordant with respect to ud8, retention of a suspended water table, 8/ Fine, silty-clayey, bluish-grey beds, 9/ Grey, bedded silty-organic sands, regular darker beds with episodic presence of fragments of reworked peat, broken mollusc shells, 10/ Gravelly bed (chalk, glauconitic sandstone), presence of reworked mammalian bone fauna, 11/ Id. ud9, darker and darker towards the bottom, multiplication of organic elements (peat and wood) reworked, 12/ Chalk gravels in a blue-grey sandy-silt matrix, numerous reworked woods, 13/ Brown silty peat with driftwood and molluscs, 14/ Homogeneous carbonate sandy loam with fine tuffaceous facies with remains of wood and molluscs, 15/ Green-gray silt-organic sands with plant debris and molluscs, 16/ Rolled chalk gravels, some glauconitic sandstone gravels, rare flints, sandy-silt matrix, presence of small peaty debris and plant fragments within the unit.*

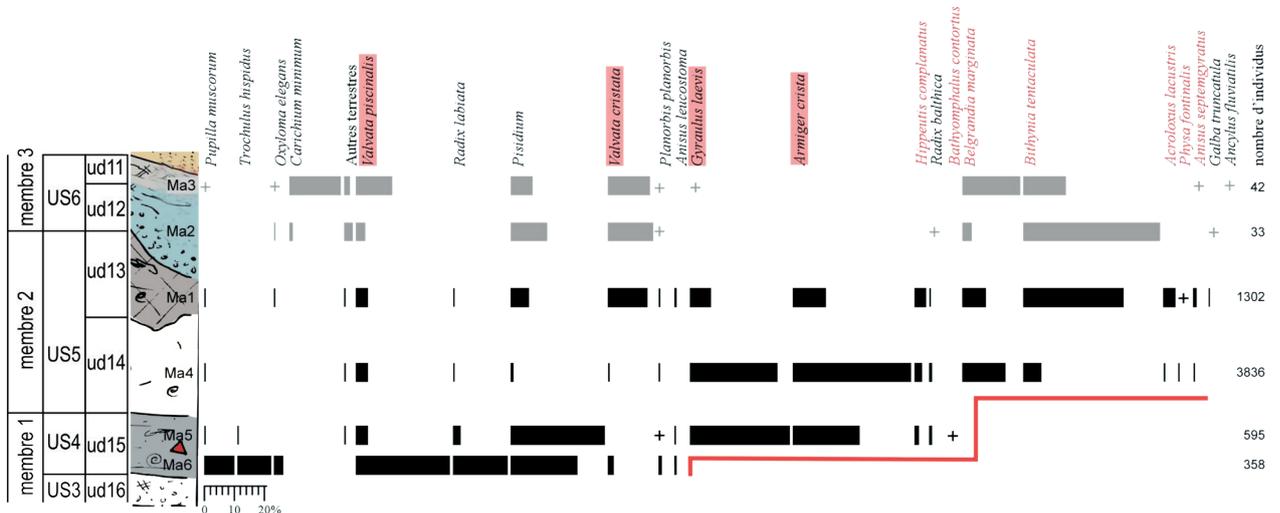


Fig. 4 : Décompte et localisation des espèces de mollusques provenant de la base de l'observation « puisard » 2013.

Les espèces sur fond rouge sont des mollusques pionniers. Les espèces en rouge sont thermophiles et plus exigeantes. Elles requièrent des conditions climatiques interglaciaires.

Fig. 4: Count and location of mollusc species from the base of 2013 'sump' pit. Species on red background are pioneer molluscs. Species in red are more demanding thermophiles. They require interglacial climatic conditions.

milieu est très calme du point de vue des dynamiques hydro-sédimentaires (limon tufacé calcaire fin). Il est aussi favorable au développement des populations malacologiques qui s'enrichissent de nouvelles espèces de gastéropodes aquatiques caractéristiques des phases interglaciaires (*Hippeutis complanatus*, *Bithynia tentaculata*, *Physa fontinalis*). Parmi elles, deux sont particulièrement notables (*Belgrandia marginata* et *Anisus septemgyratus*) car elles signent l'attribution des dépôts à une phase interglaciaire du Pléistocène. Ces deux espèces font partie des cortèges récoltés dans les dépôts interglaciaires du Pléistocène moyen et récent du nord de la France (Limondin-Lozouet & Antoine, 2006; Limondin-Lozouet *et al.*, 2006; Antoine *et al.*, 2006). Le même cortège se maintient dans l'ud13. Les deux prélèvements supérieurs sont beaucoup moins riches et ne permettent pas une interprétation paléoenvironnementale fiable.

2.1.4.4 - Première datation radionumérique U/Th

Un échantillon de gyrogonites (oogones de Characées en calcite pure) extrait de l'ud14 par un tamisage à 500 µm puis séparé sous loupe binoculaire par N. Limondin-Lozouet a pu être daté par U/Th (étude B. Ghaleb, Hérisson *et al.*, 2015). L'âge calculé de 103 ± 3,5/-3,4 ka doit être considéré comme un âge minimal en raison d'une incorporation d'Uranium postérieure à l'enfouissement initial (tab. 2).

2.1.5 - Campagne de sondages à la tarière mécanique et sondage carotté 2013

2.1.5.1 - Observations et études entreprises

Les opérations programmées sur le gisement de Waziers ont commencé par une reconnaissance géophysique (Hulin & Virmoux, 2022) et une campagne de reconnaissance de la stratigraphie menée avec la sondeuse hydraulique du LGP-CNRS-Meudon équipée d'une tarière hélicoïdale de 100 mm de diamètre (fig. 2E) dans le but de circonscrire la présence des dépôts pléistocènes (Antoine *et al.*, 2013). La sondeuse équipée d'un carottier de 80 mm avec extracteur et gaine PVC a permis d'effectuer un sondage carotté de 5 m de profondeur (SC, 5 tubes PVC de 1000 x 80 mm) à proximité immédiate d'un sondage à la tarière préalablement réalisé (TM1) afin de l'étalonner et de le positionner dans la stratigraphie (figs. 5 & 6). Le tube n° 5 du SC a fait l'objet d'une étude palynologique, d'une analyse du taux de carbonates et de carbone organique total (COT). Méthode et résultats de l'étude palynologique sont présentés dans un article distinct (Gauthier, 2022). Les palynozones participent à proposer des corrélations entre unités distantes (partie 3).

2.1.5.2 - Mesure du COT et description du tube SC5

La mesure du COT est fondée sur l'oxydation du carbone contenu dans chacun des prélèvements tamisés à 200 µm, broyés et traités à l'acide chlorhydrique. La quantité de CO₂ finale dégagée est estimée par chromatographie en phase gazeuse (séparation des gaz

sur colonnes). L'acquisition du signal se poursuit par la quantification des valeurs de COT par rapport à une gamme étalon, d'au moins trois échantillons, dont les valeurs sont déjà connues. Les mesures ont été effectuées au LGP Meudon. Les résultats sont présentés sur la figure 7.

Le tube SC5 peut aisément être corrélé avec le sondage TM1, avec toutefois un toit de la tourbe un peu plus bas qui semble résulter d'une compression du sédiment dans le tube lors du prélèvement (fig. 5). Des corrélations peuvent également être effectuées avec le sondage dit du « puisard ».

La base de la carotte est composée d'un sédiment tufacé calcaire (jusqu'à environ 90 % pondéral de carbonate : fig. 7, ud1). Il s'agit du dépôt à gyrogonites observé dans le sondage « puisard » (fig. 3, ud14). Il est surmonté par plus de 70 cm de tourbe plus ou moins fibreuse, avec fragments de bois, qui comporte encore un lit tufacé calcaire (fig. 7, ud2 à ud4). Elle correspond à la tourbe observée dans le « puisard » (fig. 3, ud13). Le taux de carbonate chute (avec toutefois un petit pic à plus de 20 % au droit du lit tufacé) et le COT atteint une valeur de l'ordre de 40 % pondéral à la base du dépôt tourbeux puis oscille aux environs de 20 %. La partie supérieure de l'unité est composée d'une tourbe remaniée (ud5) puis d'un dépôt détritique (ud6).

2.1.6 - Campagnes de fouille programmée 2014-2015

2.1.6.1 - Sondages en puits

La campagne de fouille 2014 (Locht *et al.*, 2014; pl. 1, cl. 1, & pl. 2, cls. 2 & 4) correspond à la fouille manuelle d'un agrandissement du sondage 5 du diagnostic archéologique 2013 ainsi qu'à cinq sondages en puits réalisés en périphérie de l'excavation (fig. 2F). Les sondages en puits situés à l'ouest et à l'est ont montré la continuité des dépôts alluviaux dans ces directions. Vers le sud, les niveaux alluviaux remontent et se réduisent en épaisseur, ce qui permet de supposer la proximité d'une rive.

2.1.6.2 - Levé de coupes détaillées

Des coupes réalisées lors de l'excavation (fig. 8) ont fait l'objet d'un levé précis (exemples fig. 9, pl. 1, cls. 3-7). Les descriptions détaillées sont disponibles dans les rapports de fouille (Locht *et al.*, 2014, Hérisson *et al.*, 2015). Les prélèvements et éléments fouillés sont replacés dans leur contexte stratigraphique et des corrélations peuvent être effectuées de proche en proche (figs. 10 & 11) pour établir la synthèse lithostratigraphique (partie 3.1).

2.1.6.3 - Mesure du taux de CaCO₃ et du CO_T

Le log 6 a bénéficié d'une mesure du taux de carbonate et du COT (pour la méthode, voir la partie 2.1.5.2). Les résultats sont présentés sur la figure 12 et commentés dans la présentation des unités de synthèse (partie 3).

Campagne de fouille programmée 2015, extension de la fouille 2014 et levés par photogrammétrie.

Unités	15	15	14	13	12	11
Echantillons	6	5	4	1	2	3

<i>Carychium minimum</i>				12		7
<i>Succinella oblonga</i>					1	
<i>Oxyloma elegans</i>	12			3	2	1
<i>Vertigo</i> sp.				1	1	
<i>Pupilla muscorum</i>	37	5	4	5		1
<i>Vallonia enniensis</i>				7		
<i>Vallonia pulchella</i>		1				
<i>Discus rotundatus</i>						1
Zonitidae				1		
Limaces				1		
<i>Trochulus hispidus</i>	40	2				
<i>Arianta arbustorum</i>			4			
<i>Arianta/Cepaea</i>					1	
Effectifs terrestres	89	8	8	31	4	10
Espèces terrestres	3	3	2	8	3	4

<i>Belgrandia marginata</i>			540	102	1	8
<i>Valvata cristata</i>	8		24	171	5	6
<i>Valvata piscinalis</i>	110	26	180	60	1	5
<i>Bithynia tentaculata</i>			236	441	15	6
<i>Galba truncatula</i>				5	1	
<i>Radix labiata</i>	66	16	8	2		
<i>Radix balthica</i>		8	40	9	1	
<i>Planorbis planorbis</i>	2	1	4	8	1	1
<i>Anisus septemgyratus</i>			8	14		1
<i>Anisus leucostoma</i>	5	5		20		
<i>Bathymorphus contortus</i>		1				
<i>Gyraulus laevis</i>		199	1128	90		1
<i>Armiger crista</i>		133	1488	153		
<i>Hippeutis complanatus</i>		9	112	58		
<i>Acroloxus lacustris</i>			12	54		
<i>Physa fontinalis</i>			8	1		
<i>Ancylus fluviatilis</i>						1
<i>Pisidium</i> sp.	78	179		74	4	3
<i>Pisidium nitidum</i>			28			
<i>Pisidium milium</i>		10	12	9		
Effectifs aquatiques	269	587	3828	1271	29	32

Effectifs totaux	358	595	3836	1302	33	42
-------------------------	------------	------------	-------------	-------------	-----------	-----------

Tab. 1 : Liste des malacofaunes provenant de l'observation « puisard » 2013.

Tab. 1: List of the malacofauna from 'puisard' (sump) pit 2013.

$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$\pm ^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	$\pm ^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$	âge (ka)	+	-
0,6316	0,0130	1,3388	0,0091	103,0360	3,5250	3,4130

const. ^{230}Th : 0,009158

const. ^{234}U : 0,009158

Tab. 2 : Détail dosimétrique et résultat de datation U/Th sur oogones de Characées.

Unité de détail 14 de l'observation « puisard » de 2013, étude B. Ghaleb (Hérisson *et al.*, 2015).

Tab. 2: Dosimetric detail and U/Th dating result on Characea oogon. Detail unit 14 of the 2013 'sump' pit, study B. Ghaleb (Hérisson *et al.*, 2015).

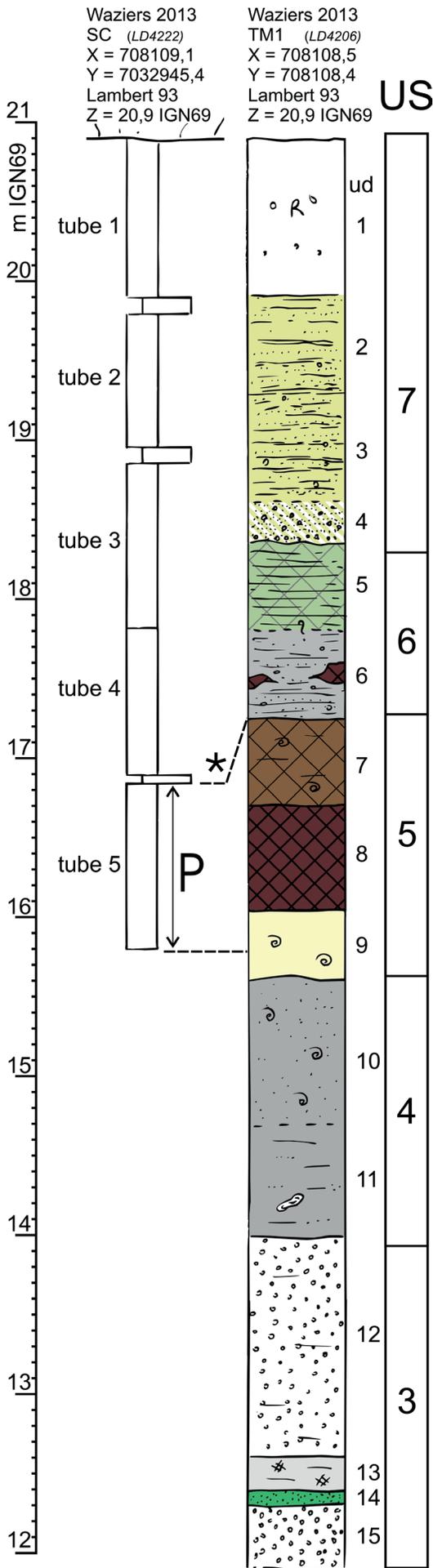


Fig. 5: Carotte SC et tarière mécanique TM1.

Localisation sur la fig. 2F. */Compression du sédiment dans SC, P/ Étude palynologique (Gauthier, 2022), 1/ Remblais, limon, brique, 2/ Limon sablonneux verdâtre, hydromorphe, 3/ Sablon argileux plastique, verdâtre, lité, 4/ Sable et graviers de craie, 5/ Limon organique grisâtre, 6/ Sable limoneux avec graviers de craie, argileux, plastique, passées de tourbe (tourbe remaniée), 7/ Limon organique brun clair, sableux, avec malacofaune, 8/ Tourbe brune, 9/ Limon travertineux, très clair, avec malacofaune, 10/ Sablon gris, à malacofaune, 11/ Limon gris plastique, un peu sablonneux, un fragment de bois, 12/ Graviers de craie, matrice limoneuse, 13/ Limon plastique gris clair, petits débris organiques, 14/ Sable gris vert sombre, 15/ Graviers de craie, USn/ Corrélations possibles avec les unités stratigraphiques de synthèse des fouilles 2014-2015.

Fig. 5: SC core and TM1 drill. Location in Fig. 2F. */ Compressed sediment in SC, P/ Palynological study (Gauthier, 2022), 1/ Backfill, silt, brick, 2/ Hydromorphic, greenish sandy silt 3/ Bedded greenish, plastic clayey silt, 4/ Sand and chalk gravels, 5/ Greyish organic silt, 6/ Silty sand with chalk gravels, clayey, plastic, peaty past (reworked peat), 7/ Light brown organic silt, sandy, with malacofauna, 8/ Brown peat, 9/ Travertine silt, very light, with malacofauna, 10/ Grey silt, malacofauna, 11/ Plastic grey silt, a little sandy, a fragment of wood, 12/ Chalk gravels, silty matrix, 13/ Light grey plastic silt, small organic debris, 14/ Dark green grey sand, 15/ Chalk gravels, USn/ Possible correlations with the stratigraphic synthesis units of the 2014-2015 excavations.

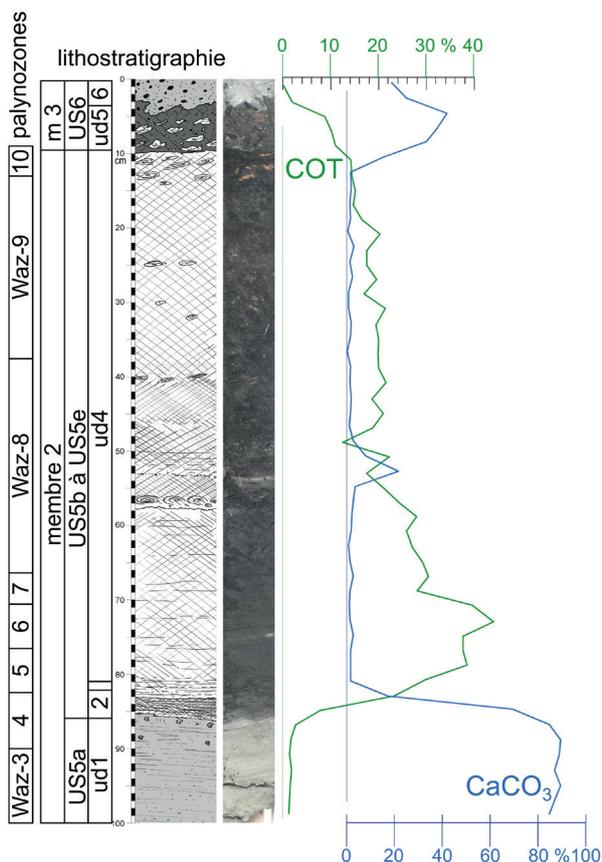
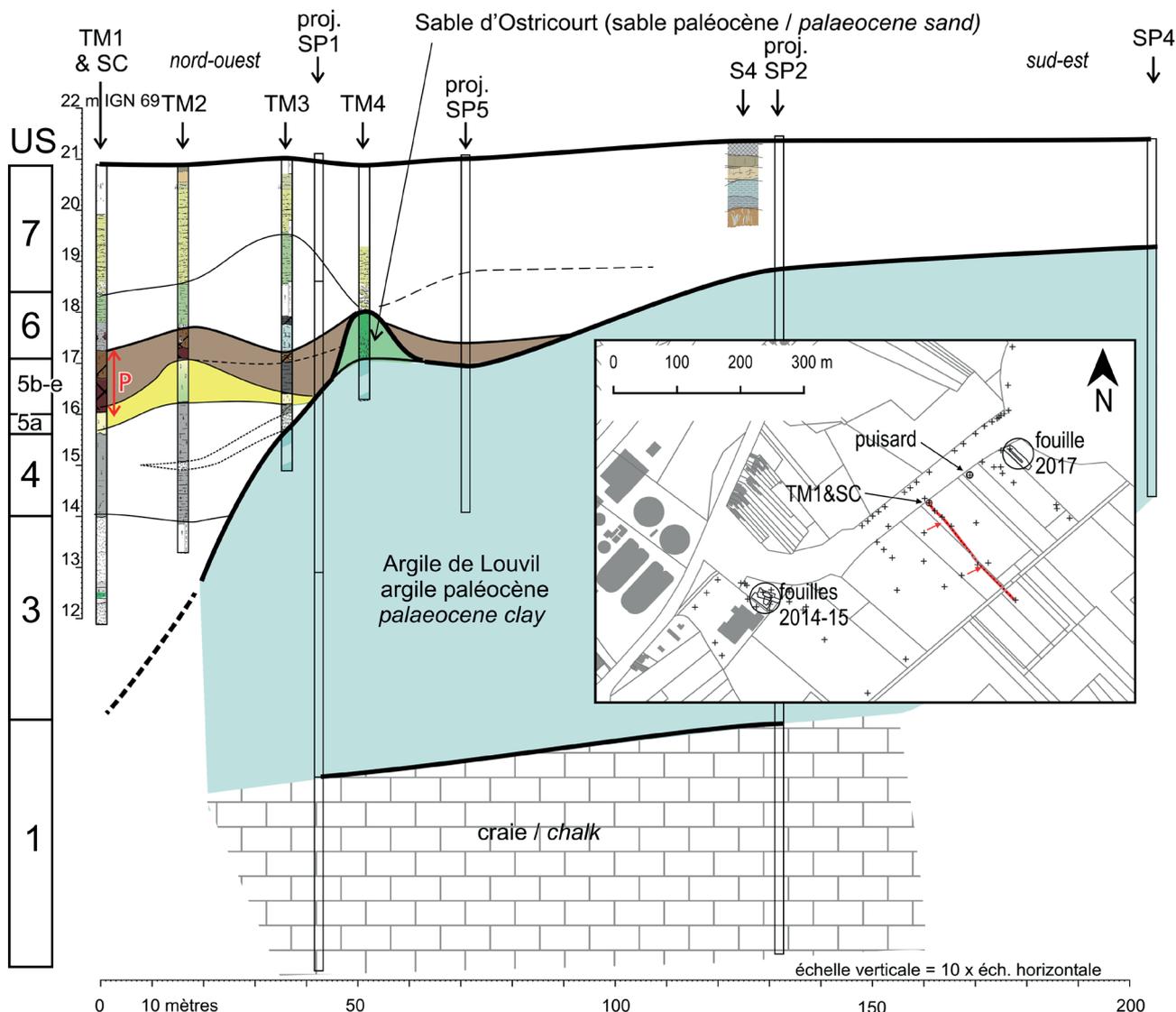


Fig. 6: Localisation des observations TM1 par rapport aux dépôts de tourbe et de tuf calcaire mis en évidence lors de la campagne 2013.

Tourbe en brun et tuf calcaire en jaune. P/ Étude palynologique, tube 5 du sondage carotté SC (Gauthier, 2022), USn/ Corrélations possibles avec les unités stratigraphiques de synthèse des fouilles 2014-2015, flèches rouge/ Projection de sondages géotechniques.

Fig. 6: Location of TM1 observations in relation to peat and tufa deposits revealed during the 2013 campaign. Peat in brown and limestone in yellow. P/ Palynological study, tube 5 of SC core (Gauthier, this issue), USn/ Possible correlations with stratigraphic synthesis units from 2014-2015 excavations, red arrows/ Projection of geotechnical borehole projection.

Fig. 7: Description du SC5, diagramme du taux de CaCO₃ et du COT.

ud1/ Limon gris avec entre 88-85,5 cm une grande concentration de coquilles, ud2/ tourbe limoneuse, ud3/ Lit de bois, ud4/ Tourbe plus ou moins fibreuse avec à 54 cm un lit de sable tufacé, ud5/ Tourbe remaniée, ud6/ Sable limoneux.

Fig. 7: Description of SC5, CaCO₃ and TOC rates diagram. ud1/ Grey silt with a high concentration of shells between 88-85.5 cm, ud2/ Silty peat, ud3/ Wood bed, ud4/ More or less fibrous peat with a tuffaceous sand bed at 54 cm, ud5/ Reworked peat, ud6/ Silty sand.

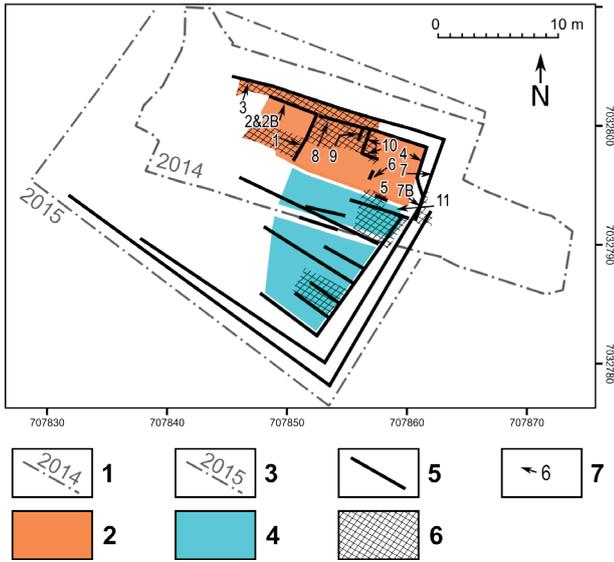


Fig. 8: Localisation des coupes et des zones fouillées lors des campagnes de fouille 2014 et 2015.

Coordonnées en mètres Lambert 93. 1/ Fouille campagne de 2014, emprise au sol, 2/ Fouille campagne 2014, emprise en fond de fouille, 3/ Fouille campagne de 2015, emprise au sol. 4/ Fouille campagne 2015, emprise en fond de fouille, 5/ Coupes détaillées, 6/ Zones fouillées manuellement, 7/ Identification (numéro des coupes ou des logs).

Fig. 8: Location of the cross-sections and excavated areas during the 2014 and 2015 excavation campaigns. Lambert 93 meters survey. 1/ Extension of campaign 2014 excavation. 2/ Campaign 2014, bottom of excavation. 3/ Extension of campaign 2015 excavation. 4/ Campaign 2015, bottom of excavation. 5/ Detailed cross-section. 6/ Manually digged areas, 7/ Identification (number of the cross-sections or logs).

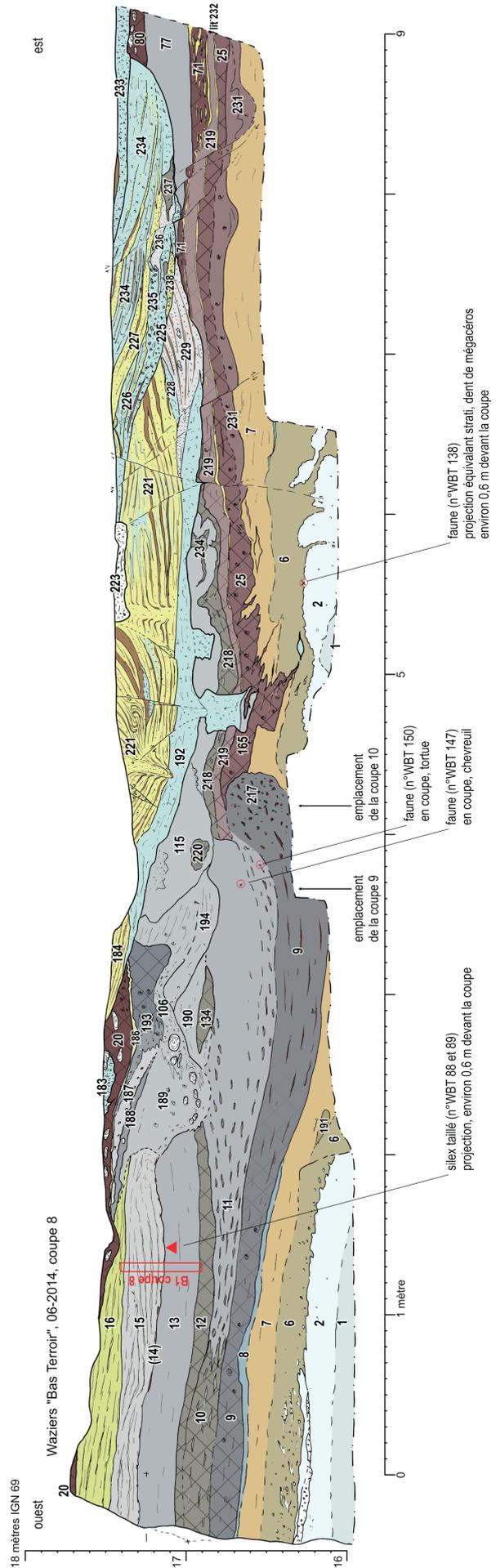


Fig. 9: Fouille 2014, levé détaillé de la coupe 8.

Levé détaillé des unités sédimentaires, projection des pièces d'industrie lithique et de faune sur l'unité correspondante, localisations des prélèvements.

Fig. 9: 2014 excavation, detailed survey of section 8. Detailed survey of the sedimentary units, projection of the pieces of lithic industry and fauna on corresponding unit, location of the samplings.

En 2015, l'extension de la fouille de 2014 vers le sud (figs. 2G & 6, pl. 2, cls. 1 & 3) a été accompagnée d'un levé des coupes par photogrammétrie. La corrélation avec les principales unités décrites en 2014 n'a pas posé de difficultés. D'une manière générale, les alluvions remontent fortement en altitude, comme escompté, et sont affectées par des phénomènes localisés d'érosion intenses, rapportables à des processus thermokarstiques (érosion fluvio-thermique générée par une fonte brutale de la glace dans un réseau de grandes fentes en coin associées à un pergélisol).

Une unité supplémentaire (US4e, pédogénèse au sommet de US4, cf. partie 3) a été mise en évidence par rapport à la campagne 2014.

2.1.6.4 - Micromorphologie

Quatre lames minces ont été effectuées. Les résultats sont présentés et commentés dans la présentation des unités de synthèse (partie 3). Les lames B1, B2 et B3 proviennent d'un bloc prélevé sur la coupe 5 de 2015

(pl 3, cls. 1 & 2) à l'extrémité nord de la zone où a été fouillé le niveau archéologique N3 aux environs de 17,8 m IGN69. Le bloc est projeté sur la figure 11. Les trois lames couvrent le membre 2 qui, dans cette position, est peu développé et composé des unités US5b et US5e (ce dernier contenant le matériel lithique de N3). La lame B4 correspond au bloc prélevé en 2014 dans la coupe 3 en parallèle aux prélèvements malacologiques du limon fluvial US5c (cf. partie 3 et pl. 3, cls. 1 & 3).

L'étude micromorphologique a pour but de décrire les critères diagnostiques des processus sédimentaires et pédologiques, c'est-à-dire de caractériser les constituants minéraux et organiques, leur organisation et leur évolution. Les apports de la micromorphologie dans l'étude des séquences pédosédimentaires ont été reconnus depuis longtemps (Fedoroff & Goldberg, 1982 ; Fedoroff & Courty, 2002). Les traits pédosédimentaires observés à l'échelle microscopique permettent la reconnaissance des processus pédogénétiques, essentiellement dans une approche qualitative à semi-quantitative (Stoops

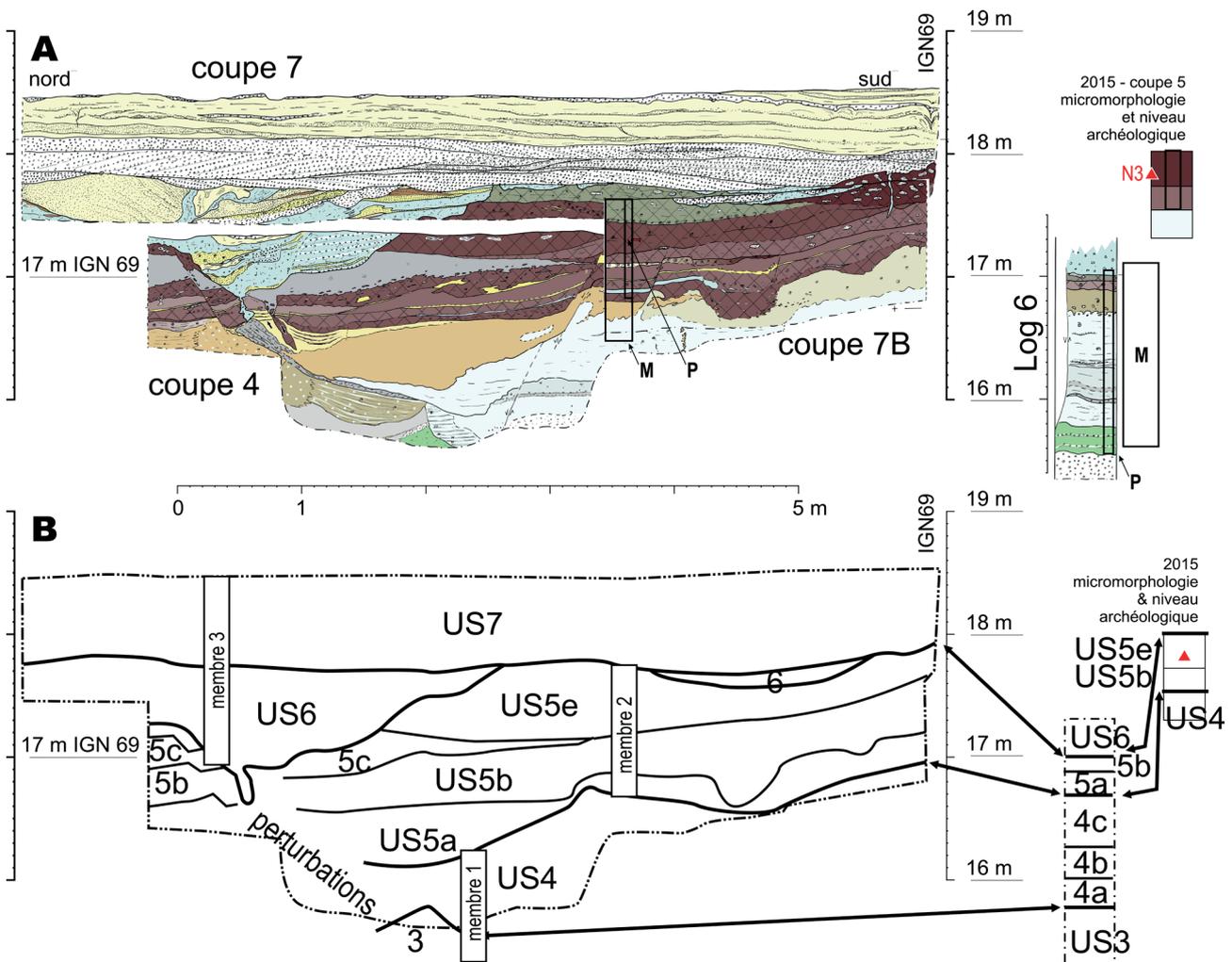


Fig. 11 : Fouille 2014, coupe générale de la paroi est et interprétation stratigraphique.

(A) Assemblage des coupes 4, 7, 7B et corrélation avec le log 6. Localisation sur la fig. 8 (unités lithologiques de détail des coupes, voir Lochet *et al.*, 2014), P/ Analyse palynologique (Gauthier, 2022), M/ Analyse malacologique (Limondin-Lozouet, 2022). (B) Unités stratigraphiques de synthèse, US3/ Alluvions grossières, US4/ Limon alluvial, US5/ Limons et tourbes, US6/ Érosion, remaniements, figures thermokarstiques, US7/ Gravieres de craie puis limon fluvio-éolien.

Fig. 11: 2014 excavation, east wall section assemblage, correlation with log 6 and synthetic stratigraphic units. (A) Assemblages of sections 4, 7, 7B and correlation with log 6. Location on fig. 8 (detail lithologic units of sections, see Lochet *et al.*, 2014), P/ Palynologic analysis (Gauthier, 2022), M/ Malacologic analysis (Limondin-Lozouet, 2022). (B) Synthesis stratigraphic units, US3/ Coarse alluvium, US4/ Alluvial silt, US5/ Silt and peat, US6/ Erosion, reworking, thermokarst figures, US7/ Chalk gravels then fluvio-olian silt.

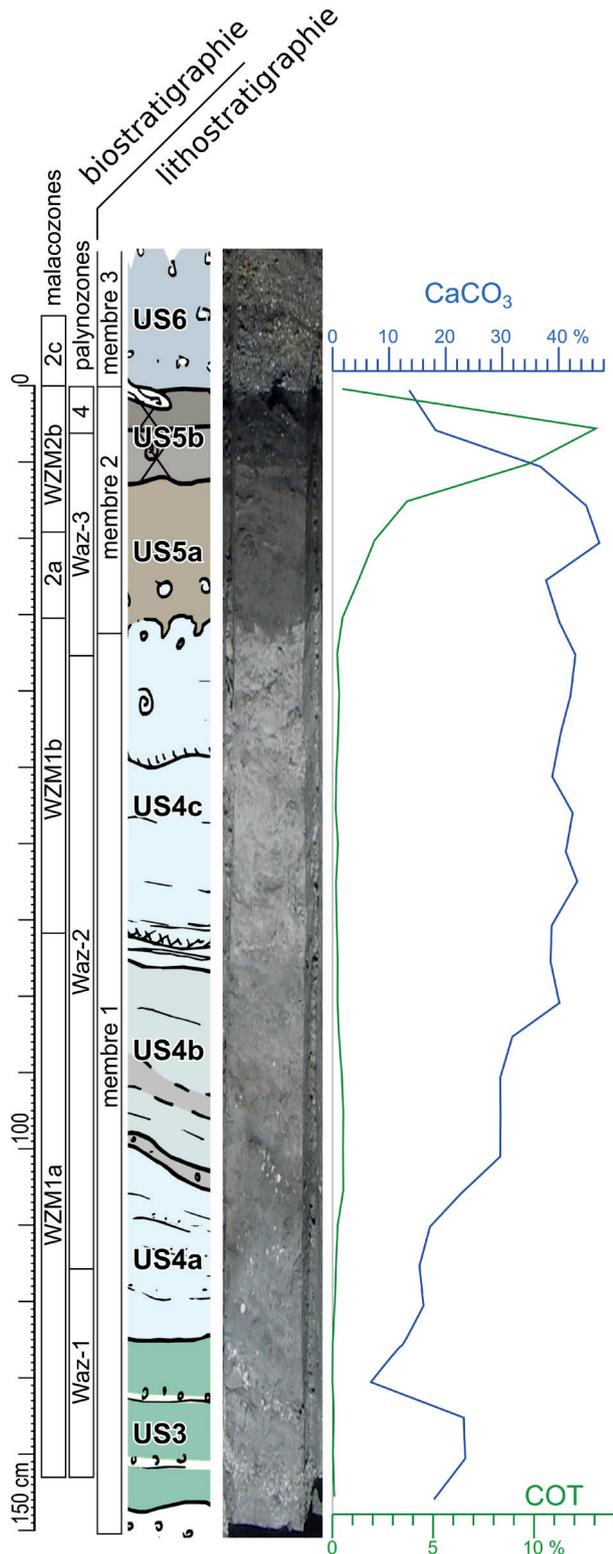


Fig. 12: Log 6, diagramme du taux de CaCO_3 et du COT.

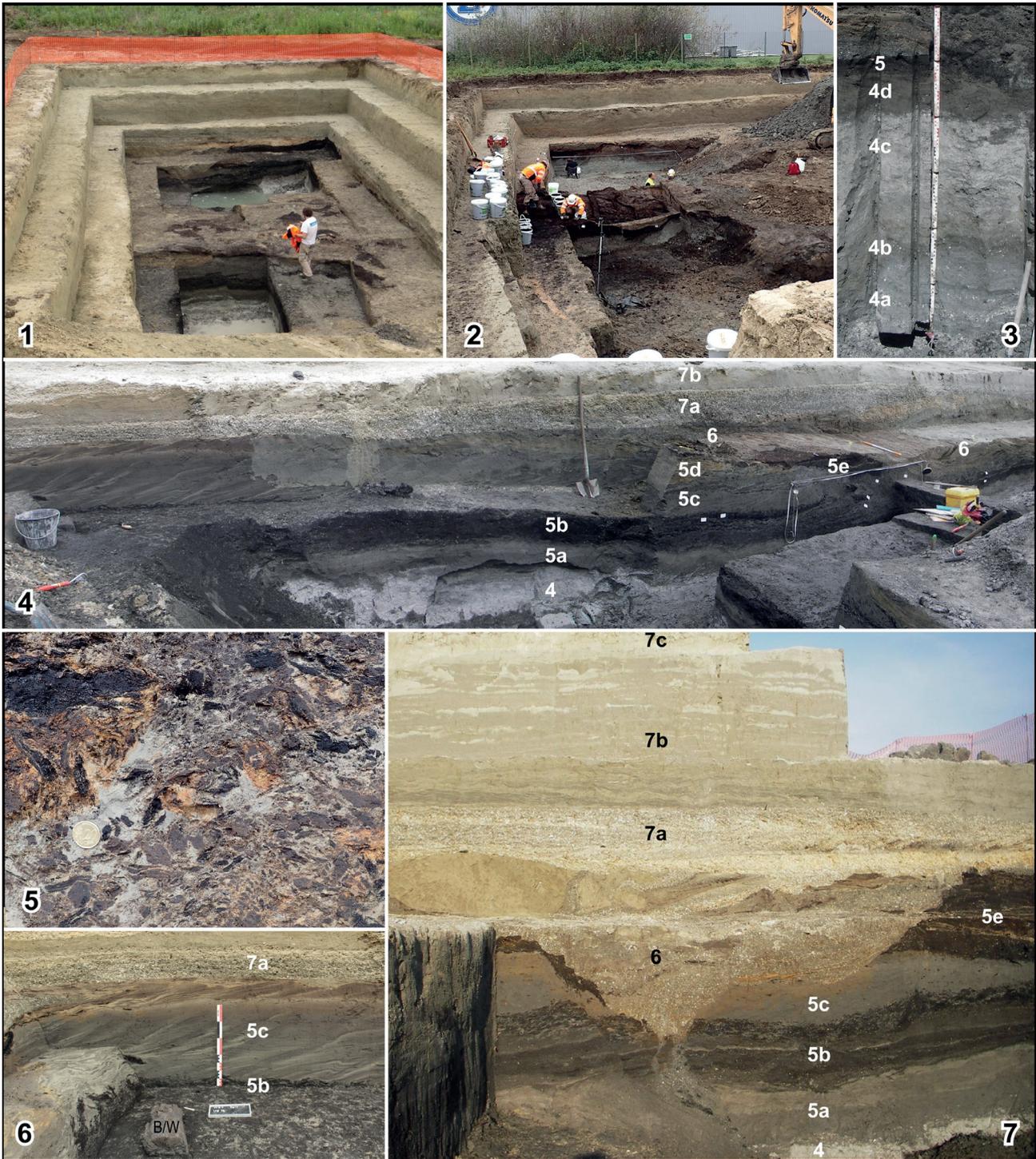
Indication des palynozones d'après Gauthier, 2022 et des malacozones d'après Limondin-Lozouet, 2022.

Fig. 12: Log 6, CaCO_3 and TOC rates diagram. Indication of palynozones after Gauthier, 2022, this issue, and malacozones after Limondin-Lozouet, 2022, this issue.

et al., 2010). Les traits sont hiérarchisés et interprétés en termes de phases sédimentaires et pédogénétiques (Fédoroff & Courty, 2002; Gerasimova, 2003) et permettent une approche des paléoenvironnements. Par contre, peu d'études micromorphologiques ont concerné les formations tourbeuses ou Histosols (Stoops *et al.*, 2010). Nos observations s'attachent pour les lames 1 à 3 à classer des tourbes en fonction de leur degré de décomposition, à déterminer l'importance de la fraction détritique, et à observer les éventuelles modifications post-dépositionnelles liées à l'âge de la formation. Les observations ont été menées sur un microscope Olympus BX51 en lumière polarisée analysée et non analysée suivant les principes de Bullock *et al.* (Bullock *et al.*, 1985) et de Stoops *et al.* (Stoops *et al.*, 2010).

Campagne de fouille programmée 2015 et sondages à la pelleuse équipée d'un « godet preneur »

La campagne de fouille de 2015 (Hérisson *et al.*, 2015) a aussi consisté, outre l'extension de la fouille 2014, en la cartographie géophysique au nord de la route (Hulin & Virmoux, 2022) et à la réalisation de sondages au nord de la route, dans le but de circonscrire l'extension des alluvions anciennes dans cette direction (fig 2G). Ces sondages ont été effectués à l'aide d'une machine équipée d'un « godet preneur », choix dicté par l'exiguïté de l'emprise, le long d'un chemin rural. Ils ont donné lieu à un transect interprétatif présenté sur la figure 13. Le *bedrock* est constitué du sable glauconieux paléogène « Sable d'Ostricourt » (âge thanétien, fig. 13, unité transect 1). Il est surmonté par endroit d'un limon homogène interprété comme un dépôt éolien (fig. 13, unité transect 4, équivalent US 2 ?). La nappe de tourbe et tuf calcaire rencontrée dans les investigations de 2013 et de 2014 (US5) a été observée seulement à l'extrémité sud dans le sondage SP1 (fig. 13, unité transect 2). Plus au nord-ouest, elle est remaniée sous la forme de lentilles de limon gris à débris organiques (fig. 13, unité transect 3, US6).



Pl. 1 : Observations 2014 et 2015 (1/2).

Avec indication des unités lithostratigraphiques de synthèse (US). 1/ Vue générale de la campagne de 2014, en direction de l'est, 2/ Vue générale de la campagne de 2015, en direction du sud, 3/ Campagne de 2014, log 6 (voir figs. 7 & 11), 4/ Campagne de 2014, coupes nord : coupes 2, 3 et 8 (voir figs. 9 & 10), 5/ Campagne de 2015, détail de l'US6, 6/ Campagne de 2014, détail de l'extrémité ouest de la coupe 3 (voir fig. 10), 7/ Campagne de 2014, vue partielle des coupes 7 et 4 (voir fig. 11).

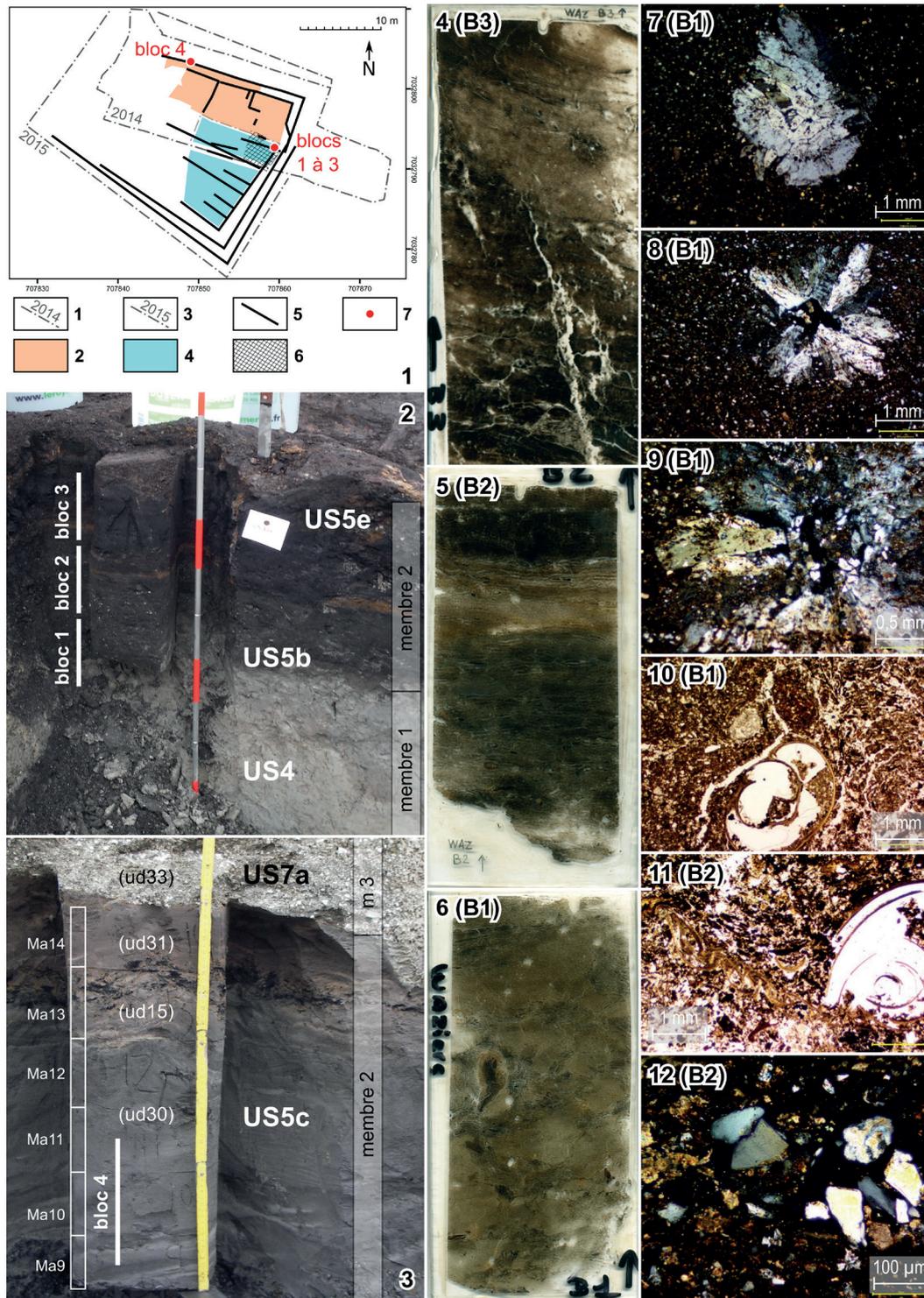
Pl. 1 : Observations 2014 and 2015 (2/2). With indication of the lithostratigraphic units of synthesis (US). 1/ General view of the 2014 campaign looking east, 2/ General view of the 2015 campaign looking south, 3/ Campaign 2014, log 6 (see fig. 7 & 11), 4/ Campaign 2014, northern sections: cross-sections 2, 3 and 8 (see figs. 9 & 10), 5/ Campaign 2015, detail of the US6 unit, 6/ Campaign 2014, detail of the western end of the cross-section 3 (see fig. 10), 7/ Campaign 2014, partial view of the cross-section 7 and 4 (see fig. 11).



Pl. 2: Observations 2014 et 2015 (2/2).

1/ Fouille du niveau archéologique N3, 2015, et vue panoramique (montage de plusieurs photos, localisation fig. 1G) des parois sud-est et sud-ouest, 2/ Fouille de 2014, détail de la paroi nord-est, 3/ Fouille de 2015, paroi sud-ouest, déformations thermokarstiques, 4/ Fouille de 2014, fouille manuelle de l'US5 et prélèvement de l'US4 sur le log 6 (voir figs. 7 & 11).

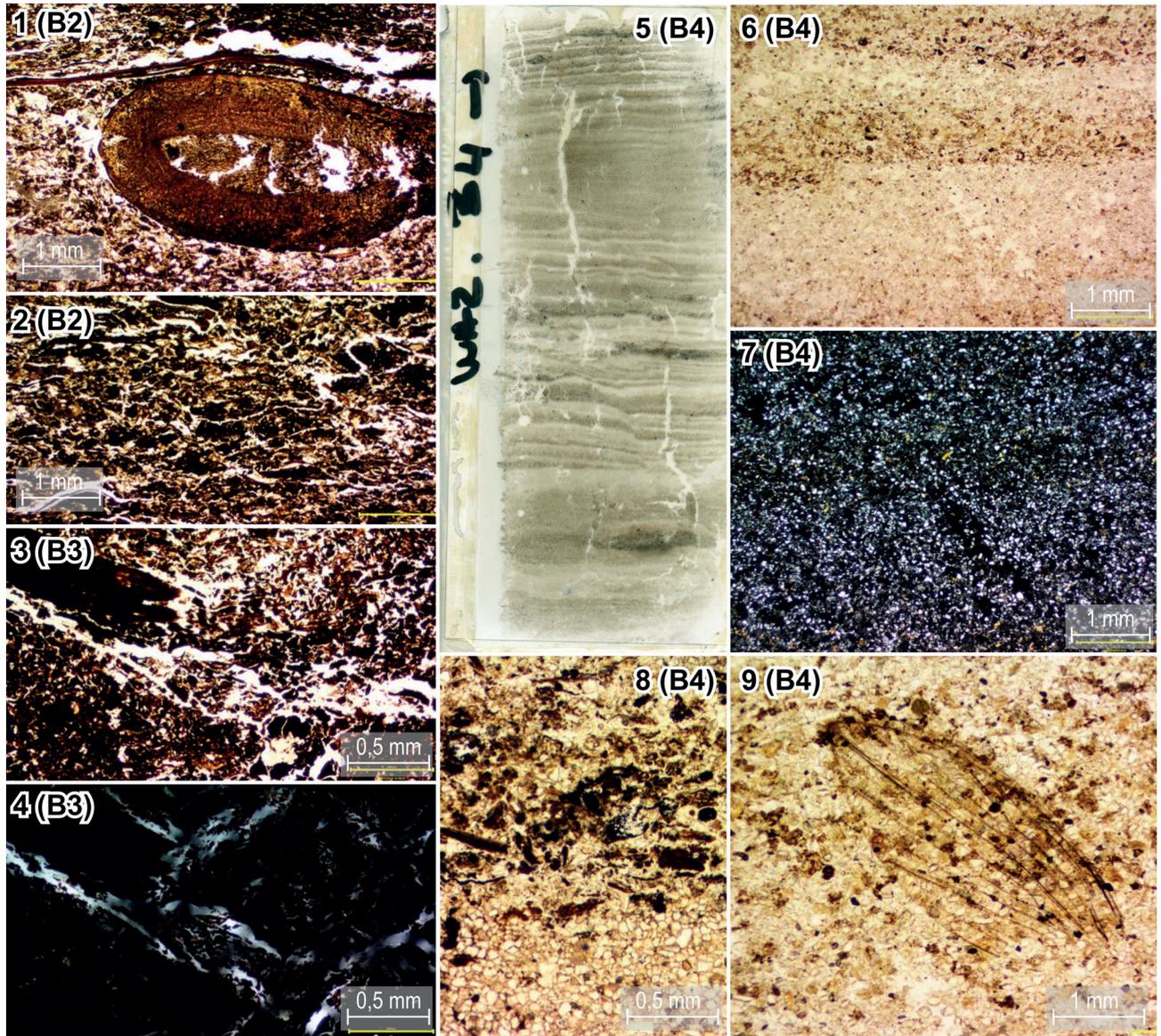
Pl 2: Observations 2014 and 2015 (2/2). 1/ Excavation of archaeological level N3, 2015, and panoramic view (montage of several photos, location fig. 1G) of the southeast and southwest walls, 2/ Detailed excavation of the northeast wall, 3/ Excavation of 2015, southwest wall affected by thermokarst deformations, 4/ Excavation of 2014, manual excavation of US5 and sampling of US4 on log 6 (see figs. 7 & 11).



Pl. 3 : Localisation des blocs ayant servi à la réalisation des lames minces, présentation des blocs 1 à 3, présentation des vues provenant du bloc 1 (US5b) et du bloc 2 (US5b et US5c).

1/ Localisation des blocs sur les fouilles 2014-2015 avec : (1) emprise au sol de la fouille 2014, (2) zone fouillée en 2014 ; (3) emprise au sol de la fouille 2015, (4) zone fouillée en 2015, (5) coupes, (6) fouille manuelle du niveau archéologique N3, (7), localisation des blocs. 2/ Prélèvement des blocs 1 à 3, 3/ Prélèvement du bloc 4 (en parallèle des échantillons malacologiques de la coupe 2014-3), 4/ Numérisation de la lame B3 avec une tourbe franche en moitié inférieure et un limon tourbeux en partie supérieure, 5/ Numérisation de la lame B2 montrant la structure litée de la tourbe, 6/ Numérisation de la lame B1 montrant la structure en agrégats, 7 à 9/ Lame B1 en LPA, cristaux de gypse néoformés, automorphes, à structure radiaire, 10/ Lame B1 en LNPA, vue générale, débris de matière végétale et mollusque ; à gauche agrégat ; à droite partie plus fibreuse, 11/ Lame B2 en LPNA, vue générale, coquilles de mollusques brisées, matière organique en petits fragments dégradés noirâtres, 12/ Lame 2 en LPA, grains de quartz (gris-blanc) et carbonate (teintes irisées).

Pl. 3: Location of the blocks used to make the thin slides, presentation of blocks 1 to 3, presentation of the views from block 1 (US5b) and block 2 (US5b and US5c).
 1/ Location of the blocks on the 2014-2015 excavations with : (1) area excavated in 2014, (2) area dug in 2014 ; (3) area excavated in 2015, (4) area dug in 2015, (5) cross-sections, (6) manual dig on archaeological level N3, (7) location of the blocks. 2/ Sampling of blocks 1 to 3, 3/ Sampling of block 4 (in addition to the malacological samples from section 2014-3), 4/ Scanning of slide B3, with frank peat in the lower half and peaty silt in the upper part, 5/ Scanning of slide B2 showing the bedded structure of the peat, 6/ Scanning of slide B1 showing the aggregate structure, 7 to 9/ Slide B1 in LPA, neoformed, automorphic gypsum crystals with radial structure, 10/ Slide B1 in PPL, general view, debris of plant matter and mollusk; on the left aggregate; on the right more fibrous part, 11/ Blade B2 in PPL, general view, broken mollusk shells, material in small blackish graded fragments, 12/ Blade 2 in XPL, grains of quarters (grey-white) and carbonate (iridescent tints).



Pl. 4 : Présentation des vues en lames minces provenant du bloc 2 (US5b et US5e), du bloc 3 (US5e) et du bloc 4 (US5c).

1/ Lame B2 en LPNA, racine avec structure cellulaire quasi-intacte, 2/ Lame B2 en LPNA, tourbe litée, 3/ Lame B3 en LPNA, matière organique « émiettée », 4/ Lame B3 en LPA, tourbe sans fraction minérale, 5/ Numérisation de la lame B4, limons lités, 6/ Lame B4 en LPNA, détail des lamines, 7/ Lame B4, même vue que 6 en LPA, 8/ Lame B4 en LPNA, lit de débris végétaux, 9/ Lame B4 en LPNA, aile d'insecte.

Pl. 4: Presentation of thin section views from block 2 (US5b and US5e), block 3 (US5e) and block 4 (US5c). 1/ PPL slide B2, root with almost intact cell structure, 2/ PPL slide B2, bedded peat, 3/ PPL slide B3, 'crumbled' organic matter, 4/ PPL slide B3, peat without mineral fraction, 5/ Scanning of slide B4, bedded silts, 6/ Slide B4 in PPL, detail of laminae, 7/ Slide B4, same view as 6 in XPL, 8/ Slide B4 in PPL, bed of plant debris, 9/ Slide B4 in PPL, insect wing.

3 - SYNTHÈSE LITHOSTRATIGRAPHIQUE 2011-2015

3.1 - DÉFINITION DE SEPT GRANDES UNITÉS SUR LES FOUILLES 2014-2015, DE TROIS MEMBRES STRATIGRAPHIQUES ET DE LA FORMATION DE WAZIERS

3.1.1 - Description des US1 à US7

À l'issue des campagnes de fouilles programmées de 2014 et 2015 (excavation et sondages en puits à la pelle mécanique aux alentours), la synthèse lithostratigraphique suivante a été proposée, avec de bas en haut (figs. 14-16) :

US1 – Substrat antéquatenaire

Le substrat antéquatenaire est constitué au droit de la fouille 2014-2015 de sable glauconieux paléocène (Thanétien). Il contient de la pyrite (FeS₂) qui lors de son altération libère du soufre dans le milieu aquatique. Ce soufre en se recombinaut avec le calcium dissous a permis la néoformation de petits cristaux de gypse (4-5 mm) dispersés dans les US5b et US5e (détermination par DRX des cristaux de gypse par C. Perrenoud, CNRS-UMR7041). Le substrat a été rencontré en sondages en puits à la pelle mécanique au sud de la zone excavée à

une altitude d'environ 15,5 m à près de 16,5 m d'altitude. D'autres sondages ont atteint une cote inférieure à 15 m IGN69 sans rencontrer cette unité (au nord-ouest et au nord-est de la zone excavée). D'une manière générale, la couverture quaternaire du versant masque d'amont en aval une craie blanche (Coniacien-Santonien) puis l'argile de Louvil (argile marine thanétienne) surmontée en stratigraphie des sables d'Ostricourt (sable marin glauconieux thanétien). La topographie antéquatenaire est beaucoup plus variée que ne permet de l'imaginer la topographie actuelle, avec notamment une butte d'argile identifiée sous la zone diagnostiquée en 2011 (fig. 2A) et clairement perçue en géophysique (Hulin & Vermoux, 2022). Cette topographie ancienne résulte peut-être d'un système faillé affectant le Paléogène et renforcé par l'érosion différentielle entre sable et argile. En effet, la juxtaposition rapide à une altitude proche des différentes lithologies sur l'axe sud-ouest/nord-est (craie plus en amont, «sable d'Ostricourt» au droit du diagnostic 2020 et de la fouille de 2014-2015, butte «d'argile de Louvil» sous le diagnostic 2011, puis de nouveau les sables au droit de la fouille 2017) laisse présager d'un système faillé affectant le Paléogène (Hérison *et al.*, 2017). De même nous rencontrons sur l'axe perpendiculaire sud-est/nord-ouest et à la même altitude l'argile (au sud de la route, fig. 6) et le sable (au nord de la route,

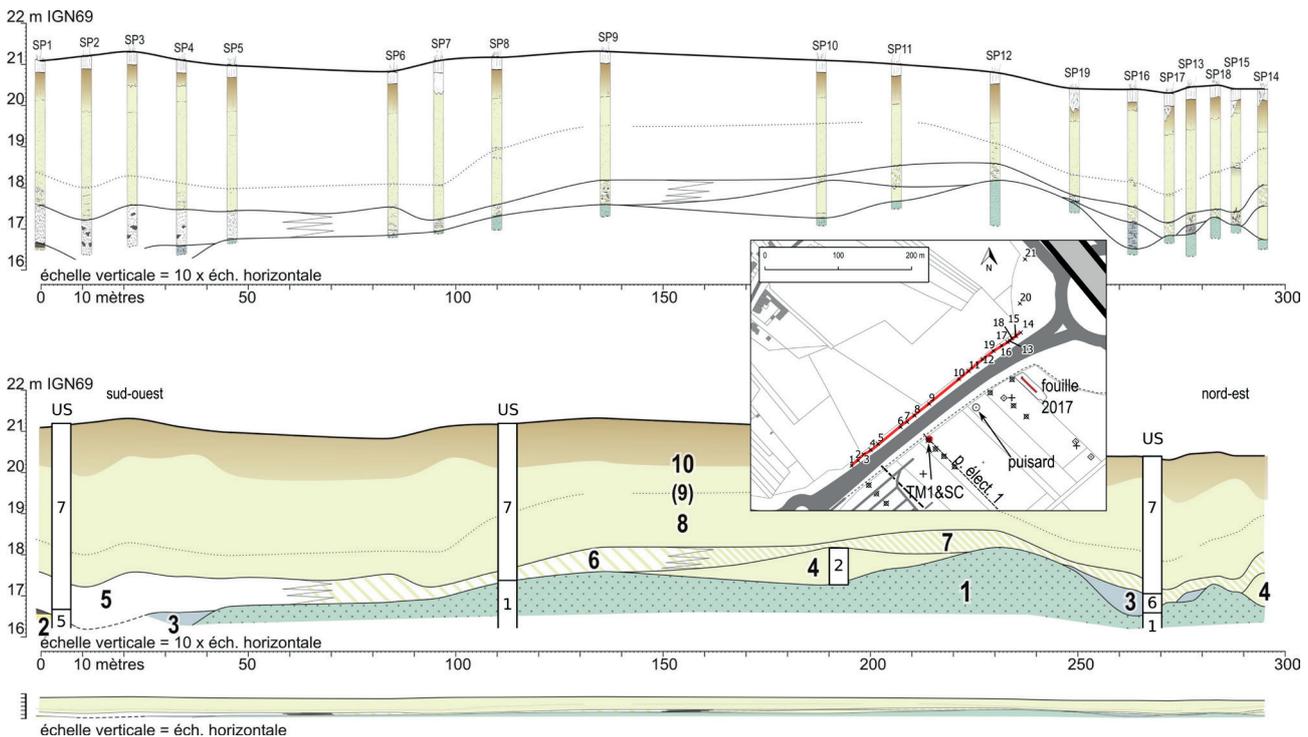


Fig. 13 : Transect 2015 effectué sur le bord nord de la route.

En encart : localisation du transect, voir aussi fig. 2G. 1/ Sable marin éocène fossilifère, «sable d'Ostricourt», 2/ Tuf calcaire et tourbe, 3/ Limon sableux lité gris, avec malacofaune, matière organique, localement reste de faune, 4/ Limon verdâtre, probable dépôt éolien sans équivalent dans la campagne de 2014, 5/ Graviers de craie roulés, sans matrice, avec fortes venues d'eau, localement paquets tourbeux remaniés abondants, 6/ Sable lité avec graviers transition latérale de l'unité 5, localement remaniement de bois et de tourbe, 7/ Graviers de craie avec matrice argilo-sableuse, transition latérale de l'unité 5, localement présence de faune, 8 à 10/ Couverture argilo-sableuse, avec ud9 lit de graviers de craie et ud10, USn/ Corrélations possibles avec les unités stratigraphiques de synthèse des fouilles 2014-2015.

Fig. 13: 2015 Transect conducted along the north-side of the road. Inset: location of the transect, see also fig. 2G. 1/ Fossiliferous Eocene marine sand, "Ostricourt sand", 2/ Calcareous tuff and peat, 3/ Grey sandy silt, with malacofauna, organic matter, locally remains of fauna, 4/ Greenish silt, probable eolian deposit without equivalent in the 2014 campaign, 5/ Rolled chalk gravels, without matrix, with strong water inflow, locally abundant reworked peaty packets, 6/ Bedded sand with gravels lateral transition of unit 5, locally reworked wood and peat, 7/ Chalk gravels with sandy-clay matrix, lateral transition of unit 5, locally presence of fauna, 8 to 10/ Sandy-clay cover, with ud9 chalk gravel bed and ud10, USn/ Possible correlations with the stratigraphic synthesis units of the 2014-2015 excavations.

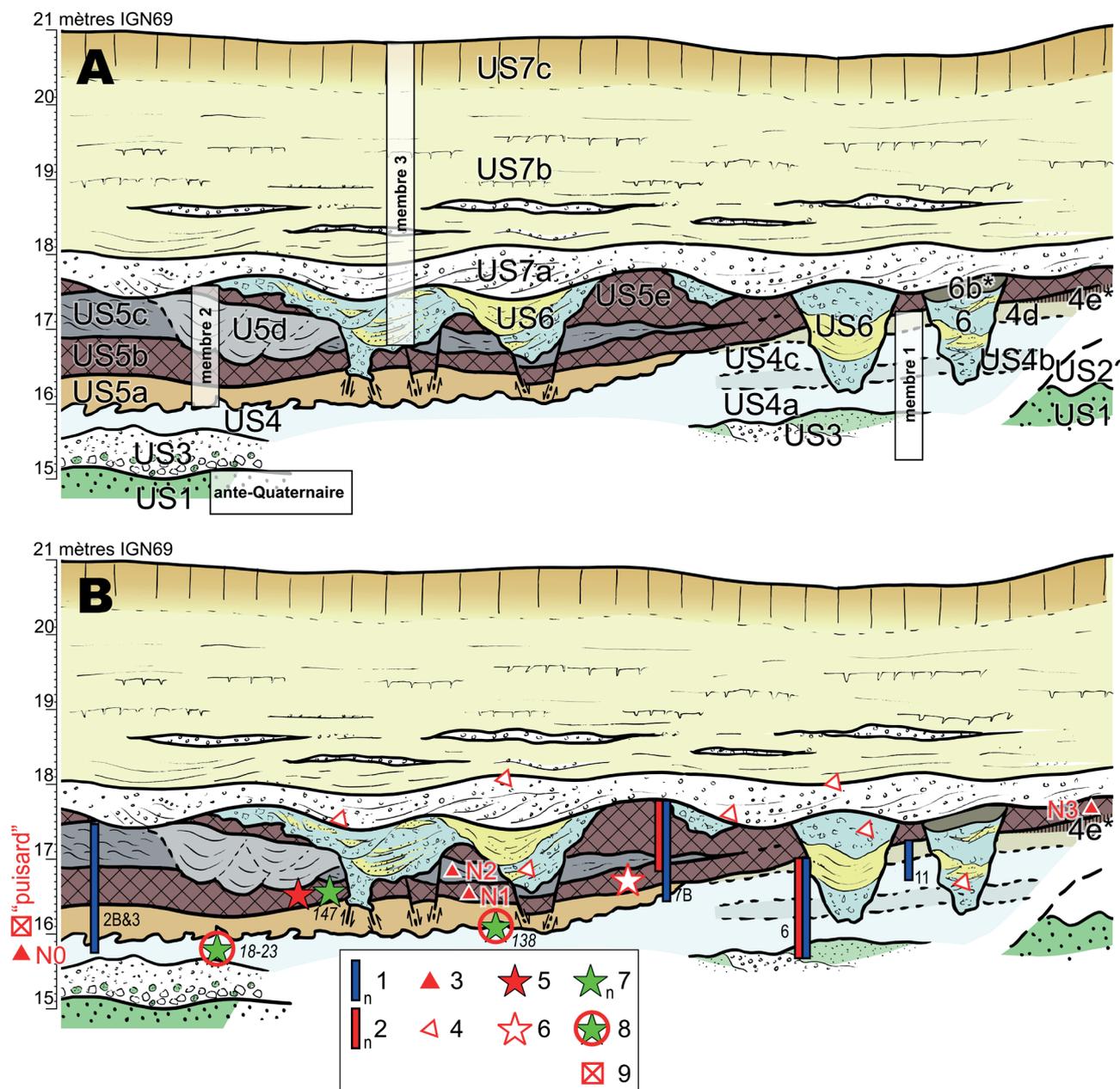


Fig. 14: Synthèse lithostratigraphique des campagnes de fouille 2014-2015 avec projection des niveaux archéologiques et des analyses.

(A) Stratigraphie. US1/ Substrat antequaternaire (Eocene sand), 2/ Slope formation, 3/ Fluvial coarse deposits (chalk, glauconitic sand and glauconitic sandstones), 4/ Thin fluvial mainly clastic deposits (4a/ lower grey silt, 4b/ slightly organic silt, 4c/ Upper grey silt, 4d/ Upper brownish loam, 4e/ Soil horizons), 5/ Thin fluvial mainly organic deposits (5a/ Lower brownish silt, 5b/ Lower laminated peat, with rich avifauna, 5c/ Laminated grey silt, large channel infilling, 5d/ Grey silt, narrow channels infilling, 5e/ Upper brownish silt and peat; rich in wood pieces and beavers bones), 6/ Reworked fluvial deposit, clayey gravels and thermokarstic figures, 7/ Covering deposits (7a/ Chalk gavel sheet, 7b/ Bedded sand and silt, 7c/ Loess and weathering), N0 to N3/ Archaeologic levels, (*)/ Unit exclusively present on the 2015 excavation. (B) Position of industries and analyses. 1/ Malacological analysis, 2/ Palynological analysis, 3/ Lithic industry, 4/ Reworked lithic industry, 5/ Fauna with traces of cutting or cremation, 6/ Other remarkable megafauna (Rhinoceros), 7/ Palaeotemperature isotope analysis (on teeth: 18-23 Horse, 138 Megaloceros, 147 Deer), 8/ U-Th and ESR dating on teeth, 9/ U-Th on oogones of Characeae.

Fig. 14: Lithostratigraphic synthesis of 2014-2015 excavation campaigns with projection of the archaeological levels and analyses. (A) Stratigraphy. 1/ Antequaternary substratum (Eocene sand), 2/ Slope formation, 3/ Fluvial coarse deposits (chalk, glauconitic sand and glauconitic sandstones), 4/ Thin fluvial mainly clastic deposits (4a/ lower grey silt, 4b/ slightly organic silt, 4c/ Upper grey silt, 4d/ Upper brownish loam, 4e/ Soil horizons), 5/ Thin fluvial mainly organic deposits (5a/ Lower brownish silt, 5b/ Lower laminated peat, with rich avifauna, 5c/ Laminated grey silt, large channel infilling, 5d/ Grey silt, narrow channels infilling, 5e/ Upper brownish silt and peat; rich in wood pieces and beavers bones), 6/ Reworked fluvial deposit, clayey gravels and thermokarstic figures, 7/ Covering deposits (7a/ Chalk gavel sheet, 7b/ Bedded sand and silt, 7c/ Loess and weathering), N0 to N3/ Archaeologic levels, ()/ Unit exclusively present on the 2015 excavation. (B) Position of industries and analyses. 1/ Malacological analysis, 2/ Palynological analysis, 3/ Lithic industry, 4/ Reworked lithic industry, 5/ Fauna with traces of cutting or cremation, 6/ Other remarkable megafauna (Rhinoceros), 7/ Palaeotemperature isotope analysis (on teeth: 18-23 Horse, 138 Megaloceros, 147 Deer), 8/ U-Th and ESR dating on teeth, 9/ U-Th on oogones of Characeae.*

fig. 13). L'axe hydrographique pléistocène exploite donc probablement une faille révélée par la juxtaposition des deux assises.

Le substrat de craie, d'argile ou de sable alimente les alluvions grossières rencontrées dans les dépôts quaternaires (graviers de craie, agrégats d'argile et sables alluviaux).

US2 – Dépôts antérieurs à l'unité 3

Nous regroupons dans l'unité 2 les formations de graviers de craie ruisselés (à plus de 16 m d'altitude) et de sable rencontrées ponctuellement en sondages en puits au sud de la zone fouillée. Ces dépôts sont interprétés comme des formations de versant antérieures à l'unité 3.

US3 – Dépôts fluviatiles grossiers inférieurs

L'unité 3 correspond aux dépôts alluviaux de craie, sable glauconieux et grès glauconieux, situés aux environs de 15 à 16 mètres d'altitude (environ 5 à 6 mètres de profondeur). Il s'agit de la nappe grossière reposant directement sur le *bedrock* sableux. La présence de gros blocs de craie et grès suggère un apport proche résultant d'une érosion depuis le versant crayeux contigu. Les dépôts graveleux sont constitués de graviers de craie arrondis et sont fréquemment associés à des passages de sable glauconieux. L'unité est caractéristique d'alluvions déposées en contexte périglaciaire.

US4 – Dépôts fluviatiles fins calcaires à dominante minérale

L'unité 4 regroupe les dépôts fluviatiles fins non ou faiblement organiques, avec malacofaunes, que nous observons directement sur l'unité 3 (pl. 1, cls. 3 & 4, pl. 2, cl. 4). Elle a livré en 2013 dans le sondage dit du puisard un éclat Levallois notifié comme le niveau archéologique N0 (Hérisson *et al.* 2022). L'unité 4 peut elle-même être subdivisée dans la partie sud-est de l'excavation (US4a à US4d). Les trois premières sous-unités (US4a à US4c) ont en particulier été décrites sur le log 6 (figs. 12, pl. 1, cl. 3 et pl. 2, cl. 4). Le taux de carbonates est important et augmente vers le haut de l'unité jusqu'à environ 40 % pondéral (fig. 12). Les sous-unités peuvent être décrites comme suit :

US4a – Limon gris inférieur

Dépôts à dominante limoneuse, il s'agit d'une unité observée en profondeur sur la majeure partie de l'excavation et composée de limon discrètement lité avec parfois quelques lits de sable, de couleur claire et des inclusions de graviers de craie ;

US4b – Limons intermédiaires légèrement organiques ;

US4c – Limon gris supérieur, identique à 4a, mais au-dessus de 4b ;

US4d – Limon supérieur légèrement brunâtre.

Dans la partie sud de l'excavation et directement sous les formations tourbeuses de l'unité 5, la partie supérieure de l'unité 4 est composée d'un limon clair légèrement brunâtre. Les restes d'une mâchoire de cheval ont été recueillis dans le niveau US4c-d non différencié (fig. 10, n° 18 à 23).

US4e – Limon supérieur légèrement brunâtre

L'unité US4e n'a été observée que sur l'emprise de la fouille de 2015. Il s'agit d'un horizon argileux calcaire avec conduits racinaires oxydés (pédogenèse probable) et pouvant prendre une coloration brun foncé ou lie de vin (ud7a de 2015). L'unité est interprétée comme une pédogenèse au sommet de l'US4 développée à distance du chenal.

Limite US4 et US5

La limite entre les US4 et US5 est rapide mais irrégulière en altitude. Elle comporte des involutions. Une dent de *Mégaceros* a été trouvée dans cette position (fig. 10, no 138).

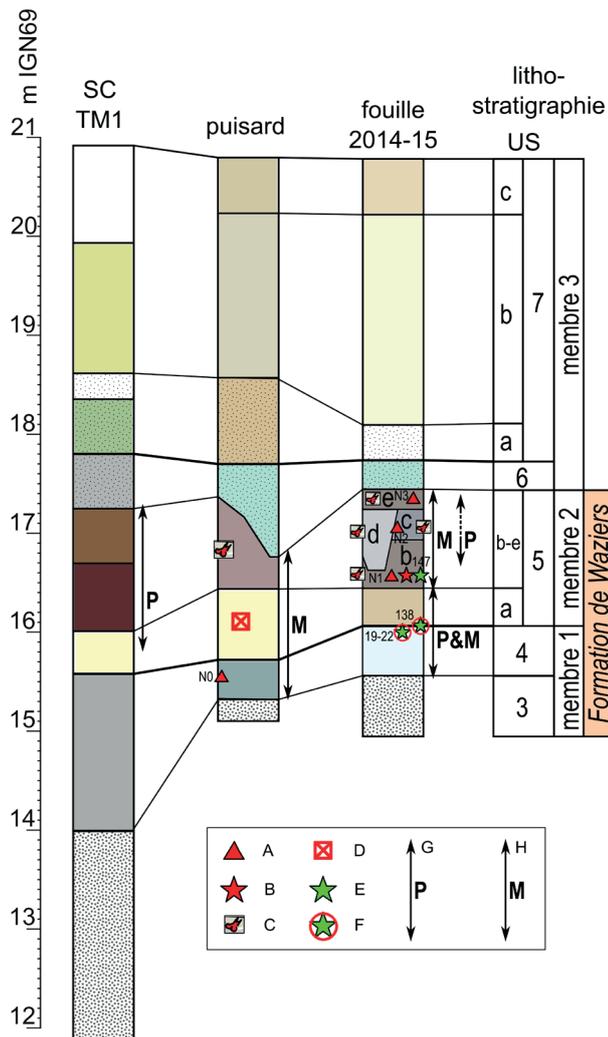


Fig. 15: Proposition de corrélation entre la synthèse stratigraphique définie sur la fouille 2014-2015, la carotte SC et l'observation du « puisard ».

US/ Unités stratigraphiques de synthèse, m IGN69/Altitude dans le référentiel NGF-IGN69, A/ Industrie lithique, B/ Faune avec trace de découpe ou de crémation, C/ Autre faune osseuse, D/ Datation U-Th, E/ Analyse isotopique, F/ Datation ESR sur dent, G/ Analyse palynologique H/ Analyse malacologique.

Fig. 15: Proposed correlation between the stratigraphic synthesis defined on the 2014-2015 excavation, the SC core and the "sump" observation. US/ Synthetic stratigraphic units, m IGN69/Altitude in NGF-IGN69 datum, A/ Lithic industry, B/ Fauna with traces of cutting or cremation, C/ Other bone fauna, D/ U-Th dating, E/ Isotopic analysis, F/ Isotopic analysis, G/ Palynological analysis, H/ Malacological analysis.

US5 – Dépôts fluviaux fins à dominante organique

Les observations permettent de mettre en évidence un corps sédimentaire fluvial composé majoritairement de dépôts tourbeux et limoneux. De nombreux restes de faunes mammaliennes et d'avifaune y a été recueillis (Auguste *et al.*, 2022 ; Lebreton *et al.*, sous presse), ainsi que quelques pièces d'industrie lithique ou de faune avec stigmates anthropiques (Hérisson, soumis). L'unité 5 peut être subdivisée de la manière suivante :

US5a – Limons bruns inférieurs

La base de l'unité 5 est un limon brun à composante organique. Le contact avec l'unité 4 sous-jacente est souvent irrégulier (figures de charge et bioturbations ?). La mesure du COT de l'US5a dans le log 6 (fig. 12) montre une composante organique très faible à la base de l'unité (quelques %) qui augmente fortement vers le haut jusqu'à atteindre plus de 30 % pondéral à la limite avec l'US5b. Le taux de carbonate est quant à lui important (plus de 40 % pondéral).

US5b – Tourbe inférieure (dite «à canards»)

Un dépôt tourbeux lité se développe sur l'US5a. Il est riche en ossements divers et particulièrement en avifaune. L'unité 5b présente une structure feuilletée avec intrusion de limon gris entre les agrégats tourbeux (dessiccation et déstructuration ?). Latéralement l'unité est déstructurée et passe à un limon gris avec inclusions d'agrégats tourbeux (érosion lors de crues d'un banc de tourbe desséchée ?). Vers l'est et le sud, l'unité comporte également quelques lits de limon tufacé. Le COT atteint plus de 40 % pondéral (fig. 12).

L'unité a bénéficié d'une analyse micromorphologique (lames minces B1 et B2, pl. 3, cls. 5, 6, 7-12, pl. 4, cls 1 & 2). La matière organique est abondante. Dans la lame B1, la majorité des débris végétaux sont très dégradés, noircis. Seuls quelques éléments fibreux sont encore visibles. Une fraction limoneuse est présente (essentiellement quartzeuse, avec quelques grains de glauconie). Des sables fins remplissent des vides biologiques. Quelques sphérolithes de lombrics (granules calcitiques de vers de terre) ont été observés. Les dépôts sont fissurés sur place, formant de gros agrégats pluricentimétriques. À noter la présence d'une néoformation de cristaux de gypse (cristaux automorphes, lenticulaires ou géométriques, organisation radiaire, teintes de biréfringence faible gris-jaunâtre, pl. 3, cls. 7-9) résultant de l'oxydation de la pyrite.

L'unité US5b contient le niveau d'industrie lithique N1. Il s'agit d'une pointe pseudo-Levallois notifiée comme le niveau archéologique (N1) (Hérisson *et al.*, 2022 ce numéro ; Sergent *et al.*, 2013).

US5c – Limon gris, comblement de chenal

Une formation limoneuse s'insère au sein de l'unité 5. Elle est inégalement présente et se termine en biseau vers le sud pour s'épaissir en limite nord de l'excavation. Il

s'agit vraisemblablement d'un dépôt de fond de chenal. La base est constituée d'un limon gris finement lité. Vers l'ouest, elle présente des figures de sédimentation fluviales (rides de courant, pl. 1, cl. 6).

L'unité a bénéficié d'une étude micromorphologique (lame B4, pl. 3, cls. 1 & 3, pl. 4, cls. 5-9). Le limon est très finement laminé (épaisseur de certaines lamines inférieures au millimètre). Le sédiment est quartzeux, avec des grains de glauconie et des paillettes de micas. Quelques fragments carbonatés sont visibles. Certaines lamines contiennent de la matière organique à l'état de petits fragments noirs aux formes irrégulières.

L'unité contient de la faune et le niveau archéologique N2, constitué de quatre artefacts en silex (Hérisson, soumis)

US5d – Limon gris en petits chenaux

De petits chenaux érodent les formations antérieures. Le comblement limoneux gris est très proche de la base de l'US5c et il est possible de faire localement la confusion entre les deux unités. Toutefois, la reprise de fragments tourbeux souligne la structure en petits chenaux. L'unité contient de la faune et du bois qui peuvent éventuellement être des reprises de dépôts antérieurs.

US5e – Limons bruns et tourbe supérieure (dite «à castors»)

L'unité 5 se conclut par un dépôt tourbeux US5e (pl. 4, cls. 3 & 4) qui scelle les unités US5c et US5d. Vers le sud, l'unité 5e est dilatée et repose directement sur la tourbe 5b (fig. 11 & pl. 3, cl. 2). L'US5e est riche en bois (branches et fragments de branches de 2 à 3 cm de diamètre, plus rarement 5-8 cm) et en faune de mammifères, en particulier en ossements de castor, et localement, en fragments de branches appointées ayant conservé la trace de dents de castor. Vers le sud, la partie supérieure de l'US5e est particulièrement riche en gros bois (coupes 7 et 7b, fig. 11) et constitue la partie sommitale de l'unité US5. La fouille de 2015 a confirmé l'amincissement de l'unité 5 vers le sud (remontée vers une berge probable). Elle comporte le niveau archéologique N3 qui n'était pas présent sur l'excavation de 2014. Le niveau N3 est composé d'une vingtaine d'artefacts et de restes fauniques (Hérisson *et al.*, 2022, ce volume).

US6 – Remaniements fluviaux, «graviers d'argile» et structures d'érosion thermokarstiques

Une grande partie de l'unité 5 est érodée, puis recouverte par l'unité 6. Cette dernière constitue une formation litée de sable, de graviers de craie, de reprise de sédiment tourbeux mais aussi de graviers d'argile (pl. 1, cl. 5). Les graviers d'argile proviennent de la déstabilisation de dépôts argileux paléocènes (argile de Louvil) proches sur versant et caractérisent l'US 6. L'unité comporte en position secondaire des fragments de bois, de la faune, des éléments d'industries lithiques, remaniés depuis l'US5. L'unité 6 comble des figures de chenaux, associées à des fractures (ravines localisées ?) qui peuvent se prolonger profondément (exemples sur les

figures 9, entre $x = 4,5$ m et $8,5$ m sur l'axe des abscisses, et 11). Des écoulements ont pu exploiter ces structures (exemples figs. 9 & 11, pl. 1, cl. 7, pl. 2, cl. 3) et créer des chenaux et des ravines qui associent des parois rectilignes et des affouillements vers leur base.

Ces structures d'érosions en ravines aux parois irrégulières sont interprétées comme résultant de la fonte d'un pergélisol (thermokarst). Les écoulements sont alimentés par la fonte de la glace de ségrégation présente au sommet du pergélisol mais surtout par celle d'un réseau de grandes fentes à coins de glace typique des environnements loessiques du Nord de la France pendant le dernier glaciaire (Antoine *et al.*, 2014, 2016).

Certaines limites d'unité, très rectilignes, les injections de sédiments et les déformations impliquent un dépôt en contexte périglaciaire. Les figures thermokarstiques sont abondantes et bien marquées sur l'excavation de 2015; une unité de limon argileux brun à gris, à lits peu nets, décarbonatée et à traces de petites pédotubules constitue la fin des comblements des ravines sans équivalent sur l'excavation de 2014. Cette unité est indiquée sur la figure 14 comme «US 6b».

US7 – Dépôts de recouvrement

L'ensemble de la zone est recouverte d'environ 3 m de dépôts composés de bas en haut des éléments suivants (pl. 1, cl. 7):

US7a – Nappe graveleuse

Une nappe de graviers de craie d'environ 0,5 à 1 m d'épaisseur tronque entre 17,5 et 18 m d'altitude l'ensemble des niveaux sous-jacents (US5 et US6). Elle résulte d'écoulements dynamiques et extensifs en petits chenaux mobiles sur une vaste zone. Elle comporte des fragments de bois et de l'industrie lithique remaniés depuis les unités sous-jacentes.

US7b – Nappe à dominante sableuse

La nappe graveleuse est recouverte d'une épaisse formation de sables et de limons lités interprétés comme des dépôts fluviéo-éoliens. Le litage révèle des structures fluviatiles où peuvent encore apparaître des dépôts de graviers de craie. Ceux-ci sont toutefois moins épais et tendent à disparaître vers le haut. Les lits sont parfois déformés par des fentes de dessiccation et des figures de cryoturbation.

US7c – Nappe à dominante limoneuse (loessique)

La partie supérieure est composée d'un limon loessique calcaire, peu épais.

3.1.2 - Regroupement des US3 à US7 en trois membres

Les US2 à 7 peuvent être de manière évidente regroupées en trois membres distincts avec de bas en haut (figs. 14-16):

- le membre 1, composé des US3 et US4, est un dépôt à dominante clastique;

- le membre 2, composé de l'US5, est un dépôt à dominante organique, tourbeuse;

- le membre 3, composé des US6 et US7, est à dépôt à dominante clastique avec une limite érosive nette.

3.2 - CORRÉLATIONS STRATIGRAPHIQUES ET CHRONOLOGIE RELATIVE À HAUTE RÉOLUTION

3.2.1 - Proposition d'une corrélation fondée sur la lithostratigraphie...

Les fouilles 2014-2015 sont distantes d'environ 300 m de l'observation du puisard et de 370 m du sondage carotté SC (fig. 2). Nous pouvons proposer une corrélation stratigraphique comme illustrée sur les figures 15 & 16. Les dépôts graveleux profonds du puisard et de SC (à partir et en deçà de 15 à 14 m d'altitude) suivis par des limons fluviatiles gris (jusqu'à environ 15,5 m) correspondent au membre 1 (US3 et US4). Les limons avec tourbes remaniées et les dépôts grossiers (altitude basale à environ 17 à 18 m d'altitude) suivis par les formations limono-sableuses litées puis limoneuses sont corrélés au membre 3 (US6, US7a et US7a-7b). Entre ces deux membres, nous pouvons corréler en un grand ensemble (membre 2) les formations limoneuses clastiques, les tufs calcaires et les tourbes, soit les US5a

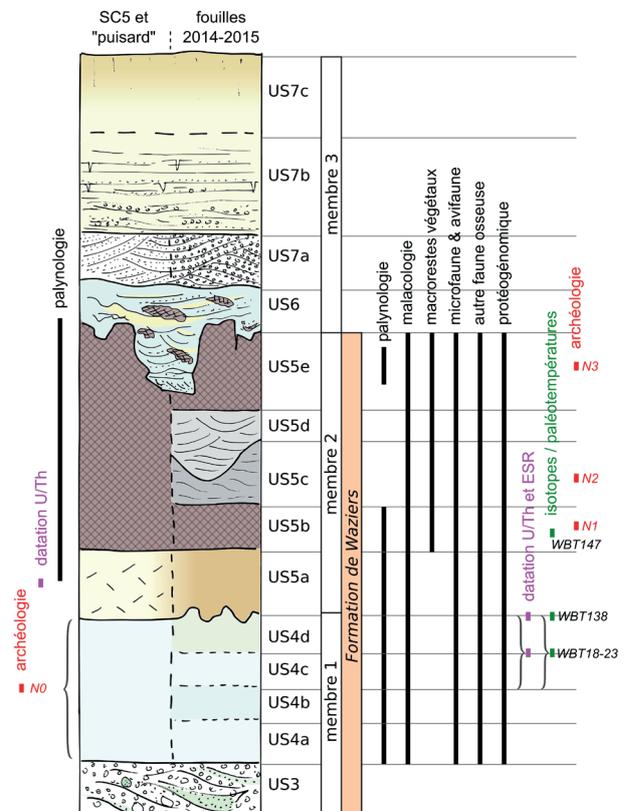


Fig. 16: Log schématique synthétique des observations et des études 2013-2015.

Échelle non respectée.

Fig. 16: General schematic log of observations and studies 2013-2015. Scale not respected.

à 5e. Les corrélations plus fines, à l'intérieur de ce grand ensemble US5 sont délicates à établir avec certitude.

3.2.2 - ... et confirmée et affinée par les biozones

Les biozones (partie 2.1.4.3, Limondin-Lozouet, 2022) confirment ces corrélations et les précisent (fig. 17). La malacozone (WzM2a) et la palynozone (Waz-3) sont reconnues au sommet du dépôt calcaire à gyrogonites (étude palynologique, Gauthier, 2022) dans le tube SC5 (fig. 7, ud1) aussi bien que dans celui du « puisard » (ud14, fig. 3, malacologie, partie 2.1.4.3) ou que dans l'ud253 du log 6 de 2014 (fig. 12, étude palynologique, Gauthier, 2022, et étude malacologique, Limondin-Lozouet, 2022). La corrélation entre le dépôt calcaire à gyrogonites et le limon brun calcaire à la base du membre 2 sur la fouille 2014-2015 est donc établie (malgré la variation lithologique du dépôt) sous l'unité US5a. De même, la limite entre les palynozones Waz-8 et Waz-9 observée à 37 cm sous le toit de la tourbe non remaniée de SC5 se retrouve dans la coupe 7b à quelques centimètres sous la limite des tourbes US5b et US5e.

L'utilisation de la valeur chronologique des palynozones permet d'aller encore un peu plus loin avec la mise en évidence de la diachronie de la limite entre les US5a et US5b. La tourbe US5b commence à se déposer dès la dernière partie de la chronozone Waz-3 tandis que le limon calcaire à gyrogonites de SC5 continue à se former jusque dans la première partie de la chronozone Waz-4 (fig. 17). La turfigenèse débute donc au droit de la zone de fouille 2014-2015 tandis que la zone en eau libre perdure au droit du sondage carotté SC (probablement plus dans l'axe de l'écoulement principal, cf. Hulin & Vermoux, 2022). C'est un cas de figure fréquemment rencontré pour les dépôts de zones humides holocènes (par exemple: Antoine, 1997; Ducrocq, 2001; Praud *et al.*, 2015) où la précision des datations peut remettre en cause l'isochronie abusivement attribuée aux limites lithologiques. Dans le cas de Waziers, le développement centripète de la tourbière, au moins pour la partie inférieure du membre 2, plaide pour un ennoisement des zones les plus basses. La diachronie de la limite US5a-US5b révélée par les chronozones est un argument pour une mise en place continue et à haute résolution temporelle de la base du membre 2. En l'état, il n'est pas possible d'aller plus loin dans les corrélations entre les dépôts tourbeux sus-jacents (ud7 et ud8 de TM, où ont été définies les palynozones Waz-4 à Waz-10, et ud13 du puisard) et les US5b à US5e définies sur les fouilles 2014-2015. Par contre, nous pouvons proposer une corrélation entre les dépôts limoneux sous-jacents (ud10 et 11 de TM1, ud15 du puisard) et l'US4, relation appuyée par la similarité des dépôts (limon gris à dominante clastique) et le cortège malacologique (Limondin-Lozouet, 2022).

3.3 - DÉFINITION DE LA FORMATION DE WAZIERS ET PREMIÈRE ATTRIBUTION CHRONOLOGIQUE

Nous définissons la « Formation de Waziers » comme le regroupement des membres 1 et 2 (fig. 18). Le membre 1 est une alluvion à dominante clastique (graviers de craie, sable, limon) et le membre 2 une alluvion à dominante organique (tourbe) ou calcaire (oogones de Characées) calcaire et d'alluvions limoneuse plus clastiques.

Les caractéristiques lithologiques (passage d'un dépôt clastique pour le membre 1 à un dépôt limono-tourbeux pour le membre 2), la lithostratigraphie (membre 3 composé d'alluvions grossières et de dépôts fluvio-éoliens attribuables au Weichselien et étendu à toute la plaine - Deschodt, 2019 -), la présence d'une faune et d'une végétation tempérée dans le membre 2, la présence de *Belgrandia marginata* et *Anisus septemgyratus* caractéristiques des phases interglaciaires pléistocènes (partie 2.1.4.3), ainsi qu'une première date U/Th avec une probabilité d'âge minimum aux environ de 103 ka dans la partie inférieure du membre (partie 2.1.4.4) permettent de proposer avec assurance une première attribution chronologique à la fin du Saalien (membre 1) et au passage à l'Eemien (pour le membre 2). Les différentes études menées sur la Formation de Waziers (ce numéro) confirment l'attribution à la fin du Saalien (tardiglaciaire saalien) et à l'Eemien, avec un enregistrement sédimentaire et paléontologique détaillé du changement climatique dans la partie inférieure du membre 2.

3.4 - EXTENSION SPATIALE DE LA FORMATION DE WAZIERS

Les observations effectuées entre 2011 et 2015 (fig. 1) démontrent la bonne conservation de la Formation de Waziers à environ 3 m de profondeur sur plusieurs centaines de mètres dans l'axe hydrographique du paléocours supposé de la Scarpe-*Scarbus*. Les observations de 2017 et 2020 (fig. 1G) démontrent que ni sa limite vers l'amont ni sa limite vers l'aval ne sont à ce jour identifiées (fig. 19).



Fig. 19 : Extension connue des dépôts alluviaux du membre 2 (attribuable à l'interglaciaire eemien)

D'après l'ensemble des observations et l'exploration géophysique (Hulin & Virmoux). Fond: photo aérienne de l'IGN (mission CP12000412_29 cliché 3638, août 2012), coordonnées en mètres Lambert 93. 1/ Limite connue et localisée, 2/ Limite connue mais mal localisée, 3/ Limite hypothétique, 4/ Limites amont et aval inconnues.

Fig. 19: Known extent of alluvial deposits of Member 2 (attributable to the Eemian Interglacial). Based on all observations and geophysical exploration (Hulin & Virmoux). Background: IGN aerial photo (mission CP12000412_29 plate 3638, August 2012), Lambert 93 meters survey. 1/ Known and localized boundary, 2/ Known but poorly localized boundary, 3/ Hypothetical boundary, 4/ Unknown upstream and downstream boundaries.

CONCLUSION

La Formation de Waziers est constituée d'une alluvion à dominante clastique (membre 1) et d'une alluvion à dominante organique (membre 2). Elle occupe le fond de la paléo-vallée de la Scarpe-Scarbus sur quelques dizaines de mètres de large et au moins 600 m de long, en bordure de la plaine de la Scarpe. Elle est scellée par des alluvions grossières et des dépôts fluvio-éoliens attribués au Weichselien. La richesse de la formation de Waziers (en particulier du membre 2) en vestiges paléontologiques, en indicateurs environnementaux et paléoclimatiques permet de multiples études et leur confrontation. Elle a livré quatre niveaux archéologiques dans quatre US différentes de membres 1 et 2.

REMERCIEMENTS

Nous remercions Julienne Piana et Mathieu Rué pour leur relecture détaillée et les améliorations qu'ils ont apportés à notre travail. Nous remercions Christian Perrenoud du laboratoire HNHP implanté à Tautavel pour les analyses par DRX des cristaux de gypse. Enfin, nous remercions tous les financeurs et personnes ayant contribué plus généralement aux opérations sur Waziers dont le détail est repris dans les remerciements du premier article de ce volume (Hérisson *et al.*, 2022).

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANTOINE P., 1997 - Évolution Tardiglaciaire et début Holocène des vallées de la France septentrionale: nouveaux résultats. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences - Séries IIA - Earth and Planetary Science*, **325** (1), 3542.
- ANTOINE P., LIMONDIN-LOZOUET N., AUGUSTE P., LOCHT J.-L., GALEHB B., REYSS J.-L., ESCUDE E., CARBONEL P., MERCIER N., BAHAIN J.-J., FALGUERES C. & VOINCHET P., 2006 - Le tuf de Caours (Somme, France): mise en évidence d'une séquence eemienne et d'un site paléolithique associé. *Quaternaire*, **17** (4), 281-320.
- ANTOINE P., DESCHODT L., GAUTHIER A., HULIN G. & VIRMOUX C., 2013 - Waziers «Bas-Terroir» 2013. Reconnaissance géophysique et tarière mécanique. Rapport de fouille programmée, Inrap, UMR8591 du CNRS, Lille, 27 p.
- ANTOINE P., GOVAL É., JAMET G., COUTARD S., MOINE O., HÉRISSON D., AUGUSTE P., GUÉRIN G., LAGROIX F., SCHMIDT E., ROBERT V., DEBENHAM N., MESZNER S. & BAHAIN J.-J., 2014 - Les séquences loessiques pléistocène supérieur d'Havrincourt (Pas-de-Calais, France): stratigraphie, paléoenvironnement, géochronologie et occupations paléolithiques. *Quaternaire*, **25** (4), 321-368.
- ANTOINE P., COUTARD S., GUÉRIN G., DESCHODT L., GOVAL É., LOCHT J.-L. & PARIS C., 2016 - Upper Pleistocene loess-palaeosols records from Northern France in the European context: environmental background and dating of the Middle Palaeolithic. *Quaternary International*, **411**, 4-24, doi: 10.1016/j.quaint.2015.11.036.
- AUGUSTE P., SÉVÈQUE N. & LOUGUET S., 2022 - La mésofaune et macrofaune mammalienne de Waziers (Nord), Le Bas-Terroir (campagnes 2014-2015). Données paléontologiques. *Quaternaire*, **33** (4), 311-322.
- BAHAIN J.-J., GHALEB B., SHAO Q. & FALGUÈRES C., 2022 - Datation du site de Waziers (Nord de la France) par uranium-thorium (U-Th) et résonance de spin électronique combinée à l'uranium-thorium (ESR/U-Th). *Quaternaire*, **33** (4), 279-290.
- BULLOCK P., FÉDOROFF N., JONGERIUS A., STOOPS G. & TURSINA T.V., 1985 - *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publications, Wolverhampton, 152 p.
- CARNEAU B., 2012 - Rapport d'étude géotechnique Waziers (59), Construction d'un magasin, RD917, Etude géotechnique G12. Rapport d'étude géotechnique 2011, Fondasol géotechnique, Marcq-en-Baroeul, 129 p.
- COLLETTE O., 2007 - Sin-Le-Noble. Opération diagnostiques Rue de la Houlette (14/09/07) et Rue Longue (08/10/07). Contribution géomorphologique. Rapport, contribution de spécialiste à une opération archéologique, Direction de l'Archéologie Préventive Communauté d'Agglomération du Douaisis, 19 p.
- DESCHODT L., 2014 - Chronostratigraphie et paléoenvironnements des fonds de vallée du bassin français de l'Escaut. Thèse de géographie physique, Paris 1 - Panthéon-Sorbonne, Paris, 632 p.
- DESCHODT L., 2019 - Stratigraphie, dynamique fluvio-éolienne et héritages du Pléniglaciaire supérieur weichselien dans les basses plaines du bassin français de l'Escaut (nord de la France). *Quaternaire*, **30** (4), 275-310.
- DESCHODT L., LIMONDIN-LOZOUET N., TEHEUX E., LANTOINE J. & AUGUSTE P., 2005 - L'enregistrement tardiglaciaire de Dourges (Nord de la France, bassin de la Deûle): évolution d'une zone lacustre et gisements archéologiques associés. *Quaternaire*, **16** (3), 229-252, doi: 10.4000/quaternaire.457.
- DUCROCQ T., 2001 - Le Mésolithique du bassin de la Somme. Insertion dans un cadre morphostratigraphique, environnemental et chronoculturel. *Publications du CERP*, **7**, 255 p.
- FÉDOROFF N. & GOLDBERG P., 1982 - Comparative micromorphology of two late pleistocene paleosols (in the Paris basin). *Catena*, **9**, 227-251.
- FÉDOROFF N. & COURTY M. A., 2002 - Paléosols et sols reliques. In J.-C. Miskovsky (éd.), *Géologie de la Préhistoire*. GÉOPRÉ, Presses Universitaires de Perpignan, 277-316.
- FOURRIER H., 1989 - La plaine de la Scarpe et ses bordures (Nord de la France). Analyse séquentielle des formations superficielles. *Aspects des sols*. Thèse de doctorat en Sciences de la Terre, Université de Lille 1, Villeneuve d'Ascq, 304 p.
- GAUTHIER A., 2022 - Dynamique de la végétation et changements environnementaux en réponse aux variations climatiques de la fin

- du Saalien à l'Eemien : résultats de l'analyse palynologique. *Quaternaire*, **33** (4), 291-300.
- GERASIMOVA M., 2003** - Higher levels of description - approaches to the micromorphological characterisation of Russian soils. *Catena*, **54**, 319-337.
- GITTENBERGER E., JANSSEN A.W., KUIJPER W.J., KUIPER J.G.J., MEIJER T., VELDE G. VAN DER, VRIES J.N. DE & PEETERS G.A., 1998** - *De Nederlandse zoetwatermollusken-Recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water*. National Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & European Invertebrate Survey, 288 p.
- HÉRISSON D., ANTOINE P., AUGUSTE P., BAHAIN J., DESCHODT L., GAUTHIER A., GHALEB B., HULIN G., JAMET G., LECUYER C., LIMONDIN-LOZOUET N., MASSON B., PONEL P., SÉVÈQUE N. & VALLIN L., 2015** - *Rapport de fouille programmée Waziers «Le Bas-Terroir»*. Année 2015. Rapport de fouille archéologique programmée, Inrap, UMR 8591 et 7194 du CNRS, Ministère de la Culture, Lille, 123 p.
- HÉRISSON D., LOCHT J.-L., VALLIN L., MASSON B., HULIN G., VIRMOUX C., DESCHODT L., ANTOINE P., COUTARD S., LIMONDIN-LOZOUET N., GAUTHIER A., PONEL P., BAHAIN J., TOMBRET O., GHALEB B., AUGUSTE P., SEVEQUE N., LEFEBVRE S., LECUYER C., AMIOT R., DEVIDET M., CHICAT-LEFORT T., ALI A., POIRIER P. & FIELD M., 2017** - *Rapport de fouille programmée Waziers «Le Bas-Terroir»*. Première année de la triennale 2017-2019. Rapport de fouille archéologique programmée, Inrap, UMR 8591 et 7194 du CNRS, Ministère de la Culture, Lille, 241 p.
- HÉRISSON D., DESCHODT L., ANTOINE P., LOCHT J.-L., LACROIX S., SERGENT A., PETITE Y., VALLIN L., RORIVE S. & SIMON F., 2022** - Waziers, Le Bas-Terroir: historique de dix années de recherches archéologiques et géomorphologiques dans les antiques vasières de la Scarpe (2011-2021). *Quaternaire*, **33** (4), 225-246.
- HULIN G. & VIRMOUX C., 2022** - Waziers «Bas-Terroir»: les explorations géophysiques. *Quaternaire*, **33** (4), 273-278.
- LEBRETON L., STOETZEL E., & BAILON S., sous presse** - Waziers, Le Bas-Terroir: Les petits vertébrés et reconstitution de l'environnement local. *Quaternaire*.
- LIMONDIN-LOZOUET N., 2002** - Les mollusques continentaux. In J.-C. Miskovsky (éd.), *Géologie de la Préhistoire*. GÉOPRÉ, Presses Universitaires de Perpignan, 773784.
- LIMONDIN-LOZOUET N., 2022** - Waziers (Plaine de la Scarpe, Nord de la France): données malacologiques. *Quaternaire*, **33** (4), 301-310.
- LIMONDIN-LOZOUET N. & ANTOINE P., 2006** - A new *Lyrodiscus* (Mollusca, Gastropoda) assemblage from Saint-Acheul (Somme Valley): a reappraisal of MIS 11 malacofaunas from northern France. *Boreas*, **35** (4), 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), 529.
- LOCHT J.-L., VALLIN L., DESCHODT L., ANTOINE P., HÉRISSON D., MASSON B., AUGUSTE P. & LEFEBVRE S., 2014** - *Rapport de fouille programmée Waziers «Le Bas-Terroir»*. Rapport de fouille archéologique programmée, Inrap, UMR 8591 du CNRS, Ministère de la Culture, Lille, 138 p.
- LOCHT J., AUGUSTE P., DESCHODT L. & LANTOINE J., 2020** - *Waziers, Route de Tournai*. Rapport de diagnostic archéologique, Inrap Hauts-de-France, Glisy, 68 p.
- MARÉCHAL C. LÉCUYER C., AMIOT R., FOUREL F., ANTOINE P., AUGUSTE P., DESCHODT L. & HÉRISSON D., 2022** - Waziers (France): les isotopes de l'oxygène des dents de grands mammifères pour reconstruire les paléotempératures de l'avant-dernière transition glaciaire/interglaciaire (SIM 6/5). *Quaternaire*. **33** (4), 323-329.
- PRAUD I., BERNARD V., BOITARD-BIDAUT E., BOULEN M., BRAGUIER S., COUBRAY S., DESCHODT L., FECHNER K., MAIGROT Y., MARTIAL E., MONCHABLON C., PONEL P., SELLAMI-DIETSCH M.-F., PALAU R., & FABRE J., 2015** - *Le Néolithique final dans la vallée de la Deûle : le site d'Houplin-Ancoisne «Le Marais de Santes» (Nord)*. Recherches Archéologiques, 9, Institut National de Recherches Archéologiques Préventives, Centre National de la Recherche Scientifique Éditions, Villeneuve d'Ascq, 341 p.
- PUISSEGUR J.J., 1976** - *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne*. Mémoires géologiques de l'Université de Dijon, 3, Doin, Paris, 241 p.
- RORIVE S., BUSTOS C., GUTIERREZ C., LEFEBVRE S., LOUIS É. & PETITE Y., 2012** - *Waziers «Le Bas-Terroir»*, *Chemin du Bourdeau*. Rapport de diagnostic archéologique, Direction de l'Archéologie Préventive Communauté d'Agglomération du Douaisis, 176 p.
- SERGENT A., PETITE Y., LEHNEBACH C., LOUGUET-LEFEBVRE S., LEBRUN M. & RORIVE S., 2013** - *Waziers Route de Tournai, «Le Bas-Terroir», tranche 2*. Rapport de diagnostic archéologique, Direction de l'Archéologie Préventive, Communauté d'Agglomération du Douaisis, 179 p.
- STOOPS G., MARCELINO V. & MEES F., 2010** - *Interpretation of micromorphological features of soils and regoliths*. Elsevier, 720 p.