Les séquences alluvio-lœssiques du Würm moyen/supérieur de Quincieux et de Lyon (Rhône-Alpes, France) : premières interprétations paléoenvironnementales et corrélations

Odile Franc, Olivier Moine, Alexander Fülling, Patrick Auguste, Jean-François Pasty, Pierre Gadiolet, Vincent Gaertner, Vincent Robert

▶ **To cite this version:**

Odile Franc, Olivier Moine, Alexander Fülling, Patrick Auguste, Jean-François Pasty, et al.. Les séquences alluvio-lœssiques du Würm moyen/supérieur de Quincieux et de Lyon (Rhône-Alpes, France) : premières interprétations paléoenvironnementales et corrélations. Quaternaire, 2017, 28 (4), pp.423-453. 10.4000/quaternaire.8453 . hal-02485777

HAL Id: hal-02485777
https://inrap.hal.science/hal-02485777

Submitted on 24 Feb 2020

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

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

Quaternaire, **28**, (4), *2017*, p. 423-454

LES SÉQUENCES ALLUVIO-LŒSSIQUES DU WÜRM MOYEN/SUPÉRIEUR DE QUINCIEUX ET DE LYON (RHÔNE-ALPES, FRANCE) : PREMIÈRES INTERPRÉTATIONS PALÉOENVIRONNEMENTALES ET CORRÉLATIONS

Odile FRANC[1,2], Olivier MOINE[3], Alexander FÜLLING[4], Patrick AUGUSTE[5], Jean-François PASTY[1,6], Pierre GADIOLET[7], Vincent GAERTNER[2] & Vincent ROBERT[8,3]

RÉSUMÉ

En 2013 et 2015, deux séquences lœssiques de 8 m d'épaisseur avec paléosols ont été mises au jour dans la basse vallée de la Saône sur deux sites distants de 20 km. La séquence de Quincieux, développée sur une basse terrasse de la Saône, montre un paléosol inférieur complexe à fentes de gel, des limons laminés avec des blocs d'origine alpine dispersés, un paléosol ou horizon brunifié médian, des limons argileux gris à lits sableux, des lœss massifs et un dernier sol complexe, holocène. La séquence de Lyon-Apollinaire, adossée au relief sud entourant la plaine de Vaise, montre un unique paléosol complexe (6 m) au sommet érodé, surmonté de sables fins, limoneux, gris, massifs à lités, tronqués par des aménagements contemporains. Les restes de faunes y sont peu nombreux à la différence de ceux, avec traces humaines, présents dans les paléosols de Quincieux mais dont seul le plus ancien a fait l'objet d'une fouille partielle en 2014. Des échantillonnages multi-indicateurs ont été réalisés pour reconstituer les contextes chronologique, pédologique et environnemental des occupations humaines. Les dates ^{14}C obtenues à la base des sables-limoneux gris des deux séquences fournissent un âge similaire de 18 ka. Les différents âges obtenus (OSL et ^{14}C) dans l'horizon brunifié médian à Quincieux sont cohérents autour de 20 ka. En revanche, ceux du paléosol inférieur montre une variabilité plus importante entre 27 et 40 ka sujette à discussion. Pour Lyon-Apollinaire, les datations obtenues, cohérentes, indiquent la complexité du paléosol dont la base et le sommet peuvent se corréler respectivement au paléosol inférieur et à l'horizon brunifié médian de Quincieux. Les conditions stationnelles – contexte de versant éloigné de la plaine alluviale – pourraient expliquer cette différence. Ces séquences, uniques pour la basse vallée de la Saône, sont plus difficilement comparables avec celles du nord de la France.

Mots-clés : lœss, paléosols, faune, datations OSL, glaciation würmienne, Paléolithique moyen à supérieur, basse vallée de la Saône

ABSTRACT

THE MIDDLE/UPPER WÜRMIAN ALLUVIO-LOESSIC SEQUENCES OF QUINCIEUX AND LYON (RHÔNE-ALPES, FRANCE): FIRST PALAEOENVIRONMENTAL INTERPRETATIONS AND CORRELATIONS

In 2013 and 2015, two 8-m-thick loess sequences with palaeosols were excavated in the lower Saône River valley in two sites 20 km away. At Quincieux, the sequence developed on a low terrace of the Saône River shows a lower palaeosol complex with frost wedges, laminated silts including sparsed blocks from the Alps, a median palaeosol or brownish horizon, gray clayey loams with sandy beds, massive loess and a Holocene topsoil complex. At Lyon-Apollinaire, the sequence leaned on the southern relief surrounding the Vaise Plain shows a unique 6-m-thick palaeosol complex eroded at the top and overlaid by massive to laminated fine gray loamy sands cut off by modern constructions. Conversely to the little evidence of human presence in Quincieux, faunal remains have been found in all palaeosols. However, only the oldest palaeosol of Quincieux was partially excavated in 2014. Multi-indicator samplings have been performed to reconstruct the chronological, pedological and environmental contexts of human occupations. ^{14}C ages obtained at the base of gray loams in both sites yield similar ages of 18 ka. OSL and ^{14}C ages obtained in the median brownish horizon of Quincieux are coherent around 20 ka. Conversely, those of the lower palaeosol are more variable between 27 and 40 ka and remain to be discussed. Ages obtained at Lyon-Apollinaire are coherent and reveal that the base and the top of the palaeosol complex correlate with the lower palaeosol and median brownish horizon of Quincieux respectively. Local conditions – slope context away from the alluvial plain – could explain such a difference. The comparison of these two sequences, unique for the lower Saône River valley, with those of northern France is not straightforward.

Keywords: loess, palaeosols, fauna, OSL dating, Würmian glaciation, middle to upper Palaeolithic, lower Saone River valley

[1] INRAP Rhône-Alpes Auvergne, 11 rue d'Annonay, FR-69675 BRON cedex,. *Courriel* : odile.franc@inrap.fr
[2] Environnement Ville Société, UMR 5600, 18 rue Chevreul, FR-69362 LYON cedex. *Courriel* : vincent.gaertner@univ-lyon2.fr
[3] Laboratoire de Géographie Physique : Environnements Quaternaires et Actuels, UMR 8591, 1 place Aristide Briand, FR-92195 MEUDON cedex. *Courriel* : olivier.moine@lgp.cnrs.fr
[4] Humboldt Universität, Unter den Linden 6, DE-10099 BERLIN. *Courriel* : alexander.fuelling@geo.hu-berlin.de
[5] Unité Evolution, Ecologie et Paléontologie, UMR 8198, Bâtiment SN2, Cité Scientifique, FR-59655 VILLENEUVE D'ASCQ cedex. *Courriel* : patrick.auguste@univ-lille1.fr
[6] Laboratoire Méditerranéen de Préhistoire Europe Afrique, UMR 7269, MMSH, 5 rue du Château de l'Horloge, BP 647, FR-13094 AIX-EN-PROVENCE cedex 2. *Courriel* : jean-francois.pasty@inrap.fr
[7] Consultant en pétrographie, 569 rue Jean-Michel Savigny, FR-69400 VILLEFRANCHE-SUR-SAÔNE,. *Courriel* : pierregadiolet@hotmail.fr
[8] Institut de Physique du Globe de Paris, Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe, Le Houëlmont, FR-97113 GOURBEYRE. *Courriel* : robertv@ipgp.fr

Manuscrit reçu le 14/04/2017, accepté le 14/09/2017

1 - INTRODUCTION

De nombreuses études ont récemment contribué à la cartographie des lœss à l'échelle européenne (Haase *et al*., 2007 ; Bertran *et al*., 2016) ainsi qu'à la chronostratigraphie de ces dépôts à l'échelle locale et régionale en Pologne (Jary & Ciszek, 2013), en République Tchèque (Antoine *et al*., 2013), en Allemagne (Antoine *et al*., 2009 ; Meszner *et al*., 2013), en Italie (Cremaschi *et al*., 2015), en Espagne (Boixadera *et al*., 2015) et au Portugal (Granja *et al*., 2008). En France, les études récentes concernent principalement le nord du Bassin parisien (Antoine *et al*., 2014, 2016) et le Sud-Ouest (Bertran *et al*., 2011). Ces travaux ont permis de reconstituer en détail la variabilité climatique et environnementale de tout ou partie de la dernière période glaciaire et, le cas échéant, le contexte des occupations humaines. Bien que des lœss soient connus dans la vallée de la Saône et dans la région lyonnaise et aient été étudiés par le passé (Suen, 1934 ; Perrin, 1948 ; Pelletier *et al*., 1953 ; Bourdier, 1961-1962), ces dépôts éoliens, renommés pour leurs riches faunes de mollusques (Locard, 1879 ; Mazenot, 1954), n'ont donné lieu à aucune réévaluation récente. En outre, ces séquences anciennes sont difficilement exploitables en l'état en raison de pédostratigraphies souvent peu détaillées et/ou de l'absence de datations radiométriques. Néanmoins, le potentiel en dépôts limoneux et lœssiques du couloir rhodanien a été récemment redémontré et cartographié (Bertran *et al*., 2016). Les récentes découvertes de Quincieux (69) – Les Forgettes, 20 km au nord de Lyon, et de Lyon 9e – 115 rue Sidoine Apollinaire, objets de cet article, sont donc l'occasion de bénéficier de deux points d'étude inédits de la fin du Pléistocène récent (stades isotopiques marins 3 et 2). Les premières analyses multi-indicateurs dans ces deux sites vont permettre de renouveler les connaissances sur les lœss du nord du couloir rhodanien (fig. 1) et d'y étudier pour la première fois les paléosols.

La séquence de Quincieux a été mise au jour en 2012 à la faveur d'un diagnostic archéologique mené par l'Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP) sur le tracé de l'A466, barreau reliant les autoroutes A6 et à 46 au sud de Villefranche-sur-Saône (Vermeulen *et al*., 2012). Une vaste zone d'emprunt (10,5 ha) sur un petit plateau limoneux, perché en terrasse dans la plaine alluviale de la Saône, a permis la mise au jour d'un habitat et d'une nécropole du haut Moyen Âge, de quelques fosses protohistoriques, et d'un petit locus préhistorique entièrement fouillé lors du diagnostic. Lors de la fouille de 2013 consacrée aux deux premières entités (Blaizot *et al*., 2015), un large sondage profond en paliers a aussi été réalisé afin de documenter la séquence stratigraphique exceptionnelle découverte à l'occasion des quelques sondages profonds lors du diagnostic. Les restes de grande faune découverts au sein du paléosol inférieur de ce sondage (cheval, bison, rhinocéros) ont enclenché une nouvelle campagne de diagnostic en juillet 2013 (dirigée par É. Goval) sous la forme de quelques sondages-puits qui ont conduit en 2014 à la fouille d'une partie (1,16 ha) du paléosol inférieur menacé par les travaux d'aménagement. Le reste de la séquence, sur l'ensemble de la zone d'emprunt, a été détruit. Quelques résultats de cette fouille (faune, lithique, dates OSL) vont alimenter le propos centré cependant sur les données des sondages profonds de 2013.

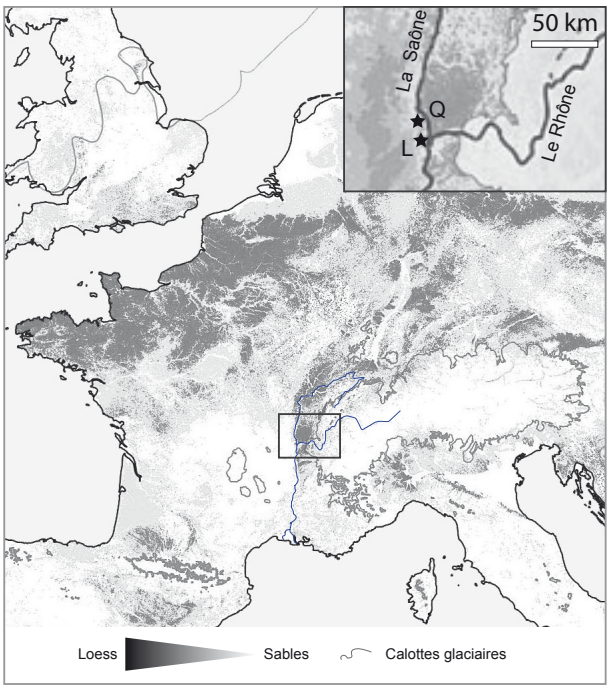

Fig. 1 : Localisation du secteur étudié sur la carte des dépôts éoliens européens (d'après Bertran *et al*., 2016, modifié).
Fig. 1: Location of the studied area on the European map of aeolian deposits (according to Bertran et al.*, 2016, modified).*

La séquence de Lyon-Apollinaire a, quant à elle, été découverte lors d'un diagnostic archéologique réalisé en 2015 (Vermeulen *et al*., 2015) lors de deux phases successives (février et juin) dont la première, en détectant un horizon brunifié enfoui à 5 m de profondeur, a influencé la deuxième en permettant la réalisation d'un sondage profond, excavé en gradins. Malgré leur intérêt, les quatre fragments de faune (cheval) découverts n'ont pas donné lieu à une opération de fouille.

2 - CONTEXTE GÉOMORPHOLOGIQUE DES DEUX SITES

Les sites s'inscrivent sur la rive droite de la Saône, en bordure occidentale du fossé tectonique delphino-bressan, plaine subsidente entre le Massif central cristallin à l'ouest et le Jura calcaire à l'est. Des chaînons calcaires subsistent toutefois sur le socle cristallophyllien occidental (fig. 2). L'avancée glaciaire maximale alpine a recouvert la plaine bressane méridionale (la Dombes) et le nord du Bas-Dauphiné au Riss – pendant le stade isotopique marin (SIM) 6, 191-130 ka – tandis qu'au Würm – pendant les SIM 4 à 2, 71-14 ka – le glacier, en provenance de la vallée de l'Isère (Coutterand, 2010), s'est arrêté 20 km à l'est de Lyon (fig. 1 et 2). Ainsi le cortège pétrographique des alluvions de la Saône est-il varié conjuguant les roches cristallines, cristallophylliennes et calcaires et incorporant des roches alpines issues des

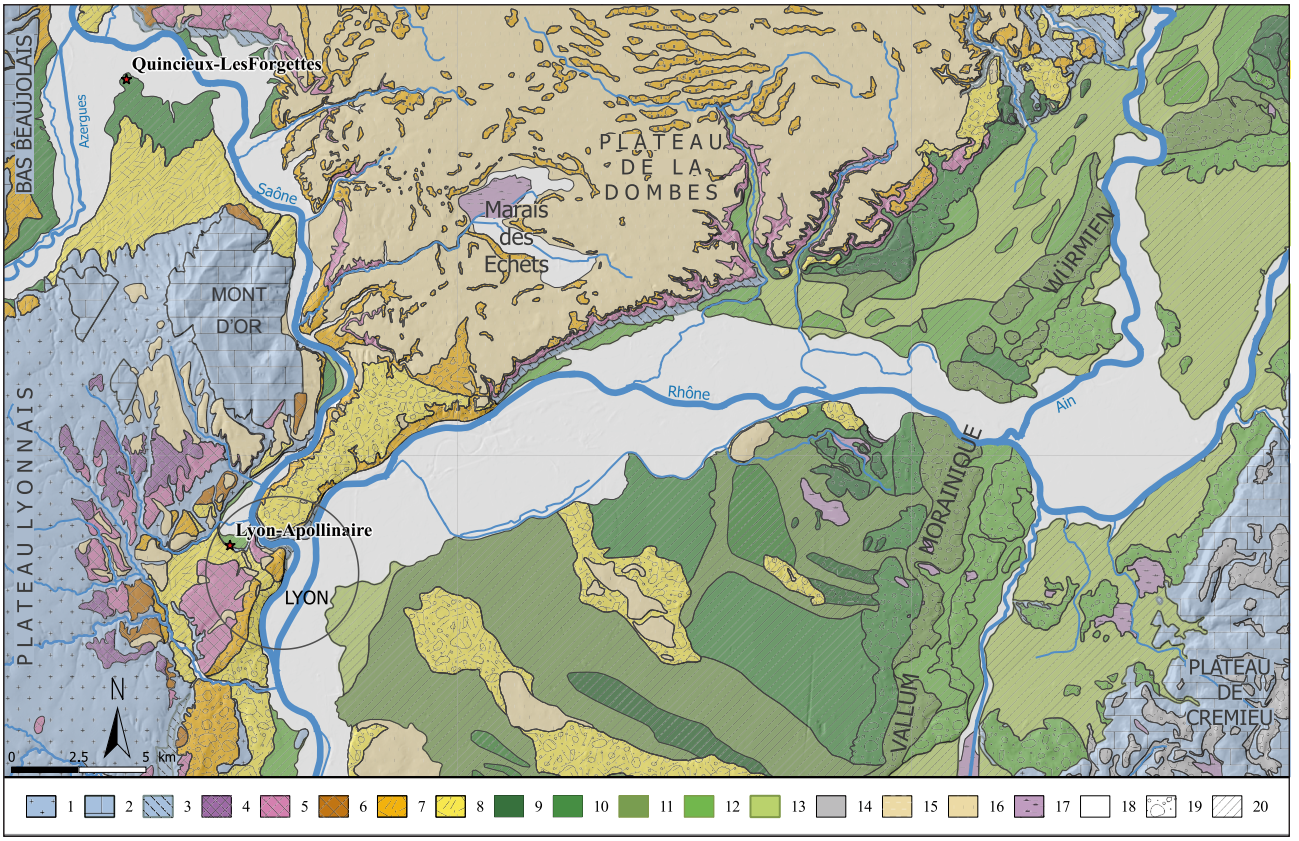

Fig. 2 : Localisation des sites étudiés dans le contexte géomorphologique régional (d'après Mandier, 1988 et Monjuvent *et al.*, 1973, modifiés).
1/ socle cristallin primaire, 2/ roches sédimentaires secondaires, 3/ molasse et marne tertiaires, 4/ terrasse - Miocène supérieur, 5/ terrasse - Pliocène supérieur, 6/ terrasse - Mindel, 7/ Riss ancien, 8/ Riss récent, 9/ Würm A, 10/ Würm B, 11/ Würm C, 12/ Würm D, 13/ Würm E, 14/ indéterminé, 15/ lœss ancien, 16/ lœss würmien, 17/ marais actuels, 18/ plaine holocène, 19/ moraine - Riss ou Würm, 20/ terrasse - Riss ou Würm.
Fig. 2: Location of the studied sites in the regional geomorphological context (according to Mandier, 1988 and Monjuvent et al.*, 1973, modified). 1/ Primary crystalline basement, 2/ Secundary sedimentary rocks, 3/* Tertiary molasse and marl, *4/ terrace - upper Miocene, 5/ terrace - upper Pliocene, 6/ terrace – Mindel, 7/ old Riss, 8/ recent Riss, 9/ Würm A, 10/ Würm B, 11/ Würm C, 12/ Würm D, 13/ Würm E, 14/ undetermined, 15/ old loess, 16/ Würmian loess, 17/ present marsh, 18/ Holocene alluvial plain, 19/ moraine - Riss or Würm, 20/ terrace - Riss or Würm.*

moraines. La proximité du glacier würmien ainsi que le vaste réseau hydrographique issu de son front (sandur de la plaine de l'est lyonnais) sont à l'origine d'importants dépôts lœssiques dans la région lyonnaise et notamment sur le plateau de la Dombes à l'est de Quincieux (Mandier, 1988).

La Saône, au régime actuel pluvio-océanique, présente une faible pente sur la majeure partie de son cours (0,08 m/km depuis Gray en Haute-Saône) toutefois légèrement accentuée à 0,21 m/km de Villefranche-sur-Saône à Lyon. Ce facteur, couplé à la présence de la gorge de Pierre-Size avant son débouché dans la plaine du Rhône, et à la subsidence du fossé delphino-bressan de la région de Villefranche-sur-Saône par rapport à Lyon, a rendu la Saône très dépendante de la dynamique du fleuve. Des lacs barrés par les alluvions du Rhône ou par la glace se sont ainsi formés dans la plaine bressane au cours du Quaternaire, permettant le dépôt de sédiments fins et plans sur de grandes surfaces (Bravard *et al.*, 1997 ; Astrade, 2005).

Ce dernier type de dépôts, comme nous allons le voir, est pour partie à l'origine de la basse terrasse (Fy) de la carte géologique (Monjuvent *et al.*, 1973) dans laquelle s'inscrit, et culmine à 176,40 m d'altitude, la séquence de Quincieux-Les Forgettes (fig. 2). Cette terrasse forme un plan très faiblement incliné de 0,5° depuis le pied du massif du Mont d'Or à 5,5 km au sud. Surélevée de 7 m par rapport à la plaine actuelle de la Saône et éloignée de 800 m de son cours (fig. 3), elle a été découpée par la Saône et l'Azergues, son affluent principal. L'Azergues dont le confluent actuel est à 3 km au nord-ouest du site, est, par ses apports sédimentaires, un agent morphogène important de la basse vallée de la Saône (Bravard, 1997). Cette rivière draine un bassin versant de 875 km^2, constitué en majorité de roches cristallines, cristallophylliennes, volcaniques et volcano-sédimentaires, mais également, dans sa partie médiane de calcaires et grès du Jurassique et du Trias.

Située à 18 km au sud, la séquence de Lyon-Apollinaire, culminant à 186,60 m d'altitude, est adossée au relief sud entourant la plaine de Lyon-Vaise à 169 m. Sa situation géomorphologique est différente de celle des Forgettes puisqu'elle domine la plaine de 17 m environ. Elle est elle-même dominée selon une pente de 15° par le Plateau Lyonnais constitué de roches granito-gneissiques recouvertes de formations fluviatiles ou fluvio-glaciaires, à galets et sables du Plio-Pléistocène, Mindel et Riss, ainsi que de lœss würmiens (Mandier, 1988) ou tardiglaciaires (Bertran *et al.*, 1998). Une terrasse fluvio-lacustre due à un barrage fluvial par le Rhône et dont le terme

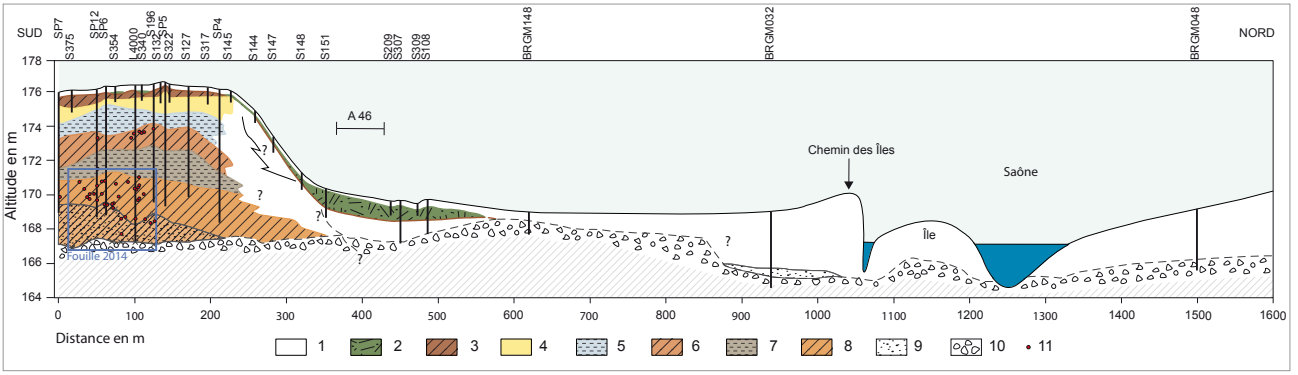

Fig. 3 : Coupe synthétique de la plaine alluviale de la Saône à Quincieux à partir des sondages de 2012 et 2013 et de trois sondages du BRGM. 1/ terre de labour, 2/ colluvion, 3/ sol supérieur, 4/ lœss, 5/ limon, 6/ horizon brunifié médian, 7/ sable limoneux, 8/ paléosol inférieur, 9/ sable grossier, 10/ gravier, 11/ restes de faune.
Fig. 3: Transverse profile of the Saône River floodplain at Quincieux based on 2012 and 2013 excavations and three BRGM excavations. 1/ ploughed layer, 2/ colluvium, 3/ upper soil, 4/ loess, 5/ loam, 6/ median brownish horizon, 7/ sandy-silt, 8/ lower palaeosol, 9/ coarse sand, 10/ gravel, 11/ faunal remains.

est à 18 ka au plus tard (Franc *et al*., 2016) se tient en contrebas à 175 m d'altitude (fig. 2).

3 - MATÉRIEL ET MÉTHODE

Sur le terrain, chaque site a fait l'objet d'un relevé morphostratigraphique continu (non présenté pour Quincieux) avec numérotation des unités sédimentaires successives (US), et d'une colonne de prélèvements destinée aux diverses analyses. Des datations par le radiocarbone (^{14}C) et par luminescence optiquement stimulée (OSL) ont été réalisées pour comparer les deux séquences. Le sondage de Quincieux étant limité à 8 m de profondeur, la colonne de prélèvements atteint 7,25 m mais a été prolongée par un sondage à la tarière à main sur 1,90 m supplémentaire. La séquence de Lyon-Apollinaire a, quant à elle, été observée sur 8,20 m. Les tableaux 1 et 2 synthétisent toutes les études engagées. Les figures 4 et 5 localisent les prélèvements. De par les analysées engagées, le temps et les moyens qui ont pu lui être consacrés, la séquence de Quincieux est l'objet principal de l'article.

3.1 – SÉDIMENTOLOGIE ET PÉDOLOGIE

Quinze lames minces de moyennes dimensions (60x90 mm) ont été fabriquées au Laboratory of Mineralogy and Petrology de Gand (Belgique) à partir de blocs non perturbés prélevés à Quincieux en majorité dans les paléosols. Elles ont été examinées et décrites sous loupe binoculaire et sous microscope pétrographique selon la terminologie de Bullock *et al*. (1985) et Courty *et al*. (1989).

Cent quarante-six mesures de susceptibilité magnétique ont été prises tous les 5 cm sur le terrain à Quincieux et soixante-trois tous les 10 cm à Lyon, au moyen d'un capteur MS3 *Magnetic Susceptibility Meter* de Bartington Instruments, couplé à un ordinateur.

Cent quarante-cinq échantillons de sédiment en vrac ont été prélevés en colonne continue par tranches de 5 cm à Quincieux, complétés par dix prélèvements en tarière et sept prélèvements individualisés par lit sédimentaire. Vingt-cinq échantillons ont été analysés selon le protocole décrit ci-après. À Lyon, ce sont trente-deux échantillons de 5 cm d'épaisseur qui ont été prélevés selon un pas de 20 cm. Quatre ont été analysés en granulométrie uniquement.

Chaque échantillon a été préalablement tamisé à 1,6 mm et les deux fractions ont été pesées. La fraction grossière, quasi-inexistante, n'a pas été analysée. Après humidification à l'eau déionisée, la matière organique de la fraction fine a été détruite avec de l'eau oxygénée concentrée (30 %) à 60°C et les ions calcium floculants (Ca^{2+}) éliminés avec du chlorure de potassium (KCl). Après rinçage à l'eau déionisée par centrifugation et dispersion à l'aide d'hexamétaphosphate de sodium (0,55 %), les échantillons ont été analysés au granulomètre laser Mastersizer2000 de la marque Malvern.

Après broyage de 100 mg d'échantillon et attaque à l'acide chlorhydrique (HCl) 3M, la teneur en carbonate de calcium ($CaCO_3$) a été déterminée par le volume de CO_2 dégagé à l'aide d'un calcimètre de Bernard.

L'analyse du carbone organique total a été effectuée à l'aide d'un analyseur élémentaire FlashEA 1112 de la marque Thermo Fisher selon la norme NF ISO 10694. Les 49 (25+24) échantillons retenus (fig. 4) ont été préalablement séchés à 50° C avant d'être broyés et tamisés à 200 µm. Ils ont été ensuite pesés (5 à 20 mg) et placés dans une nacelle en argent. Le carbone minéral présent ($CaCO_3$) a été éliminé par ajout d'acide chlorhydrique 4N. Après séchage à 70° C, les échantillons ont été introduits dans l'analyseur élémentaire. Une combustion flash à 980° C dans une atmosphère enrichie en oxygène gazeux (O_2) a permis la production de gaz tels que le CO_2, gaz qui ont été séparés dans une colonne chromatographique et détectés par conductibilité thermique. Un étalonnage réalisé grâce à un standard carboné a permis la quantification du carbone organique total (COT) avec une erreur relative inférieure à 5 % sur la gamme des valeurs mesurées (X % COT ± 5 % de X).

Durant la fouille de Quincieux-Les Forgettes 2014, des prélèvements d'échantillons d'alluvions graveleuses de

l'US 8 ainsi que d'éléments minéraux grossiers dispersés en plan et en altitude au sein des masses de sédiments fins des US 7 et 6 ont été effectués afin d'en connaitre la provenance. Les blocs trop gros pour être emportés ont été laissés sur site après avoir été mesurés, photographiés et qu'un échantillon de roche en ait été prélevé pour analyse au laboratoire. Lors du sondage profond de 2013, seuls des éléments grossiers épars ont été échantillonnés par palier de décaissement.

L'analyse des blocs et cailloux a consisté en leur caractérisation morphométrique (dimensions, poids, degré d'émoussé), en l'identification des roches constitutives et en l'examen des altérations affectant le matériel. Pour les plus petits éléments, seule la largeur intermédiaire parmi les trois directions orthogonales (axe b) a été mesurée. Pour les blocs, longueur, largeur et hauteur ont été mesurées. Seuls les plus gros éléments ont fait l'objet d'un pesage à la balance. Pour les blocs non transportables, l'estimation de leur poids a été réalisée à partir de leur volume, calculé d'après leurs dimensions, auquel on a soustrait arbitrairement 30 % pour tenir compte des irrégularités de forme, multiplié par la densité moyenne connue des roches constitutives.

Une analyse pétrographique pratiquée à l'œil nu ou à la loupe, et éventuellement complétée par un test à l'acide chlorhydrique a été effectuée pour chacun des éléments constitutifs de l'échantillon. Les roches ont été identifiées sur la base des critères suivants : coloration générale, éclat, texture, structure, densité et dureté relative, aspect de la cassure, composition calcaire ou non, présence de fossiles, forme et taille des particules constitutives (clastes, cristaux…).

Chaque élément a également été classé selon son degré d'émoussé nul, faible, moyen ou élevé en fonction de son caractère respectivement anguleux, sub-anguleux, sub-arrondi ou arrondi. Les diverses altérations affectant le matériel (brisures, encroûtement calcaire, oxydation…) ont été notées.

Pour les échantillons d'alluvions grossières, seule la fraction supérieure à 10 mm a fait l'objet d'une analyse, selon les mêmes méthodes que celles employées pour les éléments grossiers épars. En raison de leur grand nombre, de leur relative petite taille et de l'importante patine affectant leur surface, tous les éléments n'ont pas pu être déterminés. Un test systématique à l'acide chlorhydrique a toutefois permis de discriminer parmi eux les éléments calcaires.

La provenance des roches identifiées a été recherchée à partir de la description des formations géologiques environnantes dans les notices des cartes géologiques et la bibliographie locale, ainsi que par comparaison visuelle avec des roches et alluvions provenant de ces formations. Outre la collection de référence des roches et alluvions du bassin versant de l'Azergues constituée par le Syndicat Mixte pour le Réaménagement de la Plaine des Chères et de l'Azergues (SMRPCA), des cours d'eau ont été échantillonnés (Formans, Morgon, Nizerand et Saône) ainsi que les ensembles géologiques environnants (dépôts sédimentaires secondaires du sud Beaujolais, du massif du Mont d'Or, de la basse terrasse fluviatile de Saint-Bernard et de la moraine rissienne externe de Rancé).

Chaque élément analysé a été classé dans l'une des huit propositions de provenance suivantes : 1) formation *in situ* (roches néoformées), 2) provenance certaine du bassin versant de l'Azergues (roches typiques de ce bassin versant rattaché au Massif central), 3) provenance probable du bassin versant de l'Azergues (roches non typiques de ce bassin versant mais compatibles), 4) provenance locale probable (roches présentes dans les monts du Beaujolais ou le Mont d'Or), 5) provenance locale possible mais peu probable, 6) provenance non locale (origine plus lointaine : côte mâconnaise, Jura, Préalpes…), 7) provenance alpine probable (roches non locales mais connues dans les massifs alpins), 8) provenance alpine certaine (roches typiques des massifs alpins internes).

3.2 - CHRONOLOGIE

Chacun des sites a bénéficié d'une datation radiocarbone sur os, et de deux datations radiocarbone sur malacofaune spécifique soit *Succinella oblonga*, soit *Trochulus hispidus*, pratiquées dans quatre laboratoires différents (tab. 1 et 2). À Lyon-Apollinaire, l'insuffisance de collagène n'a pas permis la réalisation d'une deuxième date sur l'os le plus profond. Les dates sur malacofaune ont été réalisées pour établir des comparaisons avec les datations OSL. Les dates ^{14}C ont été calibrées à 2σ à l'aide de la courbe IntCal 13 et de la version 7.1 du logiciel Calib.

Hormis celle située au-dessus du locus préhistorique fouillé en 2012 réalisée par le Consorzio Milano Ricerche de Milan (Italie), toutes les datations OSL (7 sur 13 prélèvements à Quincieux et 3 sur 6 à Lyon-Apollinaire) ont été réalisées au laboratoire de l'Université Humboldt de Berlin (Allemagne).

Les quartz représentent le matériau dosimétrique utilisé pour toutes les mesures OSL, à la fois sur les grains grossiers et sur les grains fins. Pour les grains grossiers, les fractions 63-200 µm ou 90-200 µm ont été séparées par tamisage à l'eau, les carbonates et la matière organique ont été respectivement détruits à l'acide chlorhydrique (dilué à 10 %) et au peroxyde d'hydrogène (à 10 %). Les quartz ont été extraits en utilisant une liqueur dense d'hétéropolytungstate (LST) à 2,75 puis à 2,62 g/cm^3. Puis une attaque des grains de quartz avec de l'acide fluorhydrique (40 %, 60 min) a permis d'éliminer toute contamination potentielle par des grains de feldspath et de supprimer la couche externe des grains irradiée par les rayonnements alpha. De petites aliquotes (2 mm) ont été préparées pour la mesure de la luminescence. Pour les grains fins, les quartz de 4-11 µm ont été extraits par la méthode de fractionnement d'Atterberg après destruction des carbonates et de la matière organique. La fraction des grains fins polyminéraux a été traitée pendant 6 jours par de l'acide hexafluorosilicique (38 %) pour isoler les quartz. Enfin, 200 µl de la suspension contenant 1,5 mg de quartz fins ont été étalés sur des disques d'acier et séchés à 50°C.

Pour la mesure du taux d'humidité les échantillons ont été séchés à 50°C pendant 3 jours puis pesés. Le taux d'humidité correspond à la différence entre poids

US	Prof (cm)	Description macroscopique de la coupe nord-sud	Munsell	Description micromorphologique	Archéologie
1	0-22	Limons brun-gris, meubles	10YR4/3 brun	/	
2b	22-60	Limons argileux brun-orangé à jaune-orangé, compacts, de structure polyédrique.	10YR3/6 brun jaune foncé	**35-44** : pas les mêmes minéraux qu'au début. Revêtements argileux (RA) biens développés	
2a	60-68	Limons argileux bruns homogènes compacts	10YR3/4 brun jaune foncé	**55-64** : RA orange, complexes, mais pas hyalins. Bioturbations	
3b	68-90	Limons gris-jaune, massifs, à microporosité abondante, petites poupées carbonatées et bioturbations brunes du luvisol sus-jacent	2,5Y5/4 brun olive clair	**90-99** : Limon sableux gris à structure lamellaire localement préservée. Bioturbations. Hyporevêtements carbonatés. RA orangés minces.	
3a	90-130	Sables fins limoneux gris-jaune-vert, massifs, à microconcrétions et tubules radiculaires carbonatées. Nombreuses grosses bioturbations gris-jaune avec poches rousses (depuis US 5) et plus rares petites bioturbations brunes depuis US 2 souvent associés aux tubes carbonatés. Limite inf. ≈ fin des micro-concrétions	2,5Y6/4 brun jaunâtre clair		
4d	130-162	Sables fins gris clair, compacts, lisses, microlités de façon diffuse mais dont les lits sont légèrement obliques (N-S). Présence locale d'un lit limono-argileux blanchâtre à petites concrétions Ca en sup. toujours les 2 types de bioturbations	2,5Y5/4 brun olive clair	/	
4c	162-184	Lits plans de sables fins gris-jaune, sables fins un peu roux et argiles limoneuses blanches à concrétions. A partir de 11 m vers le sud, grosses (10 cm) concrétions calcaro-gréseuses grises, plutôt longilignes mais tortueuses, et aléatoires. Présence des grosses bioturbations remaniant le même matériel que l'encaissant, en plus jaune...	2,5Y5/3 brun olive clair	/	
4b	184-232	Sables fins gris clair à verdâtre, compacts, lisses, microlités de façon diffuse. Lits légèrement obliques (N-S) dans la partie nord mais plans au sud. + lentilles d'argiles limoneuses gris-blanc. Base gris foncé (un peu gleyeuse). Présence locale des concrétions calcaro-gréseuses.	2,5Y5/4 brun olive clair	**216-225** : Sables fins limoneux à structure lamellaire nette à granulaire avec fond carbonaté. Pseudo-sables remaniés gris plus foncé. Vésicules. Bioturbation verticale postérieure avec pellets.	
4a	232-245	Limons et argiles gris clair à blanchâtres en lentilles de 5 cm d'épaisseur puis en lits fusionnant en une couche de 15 cm vers le sud. A partir de 4 m en latéral, présence des concrétions calcaro-gréseuses.	2,5Y5/4 brun olive clair	/	
	245-254	Limons argileux gris triés et limons argileux orangés diffus en lits discontinus redistribués. Poches de limons gris oblongues horizontales (lits ou bioturbations) (présentes en US 5 mais moins nombreuses). Limite inférieure nette, contournée, érosive. Pas de concrétions calcaro-gréseuses, peu de manchons carbonatés.	2,5Y5/4 brun olive clair	**251-260** : Matrice argileuse jaune-orangé, très carbonatée (plages "boueuses" gris-brun). Fissuration. Bioturbations nettes. Vésicules. Gros fragment de sol polyédrique (≠ de US 5) remanié. Bcv rares.	1 os à -254 cm (cheval)
5c	254-295	Limons peu argileux, massifs, homogènes, jaune-orangé caramel. Petites taches ferro-manganiques. Pseudomycelium abondant. Bioturbations en poches ou en racines remplies de limons gris clair peu nombreuses. Rares petites concrétions calcaro-gréseuses. Quelques manchons carbonatés blanchâtres. Limite inférieure donnée par un liseré ferro-manganique, net au nord, plus diffus et ondulé au sud.	10YR5/4 brun jaunâtre	/	11 os entre -266 et -295 cm (cheval, 1bison des steppes, 1 renne)
	(Sd 170)				•locus : blocs, faune, silex
5b	295-373	Limons peu argileux brun-jaune-orangé à micro-points ferro-manganiques nombreux mais diffus. Pseudomycelium présent. Microporosité nulle. Rares bioturbations en poches allongées ou arrondies (diam. 5 cm) remplies de LS gris clair type US 6. Quelques manchons carbonatés blanchâtres. Limite inférieure diffuse.	10YR4/4 brun jaune foncé	**295-304 ; 335-344 :** Limon avec un peu de matrice argileuse peu dense. Structure massive assez aérée : vésicules, chenaux. Pellets, bcv. Pseudomycelium. Lame sup : + argileux, + oxydé, bcv nombreux.	2 os entre -304 et -312 cm + 9 os en Sd prof.
5a	373-400	Limons à sables fins gris-jaune, à poches limono-argileuses orangées, horizontales ou verticales, informes mais plutôt oblongues et très diffuses. Micro-points ferro-manganiques dans les deux faciès.	2,5Y5/4 brun olive clair	/	
6c	400-468	Micro-lits de sables fins et limons, voire d'argile grise et de rares sables moyens dorés, peu visibles car très bioturbés. Bioturbations coalescentes remplies de sables fins jaunes compacts très homogènes issus du sup. Autres bioturbations jaunes à brune-jaune, à granules carbonatées et à limons orangés. Présence de concrétions calcaro-gréseuses grises de 4-5 cm max. assez abondantes, hors des bioturbations. Limite inférieure diffuse.	2,5Y5/4 brun olive clair	**430-439 :** Masse dense. Peu de chenaux. Structure non lamellaire, en agrégats diffus ("boules"). Bioturbations avec agrégats d'autres couches (dont lamellaire). Quelques Bcv.	
6b	468-505	Lits centimétriques alternant de sables fins gris clair compacts, sables moyens à fins légèrement roux, et sables fins jaunes. A l'intérieur les micro-lits sont soulignés par des points ferro-manganiques. Rares micro-lits limoneux orangés et ondulés. Rares lentilles de sables moyens à grossiers. Quelques graviers, cailloux, et blocs arrondis ou plaques de 22 cm de longs, isolés. Points FeMn plus nombreux à partir des 9 m vers le sud. Début (certaines depuis la base de la couche sup.) des fentes verticales larges de 2 à 10 cm, remplies par lits verticaux d'argile grise, de sables fins jaunes voire de sables moyens au centre, et de grosses concrétions calcaro-gréseuses ± verticales.	2,5Y5/3 brun olive clair	**465-474 :** Lits de SfL/Sf/Smoy. à gross. bien visibles. Nombreux grains calcaires. Structure lamellaire surtout en SfL. µ-agrégats en "boules" en Sf. Nombreux micas altérés localisés et orientés Pas (peu) de bioturbations. Pas de bcv mais des pellets. **491-500 :** idem. - de ≠ granulométriques. Micas altérés localisés et orientés. Paquets brun poussiéreux (250 µm). Chenaux. Petits paquets de couche 7 + papules. 1 bcv.	
6a	505-545	Sables fins gris-jaune, compacts, micro-lités mais dont les lits sont quasi-invisibles. Points ferro-manganiques très diffus. Rares petites taches grises décolorées à contour oxydé. Les lits argilo-limoneux gris clair soulignés par le ferro-manganèse réapparaissent à l'extrémité sud. Quelques bioturbations jaunes. Concrétions calcaro-gréseuses et fentes de gel toujours présentes. Limite inférieure très nette. Remou circulaire local au contact des 2 couches.	2,5Y5/4 brun olive clair	**541-550 :** Structure lamellaire en 6 et progressivement en 7. Bcv en 7. Limite assez nette mais ondulée entre US 6 et 7. Bioturbations dans 7 remplies d'US 6. Paquets orangé (de 7) en 6. Nbses taches FeMn diffuses et concrétions en 7.	1 os à -544 cm + 1 en Sd prof. (bison des steppes, cheval)
7c	545-596	Limons argileux orangés à nombreux points, voire taches, ferro-manganiques. Un liseré horizontal de points FeMn se développe sur 3 m au milieu de la couche. Un autre en constitue la limite inférieure, nette et non ondulée. Fentes de gel toujours présentes	10YR4/4 brun jaune foncé	**565-574 :** Masse dense brun-jaune orangé, très argileuse, parfois carbonatée. Papules. Structure micro-agrégée et/ou spongieuse. Bcv nombreux. Micro-pellets. Taches FeMn.	
7b	596-728	Limons argileux orangé-jaune, décolorés, compacts, à graviers et petits cailloux épars. Lentilles de graviers lâches et de concrétions beiges contournées, en place. Porosité de micro-tubules. Pseudomycelium non continu. Points ferro-manganiques plus rares qu'au dessus. Fentes de gel toujours présentes.	10YR4/6 brun jaune foncé	**605-614** ; **645-654** ; **685-695 :** Masse dense brun-jaune orangé, argileuse, parfois carbonatée. Pseudo-mycelium nombreux. RA brun poussiéreux. Structure micro-agrégée et/ou spongieuse. Bcv nombreux.	6 os entre -604 et -636 cm, 2 os entre -684 et -720 cm et 6 os en Sd prof. (cheval, 1 gd bovidé, 1 rhinocéros laineux)
7a	728-824	Limons argileux gras, humides, beige-marron, à rares lentilles (2-3 cm) de sables moyens rosés. Puis (tarière) sables limono-argileux et limons argilo-sableux à points d'oxydations et de ferro-manganèse (FeMn). A -770 cm nappe phréatique	10YR5/6 brun jaune	**725-735 :** Masse dense brun-jaune et fine parfois carbonatée. Rares RA brun-orangé de 25 µm. Qq RA gris 100 µm. Papules. Structure micro-agrégée et/ou spongieuse. Agrégats arrondis. Bcv. FeMn. Lits S et SL dans tous les sens dans fente de gel.	
8b	824-924	Sables fins limoneux beige-marron (5 cm) puis LSA (7 cm) puis sables grossiers à moyens (20 cm) puis sables moyens limoneux (35 cm) puis passée de sables grossiers et graviers puis LAS (22 cm) puis sables grossiers LA (10 cm).	/	/	
8a	924-930	Graviers, petits galets et sables grossiers	/	/	

Tab. 1 : Description des unités sédimentaires de Quincieux-Les Forgettes et résultats synthétiques.
Tab. 1: Description of Quincieux-Les Forgettes sedimentary units and synthetized results.

Sédimentologie		Pétro ε grossiers (par palier)	Ages ^{14}C (ans cal. BP)	Datations OSL sur quartz 4-11 µm	Datations OSL sur quartz 90-200 µm	Malacologie	Interprétation
/		/		/	/	/	terre de labour, horizon A1 de **SOL I**
D50=36,3 / So=2,19	•SM très élevée •COT élevé (0,34-0,82) •Taux de CaCO3 nuls •IGR=1,16-1,21			/	/	/	horizon BT de **SOL I**
D50=30,6 / So=2,19				/	/	/	horizon BTβ de **SOL I**
D50=44,3 / So=1,78	•SM faible •COT faible (0,07-0,18%) •Taux de CaCO3 élevé •Bon classement des courbes granulo (So) •IGR=1,71-2					**85-95** et **115-125** : Conditions stadiaires - Végétation très pauvre et discontinue	lœss, horizon Cca
D50=36,8 / So=1,86		•peu d'éléments grossiers épars (<6cm max.) •mal roulés, relativement altérés mais non oxydés •60 % provenance non locale, 40 % provenance locale possible					lœss
D50=44,9 / So=1,65	•SM faible •COT faible (0,07-0,12%) •Taux de CaCO3 élevé (33,4-34,7%) •Les meilleurs classements des courbes granulométriques (So) •IGR=2-2,66-1,92-2,39			/	/		alluvions de débordement
D50=36,7 / So=1,75				/	/		alluvions lœssiques
D50=39,3 / So=1,59		•peu déléments grossiers épars •provenance non locale		~~48,5±4,1 ka~~ (HUB-0434)	-	**215-225** : Conditions stadiaires - Végétation très pauvre et discontinue	alluvions de débordement
D50=31,1 - 15,1 / So=1,65-2,01	•Pic d'argile à -238,80m •Taux de CaCO3 très élevé (36,1-42,9%) •IGR=0,58-0,59			/	/		alluvions de débordement et décantation
D50=15,6 / So=1,89				/	/	**250-255** : Conditions stadiaires - Mosaïque environnementale humide à couvert végétal pauvre et peu diversifié	reprise alluvionnement, engorgement temporaire
D50=38,7-43,5 / So=2,13-2,35	•SM peu élevée •COT élevée (0,16-0,24%) •Bas taux de carbonates (14,4-17,6%) •Courbes granulométriques pas très bien classées •IGR=1,41-1,39-1,37-1,17-1,31		malacofaune (*Succinella oblonga*) : 19745-20264 (Poz-64808)	20,1±1,5 ka (HUB-0435) 21,3±1,6 ka (HUB-0436)	19,8±1,6 ka (HUB-0435) 22,5±1,7 ka (HUB-0436)	**265-275** : Abondance élevée -> Conditions interstadiaires. Micro-mosaïque environnementale plutôt sèche à couvert végétal pauvre et peu diversifié	HORIZON BRUNIFIÉ II Brunisol délavé par l'alluvionnement postérieur
			os : 17896-18277 (Lyon-9567)		22,58±1,7 ka (INRAP6)		
D50=40,5-38,3 / So=2,1-2,04		•Un certain nombre d'éléments grossiers (<8-12cm). •émoussé moyen. •100 % non local, 70 % origine alpine très probable		/	/	**355-365** : Conditions interstadiaires - Mosaïque environnementale humide à couvert végétal pauvre et peu diversifié	HORIZON BRUNIFIÉ II Horizon S de Brunisol
D50=37,6 / So=2,02							alluvions loessiques faiblement pédogénéisées
D50=42,2 / So=1,87							colluvions loessiques ou dépôts nivéo-éoliens
D50=88,3-64 / So=1,65-1,57	•SM faible •COT faible (0,07-0,13%) •Taux CaCO3 moyen (18,6-21,1%) •Bon à moyen classement des courbes granulométriques (So) •IGR=1,69-3,27-1,98-1,79	•un certain nombre d'éléments grossiers épars (<6cm), quelques blocs >20cm (fouille 2014) •émoussé nul à faible pour moitié et moyen à élevé pour moitié •80% d'origine alpine		/	/	**475-485** : Conditions stadiaires - Toundra marécageuse	alluvions loessiques et dépôts glaciels
D50=39,6 / So=1,89				39,0±2,9 ka (HUB-0439)	33,8±2,7 ka (HUB-0439)	**535-540** : Conditions stadiaires - Assèchement important de l'environnement et dégradation du couvert végétal	alluvions loessiques et fluviatiles
D50=30,7-30,6 / So=2,28-2,31	•Taux Arg et Lf diminue depuis 7b •IGR = 0,99-1,01	20% d'origine locale, 60% non locale, 20% *in situ* (concrétions)	malacofaune (*Trochulus hispidus*) : 25984-26624 (Poz-64809)	42,4±3 ka (HUB-0440)	30,1±2,4 ka (HUB-0440)	**555-565** : Conditions interstadiaires - Mosaïque à *loci* palustres et à couvert végétal de steppe-toundra peu développé	**PALEOSOL III** horizon Bw, sur loess
D50=18,3-20,2-26,6 / So=2,3-2,25-2,47	•Taux Arg et Lf élevés •SM élevée •COT élevé (0,19-0,26%) •Taux $CaCO_3$ faible (2,6-4,4%) •Mauvais classement des courbes (So) •IGR=0,9-0,77-0,7-0,62			36,0±2,6 ka (HUB-0442)	37,7±2,9 ka (HUB-0442)	**715-725** : Conditions stadiaires modérément humides à végétation steppique peu développée. *Ancylus fluviatilis* (taxon aquatique) indique des apports fluviatiles	**PALEOSOL III** horizon Bw de sol polygénétique, sur alluvions d'inondation
D50=25,3 So=2,18		matériel polygénique, 58% de local, 42% non local		/	/		
/				-	46,9±4,1 ka (HUB-0624)		alluvions, lit majeur
/		Saône et Azergues		/	/		plancher alluvial caillouteux

Tab. 1 : *(Suite)*
Tab. 1: (Continuation)

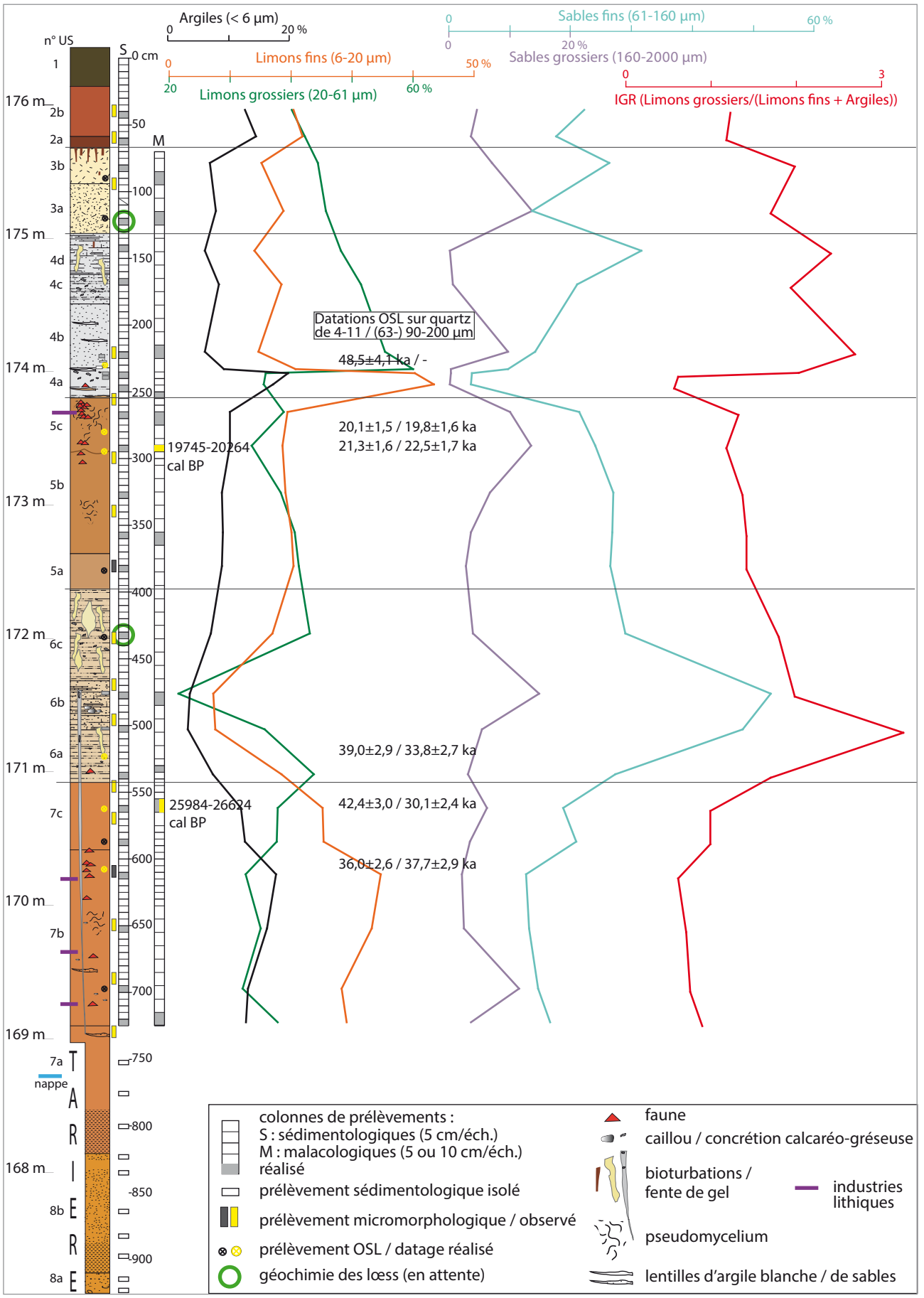

Fig. 4 : Profil de Quincieux-Les Forgettes : stratigraphie synthétique, artefacts, prélèvements et résultats préliminaires.
Fig. 4: Quincieux-Les Forgettes profile: synthetic stratigraphy, artifacts, samplings and preliminary results.

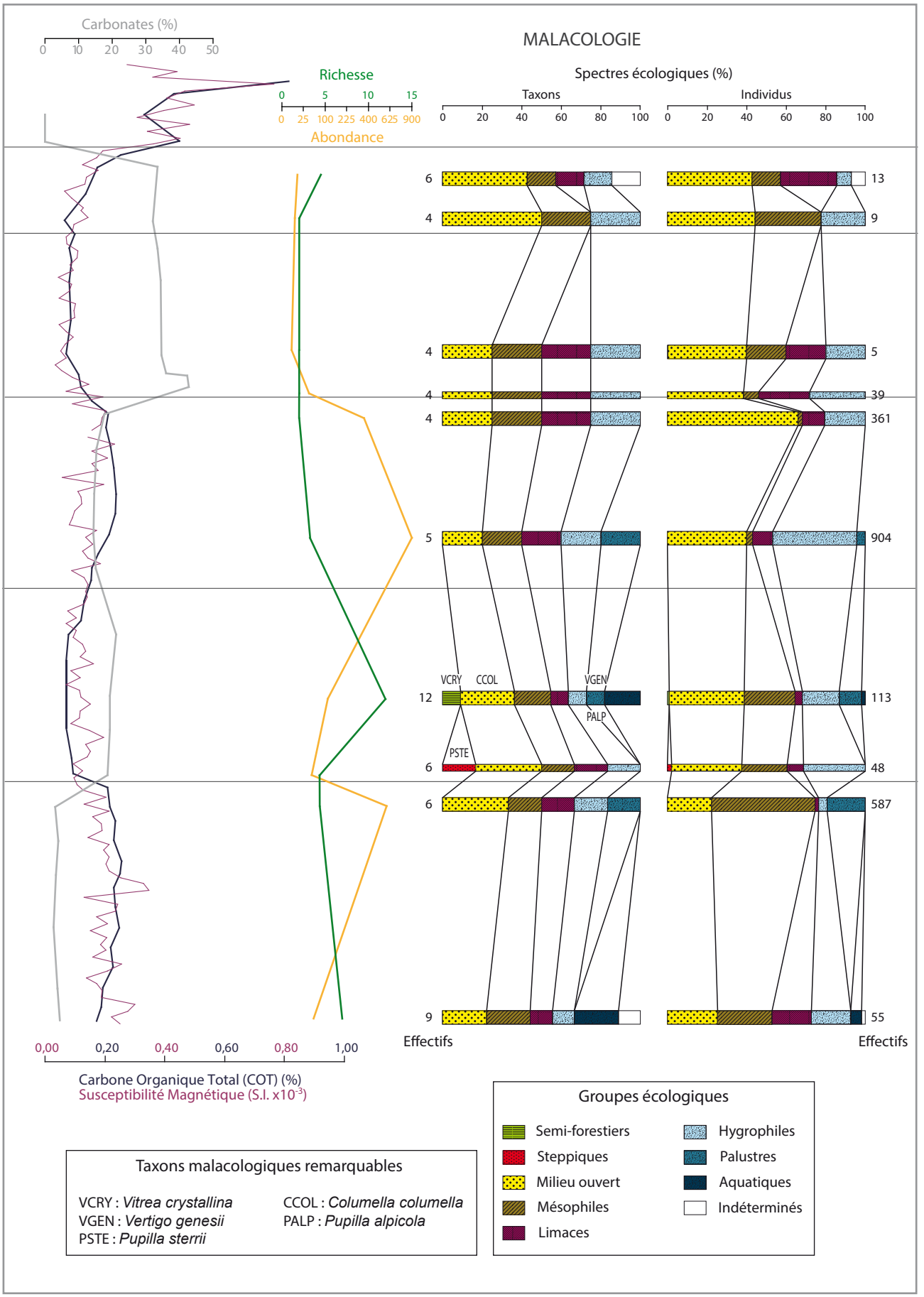

Fig. 4 : *(Suite)*
Fig. 4: (Continuation)

US	Prof (cm)	Description macroscopique	Cailleux	Archéologie	Sédimentologie		Âges ^{14}C (ans cal. BP)	Datations OSL sur qtz 90-200 µm	Malacologie	Interprétation
1		tout venant (galets et sables beiges meubles)								remblais
3	0-50	limons sableux jaune brun, massifs, triés, avec rares manchons carbonatés et concrétions de type poupée. Présence de quelques lits de sables fins triés ou de sables grossiers en lentilles	N69 brun jaune clair		D50=76,2 / So=1,55	• fractions non totalement mélangées			20-40 : Ambiance clémente - Végétation steppique clairsemée et *loci* palustres	lœss ruisselés + apports de versant
4	50-95	sables fins limoneux jaune clair et brun (Fe Mn) finement lité (avec un pendage de 30°) et rares lits de sables moyens ou poches de sables grossiers dont micro-fragments de gneiss. De rares manchons carbonatés, de très rares graviers, de la malacofaune ainsi que localement des taches tarabiscotées de décoloration à contour oxydé sont notables. La réaction à l'acide chlorydrique dilué est positive	N69 brun jaune clair		D50=79,3 / So=1,53	• bon tri sur les sables fins et les silts mais pas sur les limons argileux				lœss ruisselés + apports de versant
14	95-118	sables fins limoneux beige jaune massifs avec quelques lentilles de sable fin gris, pseudomycelium, points de FeMn sur les 20 cm supérieurs								lœss ruisselés
15	118-126	sables fins blancs compacts								lœss ruisselés + apports de versant
16	126-155	sables fins limoneux beige gris massifs avec pseudo mycelium			D50=42,3 / So=2,09	• mauvais tri des limons argileux			140-160 : Ambiance moins douce et plus humide - Végétation appauvrie sans composante arbustive	lœss ruisselés
17	155-186	sables fins limoneux beige jaune ou gris clair, massifs, avec concrétions calcaro-gréseuses nombreuses et dures à la base, et avec petite poches de limon argileux brun orangé remaniées de l'US 12	N90 jaune olive clair	2 os (cheval)			Os : 17694-18040 (Beta-417008)	OSL 152 : 19,4 ± 1,6 ka (HUB-0605)		lœss ruisselés
12a	186-280	limon argileux à argile limoneuse très compacte, brun orangé, très peu fragmentaire. Structure lamellaire. Malacofaune dispersée, quelques glosses et points Fe Mn de plus en plus nombreux à la base du palier et quelques traits verticaux blancs d'hydromorphie. Limite supérieure très contournée par érosion. La réaction à l'acide chlorydrique est positive	P67 brun		D50=35,8 / So=2,4	• enrichissement en argiles • Courbe mal classée • hautes valeurs de SM	Malaco 260-280 (*Trochulus hispidus*) : 19779-20295 (Poz-79115)	OSL 228 : 21,0 ± 1,7 ka (HUB-0606)	260-280 : Conditions interstadiaires identiques à celles de l'échantillon sous-jacent mais légèrement moins humide	paléosol de type brunisol
12b	280-368	limon argileux brun jaune orangé, très bariolé de glosses, à rares poches de graviers	P69 brun	1 os (indet.)						idem, hydromorphe
12c	368-425	limon argileux brun jaune vert très bariolé gris clair	P75 brun jaune			• 380-400 : basses valeurs de SM	Malaco 380-400 (*Trochulus hispidus*) : 18687-18989 (Poz-79116)		380-400 : Conditions interstadiaires à végétation herbacée plus dense mais avec moins d'arbustes	idem, hydromorphe
18	425-430	lit de galets (2-3 cm de long) non jointifs								lœss ruisselés et apports de versant pédogénéisés hydromorphes
19	430-456	limon sablo argileux gris brun vert								
20	456-462	lit de galets (5 cm de long maximum) rarement jointifs, localement avec sables grossiers								
21	462-630	sable fin argilo-limoneux, brun gris vert, bariolé blanchâtre avec nombreux points Fe Mn. Passages plus sableux et grosses lentilles de graviers et sables triés	R77 brun jaune foncé	1 os (cheval)		• les plus hautes valeurs de SM		OSL 615 : 34,8 ± 3,1 ka (HUB-0607)	580-600 : Conditions stadiaires modérement humides - Végétation herbacée clairsemée à buissons locaux	
22	630-820	argiles humides légèrement sableuses gris-brun-vert tachetées claires et avec quelques glosses								

Tab. 2 : Description des unités sédimentaires de Lyon-Apollinaire et résultats synthétiques.
Tab. 2: Description of Lyon-Apollinaire sedimentary units and synthetized results.

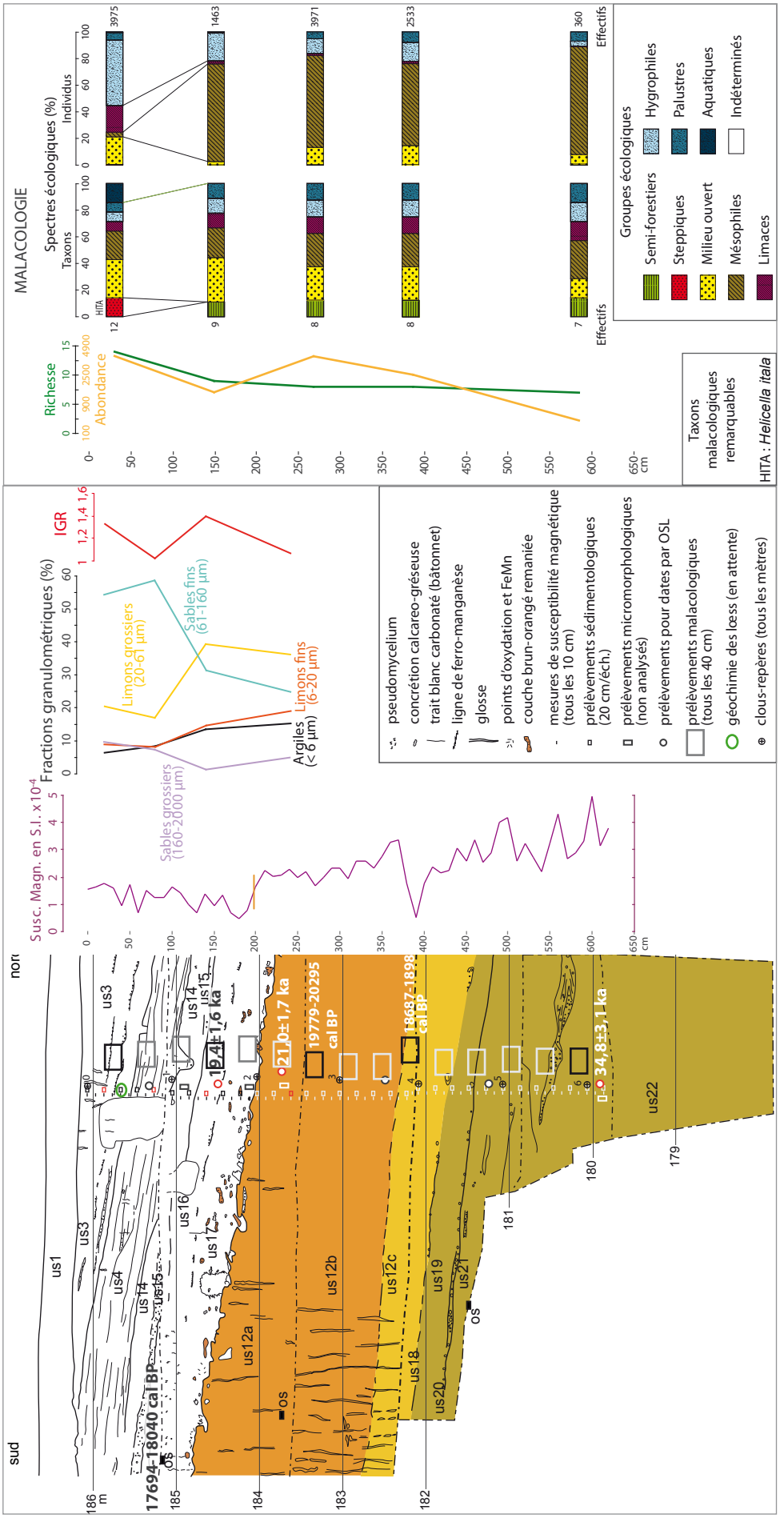

Fig. 5 : Coupe du sondage Lyon-Apollinaire : stratigraphie synthétique, prélèvements et résultats préliminaires.
Fig. 5: Lyon-Apollinaire excavation profile: synthetic stratigraphy, samplings and preliminary results.

initial et final divisé par le poids sec de l'échantillon. Ce taux d'humidité, mesuré avec une incertitude de ± 5 % pour tenir compte des variations saisonnières et des variations climatiques à long terme, sert pour le calcul du débit de dose. L'incertitude de 5 % est une valeur empirique, arbitraire. Dans des sédiments lœssiques (en Europe) on trouve souvent des taux d'humidité entre 15 et 20 %, selon la position du profil et la profondeur de l'échantillon. Si la mesure est dans cette fourchette, la valeur est reconnue comme fiable.

Les mesures OSL ont été effectuées sur un appareil de mesure de luminescence Lexsyg_utilisant une simulation en lumière verte (LED) à 525 nm. Les signaux OSL résultants ont été détectés à travers une combinaison de filtres interférentiels à 380 nm. Un protocole monoaliquote de régénération de dose (SAR) d'après Murray & Wintle (2000) modifié a été appliqué avec une température de préchauffe de la dose naturelle et régénérée fixée à 240°C pour 10 s et une température de préchauffe de la dose test de 180°C (refroidissement immédiat). Les tests de plateau de préchauffage et de recouvrement de dose ont été effectués sur les échantillons HUB-0434, HUB-0435, HUB-0436, HUB-0439, HUB-0606 et HUB-0624 pour vérifier les propriétés de luminescence et pour définir les procédures de préchauffage. La détermination du débit de dose a été faite par spectrométrie gamma sur un détecteur Ortec HPGe (High Purity Germanium) à refroidissement électrique. Dans ce but 100 g de l'échantillon a été séché et écrasé dans un mortier. Le sédiment a été ensuite mis dans des béchers et mis de côté au moins deux semaines avant d'en mesurer les contenus en radionucléides naturels ^{238}U, ^{232}Th et ^{40}K y compris un certain nombre d'autres produits affiliés. Aucun déséquilibre radioactif n'a pu être détecté. Le pack luminescence 0.4.2 incorporé au sein du logiciel de statistiques « R » a été utilisé pour le calcul de la paléodose. Le programme « Adele 1.06 » a été utilisé pour calculer le débit de dose cosmique en fonction de la position géographique, de l'altitude et de la profondeur de l'échantillon selon Prescott et Hutton (1994) aussi bien que le débit de dose total (tab. 3).

3.3 - MALACOLOGIE

Sur les quatre-vingt échantillons prélevés en continu par tranches de 10 cm, ou de 5 cm dans les horizons ayant livré des restes de faune du profil de Quincieux-Les Forgettes (fig. 4), dix ont été analysés. À Lyon-Apollinaire ont été prélevés 15 échantillons malacologiques de 20 cm d'épaisseur et séparés par un pas de 40 cm (fig. 5) ; parmi eux cinq ont été analysés.

Pour chaque échantillon, un volume de dix litres de sédiment a été prélevé afin d'assurer une quantité d'individus suffisante pour être représentative de la malacofaune dans les unités les moins riches, d'éviter toute influence du volume sur le nombre d'espèces de mollusques recouvrées et de pouvoir comparer les échantillons entre eux et avec ceux d'autres séquences prélevées selon ce même protocole instauré par Ložek (1964) pour les séquences lœssiques.

Sample	US	Lab. No.	Depth [cm]	Uranium [ppm]	Thorium [ppm]	Potassium [%]	Cosmic dose rate [Gy/ka]	Water cont. measured [%] (a)	Water cont. estimated [%] (b)	Dose rate (D_0) [Gy/ka] (c)	Paleodose (D_e) [Gy] (d)	OD [%] (e)
Qx-Forg. OSL-230	4b	HUB-0434	230	1.78 ± 0.16	5.97 ± 0.36	0.82 ± 0.02	0.18 ± 0.02	25.4	25 ± 5	CG: -	-	-
										FG: 1.73 ± 0.14	83.72 ± 2.43	0
Qx-Forg. OSL-280	5c	HUB-0435	280	2.74 ± 0.13	10.14 ± 0.39	1.42 ± 0.03	0.18 ± 0.02	12.9	15 ± 5	CG: 2.52 ± 0.17	49.87 ± 2.23	13.7
										FG: 3.01 ± 0.21	60.61 ± 1.24	0
Qx-Forg. OSL-295	5c	HUB-0436	295	2.63 ± 0.16	9.72 ± 0.33	1.31 ± 0.03	0.18 ± 0.02	16.0	15 ± 5	CG: 2.38 ± 0.17	53.74 ± 1.84	5.5
										FG: 2.85 ± 0.2	60.65 ± 1.26	0
Qx-Forg. OSL-525	6a	HUB-0439	525	2.47 ± 0.12	8.08 ± 0.25	1.08 ± 0.02	0.15 ± 0.02	22.2	20 ± 5	CG: 1.97 ± 0.13	66.62 ± 3.13	16.2
										FG: 2.34 ± 0.16	91.18 ± 2.7	0
Qx-Forg. OSL-565	7c	HUB-0440	565	3.0 ± 0.16	11.71 ± 0.44	1.57 ± 0.03	0.15 ± 0.02	19.5	20 ± 5	CG: 2.64 ± 0.17	79.27 ± 3.71	19.0
										FG: 3.16 ± 0.21	133.96 ± 2.85	0
Qx-Forg. OSL-610	7b	HUB-0442	610	3.53 ± 0.21	14.2 ± 0.39	1.76 ± 0.04	0.14 ± 0.01	21.1	20 ± 5	CG: 3.08 ± 0.2	115.82 ± 4.68	13.0
										FG: 3.65 ± 0.24	131.5 ± 3.38	0
Qx-F. 2014 (coupe 9)	8b	HUB-0624	770	2.77 ± 0.21	10.65 ± 1.02	2.12 ± 0.05	0.13 ± 0.01	18.2	20 ± 5	CG: 2.94 ± 0.23	138.06 ± 5.67	16.6
										FG: -	-	-
Lyon-Apo. OSL-152	16	HUB-0605	152	1.87 ± 0.15	5.63 ± 0.24	0.85 ± 0.02	0.19 ± 0.02	10.0	10 ± 5	CG: 1.69 ± 0.13	32.86 ± 0.95	9.6
										FG: -	-	-
Lyon-Apo. OSL-228	12a	HUB-0606	228	3.13 ± 0.23	10.46 ± 0.65	1.32 ± 0.03	0.18 ± 0.02	20.3	20 ± 5	CG: 2.44 ± 0.19	51.16 ± 1.09	8.1
										FG: -	-	-
Lyon-Apo. OSL-615	21	HUB-0607	615	3.38 ± 0.26	11.98 ± 0.59	1.34 ± 0.03	0.14 ± 0.01	23.7	20 ± 5	CG: 2.54 ± 0.19	88.61 ± 4.1	15.9
										FG: -	-	-
Qx-Forg. F137sup	5c	INRAP6	60	2.94 ± 5	8.81 ± 5	1.79 ± 3			18.5 ± 10	2.48 ± 0.07	56 ± 2	

Tab. 3 : Données dosimétriques et âges OSL.
(a) Teneur en eau des échantillons sédimentaires en % de la masse sèche (séchée 3 jours dans une étuve à 50°C). (b) Teneur en eau utilisée pour le calcul du débit de dose. (c) CG : fraction grossière (63-200 µm), FG : fraction fine (4-11 µm). Un coefficient d'absorption alpha (a-value) de 0,036 ± 0,003 a été supposé pour le calcul du débit de dose des échantillons de fraction fine (Kreutzer *et al.* 2012). (d) Les doses équivalentes (± écart-type) ont été calculées à l'aide du *Central Age Model* (CAM, Galbraith *et al.*, 1999). 20 à 30 aliquotes ont été mesurées par échantillon. (e) La surdispersion (OD) décrit la variabilité intervenant en plus de l'erreur attendue. L'erreur attendue résulte de l'erreur aléatoire et de l'erreur systématique de toutes les aliquotes. Une variabilité additionnelle peut être causée par un blanchiment incomplet, un mélange sédimentaire post-dépôt ou l'hétérogénéité du débit de dose beta après l'enfouissement. (f) ka: kiloyears before the year of measurement (2014-2016).
Tab. 3: Dosimetric data and OSL ages. (a) Water content of sediment samples in % of dry mass (oven dried for 3 days at 50°C). (b) Water content used for dose rate calculation. (c) CG: coarse grain method (63-200 µm), FG: fine grain method (4-11 µm). An alpha efficiency value (a-value) of 0.036 ± 0.003 was assumed for dose rate calculation of fine grain samples (Kreutzer et al.*, 2012). (d) Equivalent doses (± standard error) were calculated according the Central Age Model (CAM, Galbraith* et al.*, 1999). 20 to 30 aliquots were measured per sample. (e) The overdispersion (OD) describes the variation arising in addition to the expected error. The expected error results from the random error and from the systematic error of all aliquots. Additional variation might be caused by incomplete bleaching, post-depositional sediment mixing or beta-dose heterogeneity after burial. (f) ka: kiloyears before the year of measurement (2014-2016).*

Les échantillons ont été tamisés à l'eau à 500 µm, puis séchés, et les coquilles ont été triées, identifiées, comptées et mises en collection. La taxonomie et les tolérances écologiques utilisées sont fondées sur des travaux faisant référence à l'échelle nationale et européenne (Anderson, 2005 ; Bank *et al*., 2001 ; Falkner *et al*., 2002 ; Germain, 1930-1931 ; Gittenberger *et al*., 1998 ; Kerney *et al*., 1983 ; Rocroi *et al*., 2007). La méthode de comptage mise au point par Ložek (1964) a été utilisée pour dénombrer les individus (tab. 4 et 5).

Groupes et sous-groupes écologiques	Taxons	Niveaux									
		85-95	115-125	215-225	250-255	265-275	355-365	475-485	535-540	555-565	715-725
2f(m)	*Vitrea crystallina*	-	0	0	0	0	0	0,89	0	0	0
4S	*Cecilioides acicula*	-	-	0	0	0	0	0	0	0	0
4S	*Xerocrassa geyeri*	13,33	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4S	*Pupilla* cf. *sterrii*	0	0	0	0	0	0	0	2,08	0	0
5D	*Columella columella*	0	0	0	0	0	0	0,89	0	0	0
5D	*Pupilla muscorum*	13,33	33,33	40,00	38,46	69,93	40,16	36,28	33,33	21,64	20,00
5D	*Vallonia costata*	20,00	11,11	0	0	0	0	0,89	0	3	5,46
5D	*Vallonia pulchella*	-	0	0	0	0	0	0	2,08	0	0
7M	*Trochulus hispidus*	13,33	33,33	20,00	7,69	2,22	2,99	23,89	22,92	52,30	25,46
7M(fr)	*Clausilia rugosa parvula*	0	0	0	0	0	0	1,77	0	0	1,82
7'	Limaces	26,67	0	20,00	25,64	11,36	10,07	3,54	8,33	1,87	20,00
8H	*Succinella oblonga*	6,67	22,22	20,00	28,21	20,50	42,59	18,58	31,25	4,26	20,00
9P	*Pupilla alpicola*	0	0	0	0	0	4,20	10,62	0	19,42	0
9P	*Vertigo genesii*	0	0	0	0	0	0	0,89	0	0	0
10A1-A2-A3	*Galba truncatula*	0	0	0	0	0	0	0,89	0	0	0
10A2	*Anisus spirorbis*	0	0	0	0	0	0	0,89	0	0	0
10A3-A4	*Valvata piscinalis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,64
10A4-A5	*Ancylus fluviatilis*	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,82
I	Indéterminés	6,67	0	0	0	0	0	0	0	0	1,82
Paramètres synthétiques	Abondance	14/15	9	5	39	361	904	111/113	48	587	51/54/55
	Richesse	6/7	4	4	4	4	5	10/12	6	6	6/8/9

Tab. 4 : Assemblages malacologiques analysés dans la séquence de Quincieux-Les Forgettes.
Les cases pointillées indiquent les taxons intrusifs (points denses) ou dont la présence est douteuse (points peu denses) dans les assemblages concernés. Groupes et sous-groupes écologiques d'après Ložek (1964) et Puisségur (1976) : 2f : semi-forestier (m) mésophile, 4S : steppique, 5D : terrain découvert, 7M : mésophile (fr) préférant un léger couvert forestier et des rochers, 7' : limaces, 8H : hygrophile, 9P : palustre, 10A : aquatique (1) eaux stagnantes, (2) marécages périodiques, (3) eaux calmes, (4) eaux courantes, (5) sources.
Tab. 4: Molluscan assemblages analysed in the sequence of Quincieux-Les Forgettes. Drawn with dots cases indicate intrusive taxa (clustered points) and taxa whose presence is doubtful in the considered assemblage (scattered points). Ecological groups and subgroups according to Ložek (1964) and Puisségur (1976): 2f : half-forested (m) mesophilous, 4S : steppic, 5D : open, 7M : mesophilous (fr) prefering slight forest cover and rocks, 7' : slugs, 8H : hygrophilous, 9P : palustral, 10A : aquatic (1) standing waters, (2) periodic swamps, (3) calm waters, (4) flowing waters, (5) sources.

Groupes et sous-groupes écologiques	Taxons	Niveaux				
		20-40	140-160	260-280	380-400	580-600
2f(m)	*Arianta arbustorum*	0	0,21	0,40	0,39	0,83
4S	*Cecilioides acicula*	-	0	0	0	0
4S	*Helicella itala*	0,18	0	0	0	0
4S	*Pupilla sterrii*	0,38	0	0	0	0
5D	*Columella columella*	0,35	0,07	0,88	0,20	0
5D	*Pupilla muscorum*	20,33	2,39	12,06	14,17	7,22
5D	*Vallonia costata*	0,03	0,07	0	0	0
5D	*Vallonia pulchella*	0,08	0	0	0	0
7M	*Trochulus hispidus*	3,37	72,93	61,80	57,24	74,44
7M(fr)	*Clausilia rugosa parvula*	0,15	0,27	7,13	4,11	6,39
7M(h)	*Cochlicopa lubrica*	0,05	0	0	0	0
7'	Limaces	20,13	2,39	1,54	1,86	0,28
8H	*Succinella oblonga*	49,28	20,98	11,08	14,21	3,89
9P	*Pupilla alpicola*	5,69	0,68	5,11	7,82	6,94
I	Grandes espèces	0,03	0	0	0	0
Paramètres synthétiques	Abondance	3975	1463	3971	2533	360
	Richesse	12	9	8	8	7

Tab. 5 : Assemblages malacologiques analysés dans la séquence de Lyon-Apollinaire.
Voir la légende de la figure 4 pour la description des groupes et sous-groupes écologiques.
Tab. 5: Molluscan assemblages analysed in the sequence of Quincieux-Les Forgettes.
See legend of figure 4 for the descriptions of ecological groups and subgroups.

3.4 - FAUNE MAMMALIENNE

Les vestiges fauniques de grands mammifères découverts lors des opérations de sondages archéologiques à Quincieux en 2013 représentent une cinquantaine d'éléments dentaires et osseux provenant de plusieurs unités stratigraphiques, principalement l'horizon brunifié médian et le paléosol inférieur. Ces pièces ont permis une identification anatomique et spécifique presque complète, ce qui est rare en contexte paléolithique. Le matériel a été analysé en premier lieu par D. Lalaï (Inrap Rhône-Alpes) mais ses données sont demeurées inédites dans les rapports de fouille (Vermeulen *et al*., 2012 ; Blaizot *et al*., 2015).

Le matériel est globalement assez bien conservé d'un point de vue morphologique, mais l'état de surface se caractérise par de nombreux phénomènes d'altération et la présence de concrétions parfois importantes. Les taxons ont pu être déterminés au niveau spécifique, en particulier pour lever l'ambiguïté des genres *Bos* ou *Bison*, ainsi que pour clarifier la diagnose des chevaux identifiés à Quincieux qui sont représentés par deux formes se distinguant par la taille. Des données morphométriques ont été utilisées à partir de quelques pièces caractéristiques afin de permettre cette identification des deux formes de chevaux. Les associations mammaliennes ainsi mises en évidence permettent alors une interprétation paléoécologique et biochronologique. L'intérêt de cette faune est de provenir d'un contexte sédimentaire lœssique, très rare dans la zone sud de la France, et de permettre ainsi une comparaison avec les données provenant des séries de France septentrionale.

4 - RÉSULTATS

4.1 - STRATIGRAPHIE, SÉDIMENTOLOGIE ET PÉDOLOGIE

4.1.1 - La séquence de Quincieux-Les Forgettes

Les descriptions macro- et microscopiques sont détaillées dans le tableau 1 et les résultats sédimentologiques en figure 4 et tableau 1. La séquence présente trois horizons brun-orangé numérotés I, II et III du haut vers le bas (fig. 6, cl. 1), correspondant respectivement aux unités sédimentaires (US) 2, 5 et 7, séparés par deux ensembles sédimentaires fins, lités à massifs, clairs, correspondant aux US 3 + 4 et 6. Les résultats sont commentés dans l'ordre stratigraphique.

La fouille de Quincieux-Les Forgettes en 2014 a montré que le plancher alluvial (US 8a) de la confluence Saône-Azergues se situe à 9 m de profondeur, vers 167 m d'altitude selon une topographie très faiblement ondulée de moins d'1 m d'amplitude (fig. 3). La Saône, encore proche, dépose ensuite 2 m d'alluvions limono-argileuses brun-jaune mêlées d'abondants graviers et sables (US 8b et 7a). À part le sommet de l'unité 7a, ces deux couches ne sont pas étudiées en détail (fig. 4). Les US 7b et 7c, suivantes, sont représentées par des dépôts massifs, limono-argileux, brun-jaune foncé, respectivement sur 1,30 m puis 0,50 m. Ils sont traversés sur toute leur épaisseur par des fentes de gel de 2 à 10 cm de large (fig. 6, cl. 2), à remplissage sableux laminé verticalement (fig. 6, cl. 3), prenant naissance dans le niveau supérieur, et que la fouille de 2014 révèle former un réseau de polygones de 10 à 12 m de diamètre. Des éléments minéraux grossiers épars sont notables (*infra* 4.2).

Les valeurs de l'indice granulométrique (IGR = (% 20-61 µm) / (%<20 µm) cf. Antoine *et al*., 2001) variant entre 0,62 et 0,9 pour l'US 7b indiquent que cette unité n'est pas caractéristique de dépôts lœssiques typiques pour lesquels les valeurs sont généralement supérieures à 1 (Antoine *et al*., 2014). En revanche, le niveau supérieur 7c dans lequel l'IGR varie entre 0,99 et 1,01, semble l'être. Les courbes granulométriques en fréquences simples des unités 7b et c présentant une base élargie aussi bien du côté des fines que des grossiers sont assez mal classées (fig. 7). La proximité de la Saône conduit cependant à retenir l'hypothèse d'alluvions de débordement pour la mise en place de cette US 7b, qui est secondairement enrichie en argile par la pédogenèse. En effet, des argilanes, bien que peu nombreux, peu épais et très poussiéreux en lames minces sont présents (fig. 6, cl. 4), mais c'est l'argile d'illuviation en masse qui constitue la matrice principale (fig. 6, cl. 3 et 4). Malgré leur faible nombre, les argilanes de types différents (tab. 1) indiquent l'action de plusieurs pédogenèses. L'altération pédogénétique est aussi révélée par un taux de carbonates très faible et des valeurs élevées du carbone organique total et de la susceptibilité magnétique pour les unités 7b et c comparativement à la plupart des couches sus-jacentes. Ce paléosol complexe est intensément prospecté par la microfaune du sol étant donné la structure parfois spongieuse (fig. 6, cl. 4) et la présence de nombreux granules calcitiques de vers de terre.

Après une limite nette, localement soulignée par des marmites d'érosion fluviatile ayant jusqu'à 5 m de diamètre et remplies de sables microlités (fig. 6, cl. 11), l'US 6 est une superposition, sur 1,70 m d'épaisseur, de lits de sables fins à moyens, de limons voire d'argile grise, brouillés surtout sur le mètre supérieur (6c) par des bioturbations diverses. Les courbes granulométriques présentent un relatif bon classement (fig. 7). Les fines fentes de gel vues dans l'US 7 débutent à partir de l'US 6b. En lame mince, une microstructure lamellaire (fig. 6, cl. 5) se développe en 6a et 6b mais disparait en 6c, US caractérisée par une microstructure agrégée et la présence de granules de vers de terre. Le taux de carbonates est important. De grosses concrétions carbonatées (4-5 cm de long) se concentrent principalement en 6c ainsi que dans les fentes de gel où elles sont descendues très profondément. Les valeurs de carbone organique total et de susceptibilité magnétique sont basses. Hormis un pic à 3,27, qui s'explique par un dépôt de sédiments très grossiers (*infra*), l'IGR n'est pas incompatible avec les valeurs reconnues pour les lœss.

La transition de l'ensemble 6 à l'ensemble 5 est progressive et se matérialise par 0,30 m de limons à sables fins gris-jaune (5a), puis ce sont des limons peu argileux, orangé clair, massifs qui caractérisent les unités 5b et

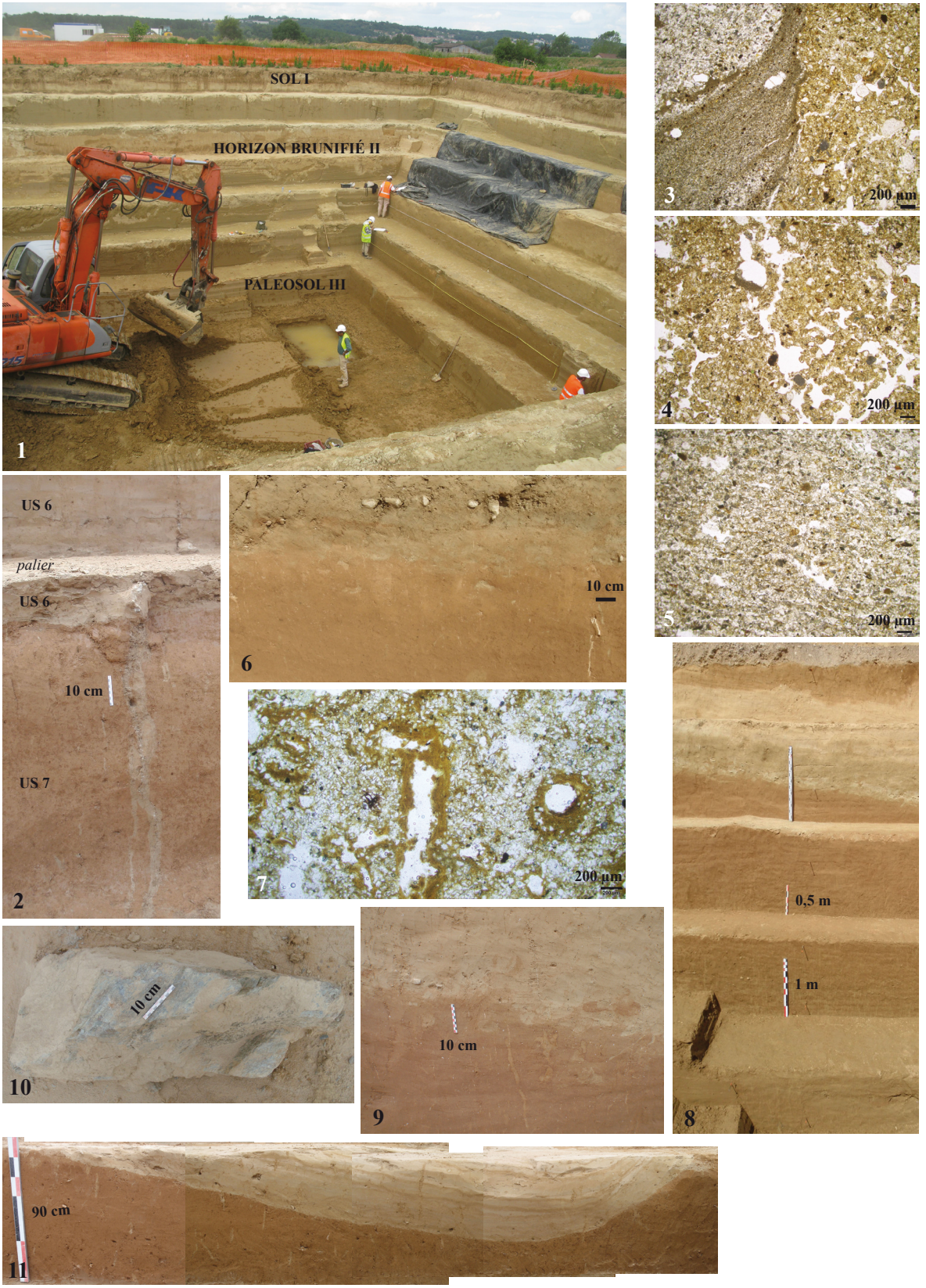

Fig. 6 : Illustrations macro- et microscopiques des unités sédimentaires.
1/ Sondage en paliers de Quincieux-Les Forgettes, 2/ Fente de gel dans les US 6 et 7, 3/ US 7 : fente de gel à remplissage laminé et matrice argileuse encaissante, 4/ US 7 : argilane poussiéreuse et microstructure spongieuse, 5/ US 6 : microstructure lamellaire, 6/ Reprise du sommet de l'US 5c à la base de l'US 4a, 7/ Argilanes de l'horizon Bt du sol I, 8/ Séquence de Lyon-Apolinaire, 9/ Limite contournée et érodée entre les US 12 et 17, 10/ Schiste chloriteux de 85 x 35 x 35 cm trouvé dans l'US 6 (détermination P. Gadiolet), 11/ Marmite d'érosion fluviatile entre US 7 et 6. (Cliché 1 : P. Alix ; clichés 2 à 11 : O. Franc).
Fig. 6: Macro- and microscopic pictures of sedimentary units. 1/ Excavation steps of Quincieux-Les Forgettes, 2/ Frost-wedge in US 6 and 7, 3/ US 7: Frost-wedge with laminated infilling and surrounding clayey matrix, 4/ US 7: dusty clay coating and spongy microstructure, 5/ US 6: platy microstructure, 6/ Top of US 5c reworked at the base of US 4a, 7/ Clay coatings of palaeosol I Bt horizon, 8/ Stratigraphic sequence of Lyon-Apollinaire, 9/ Jagged and eroded limit between US 12 and 17, 10/ Chloritoschist (85 x 35 x 35 cm) found in US 6 (determination P. Gadiolet), 11/ Fluvial erosion basin between US 7 and 6. (Photo 1: P. Alix; Photos 2 to 11: O. Franc).

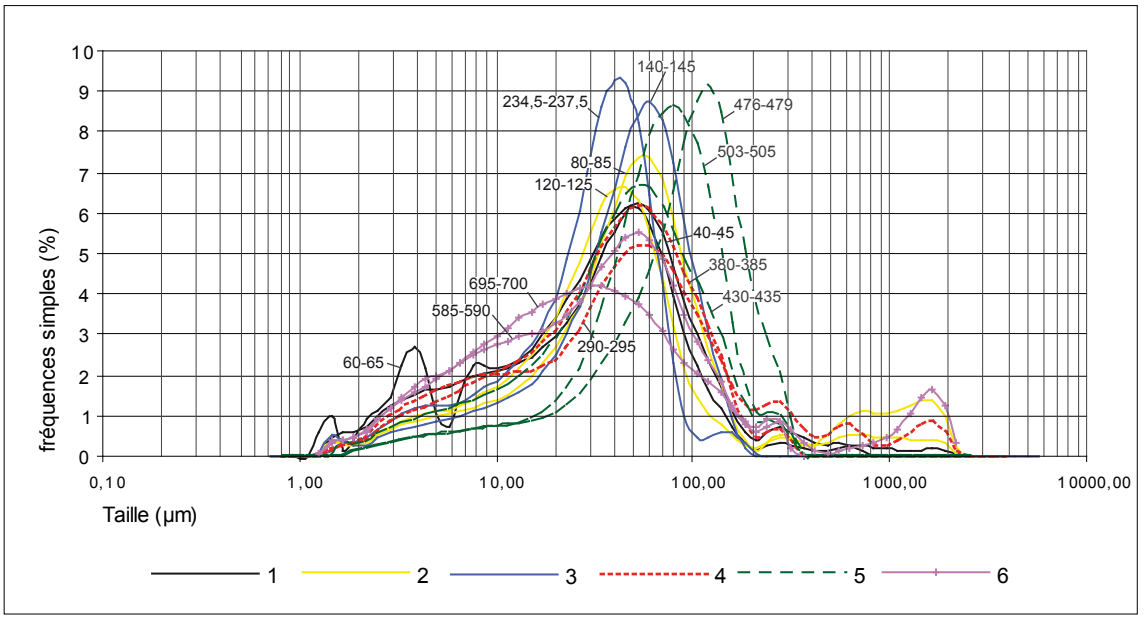

Fig. 7 : Courbes granulométriques des différents lithofaciès de Quincieux.
1/ US 2 (échantillons 40-45 et 60-65), 2/ US 3 (échantillons 80-85 et 120-125), 3/ US 4 (échantillons 140-145 et 234.5-237.5), 4/ US 5 (échantillons 290-295 et 380-385), 5/ US 6 (échantillons 430-435, 476-479 et 503-505), 6/ US 7 (échantillons 585-590 et 695-700).
Fig. 7: Granulometric curves of the different lithofacies from Quincieux.
1/ US 2 (samples 40-45 and 60-65), 2/ US 3 (samples 80-85 and 120-125), 3/ US 4 (samples 140-145 and 234.5-237.5), 4/ US 5 (samples 290-295 and 380-385), 5/ US 6 (samples 430-435, 476-479 and 503-505), 6/ US 7 (samples 585-590 and 695-700).

5c sur 1,20 m d'épaisseur. Bien que moins bien classées que précédemment, surtout du côté des fines, les courbes granulométriques et l'indice IGR sont dans la continuité de l'unité stratigraphique précédente et indiquent des processus mélangés (mixtes). Les caractères décrits (couleur, pseudomycelium abondant, intense activité biologique, microstructure aérée ; tab. 1) témoignent de conditions favorables au développement d'une pédogenèse cependant peu marquée. En effet, le taux de matière organique atteint le niveau du paléosol III, mais ni les valeurs de la susceptibilité magnétique, ni le taux de carbonates, ni le taux d'argiles ne sont significativement différents de l'unité 6 sous-jacente.

La limite est nette et contournée entre les US 5 et 4 et des poches de limons argileux orangé sont redistribuées en lits discontinus à la base de l'US 4 (fig. 6, cl. 6), tandis que des lentilles de limons gris sont présentes quoique moins nombreuses au sommet du l'US 5. Plusieurs sous-unités caractérisent l'US 4, globalement très carbonatée et de couleur homogène brun olive clair. Un premier faciès (US 4a) montre des limons gris et argiles blanchâtres alternant. Un deuxième faciès (US 4b), dont la base est gris foncé, un peu gleyique, se caractérise par des sables fins gris clair à verdâtre, microlités de façon diffuse et localement obliques. Le troisième faciès (US 4c) montre une alternance de lits plans de sables fins gris-jaune, de sables fins un peu roux et d'argiles limoneuses blanches à concrétions. Enfin, la sous-unité 4d est identique à la sous-unité 4b mais sans les grosses concrétions carbonatées. Comme dans l'US 6, d'importantes bioturbations jaunes se trouvent dans les niveaux supérieurs 4c et 4d, indiquant des conditions plus clémentes qu'en US 4b où la microstructure lamellaire traduit l'action du froid. Le processus alluvial dont le terme semble être la décantation est dominant comme en témoigne le bon tri granulométrique général. La grande variabilité de l'IGR traduit une variété des dépôts. D'après cet indice, seule l'US 4c a une composante lœssique.

L'US 3 ne présente plus de litages pour une texture équivalente de sables fins limoneux, brun jaunâtre clair (US 3a), puis plus limoneuse (US 3b). Les valeurs de l'IGR et le bon classement des courbes granulométriques sont compatibles avec une mise en place éolienne qui, en l'absence de litages alluviaux, semble exclusive. Les petites concrétions carbonatées y sont d'origine pédogénétique, en lien avec le sol sus-jacent (US 2). Ce dernier est aussi responsable de nombreuses bioturbations brunes et de la présence de minces revêtements argileux orangés dans les vides. La microporosité est abondante et certains pores sont moulés par des tubules radiculaires (hyporevêtements carbonatés en lames minces). Le taux de carbonates reste élevé. L'action du froid s'est imprimée dans les sédiments par une structuration lamellaire qui n'est que localement préservée étant donné l'intensité des bioturbations postérieures. À la faveur de ces dernières au sommet de l'unité les valeurs du carbone organique total et de la susceptibilité magnétique, qui étaient dans la continuité de l'US 4, augmentent.

La frange supérieure colorée, développée sur 0,50 m d'épaisseur mais plus épaisse en d'autres lieux du plateau, se décline en deux horizons. À la base, la sous-unité 2a est un limon argileux, brun, homogène, compact. Au sommet, la sous-unité 2b est plus orangé et de structure polyédrique. Dans les deux horizons les argilanes sont épais, nombreux et de type brun-orange poussiéreux, sans litage visible (fig. 6, cl. 7) sauf en lumière polarisée analysée au microscope. Les carbonates ont complètement disparu. Les chenaux, chambres et vésicules sont nombreux indiquant une végétation abondante, mais il n'y a pas de granules de vers de terre, victimes eux-aussi

de la décarbonatation. L'IGR, bien que diminué par la part plus importante des limons fins et argiles illuviales, reste caractéristique des lœss, comme précédemment dans l'US 3.

L'horizon de labour (US 1), brun-gris, meuble, se développe sur 0,22 m d'épaisseur et termine la séquence.

4.1.2 - La séquence de Lyon-Apollinaire

La séquence de Lyon-Apollinaire, tronquée par un aménagement contemporain, montre (fig. 5, fig. 6, cl. 8, tab. 2) un unique paléosol complexe de 6 m d'épaisseur surmonté de sables fins, limoneux, gris, massifs à lités.

Les deux mètres les plus profonds de la séquence (US 22) ont été creusés en puits et n'ont donc pu être observés précisément. Aucun cailloutis d'une possible haute terrasse alluviale de la Saône n'a été atteint. Les premiers 2 m observables (US 21 et 19) sont constitués de sables fins, argilo-limoneux, brun-gris-vert, bariolés blanchâtres, avec de nombreux points ferro-manganiques. Certains passages sont très sableux ou graveleux (US 20 et 18). Cette première séquence est donc essentiellement sous la dépendance de ruissellements sur versant. Ensuite, les éléments grossiers disparaissent (sauf quelques poches de graviers dans l'US 12b) et ne sédimentent plus alors que des limons argileux, brun jaune (US 12c) à brun orangé (US 12a). Une composante éolienne semble alors prendre le pas sur les processus de versant ce que corrobore la valeur de l'IGR en US 12a en dépit d'un piètre classement de la courbe granulométrique (fig. 8) qui indique bien l'intervention de deux processus de dépôts. Les deux premières unités (12c et b) sont bariolées de glosses relayées par des points ferro-manganiques en US 12a. L'ensemble de ces couches est très compact et présente une structure lamellaire subhorizontale (fig. 6, cl. 8) probablement héritée de cycles gel-dégel postérieurs. La susceptibilité magnétique montre les valeurs les plus élevées jusqu'à l'US 12c en lien avec une pédogenèse de type brunisol. Un affaiblissement de la pédogenèse dû à des conditions climatiques plus rigoureuses et/ou à une sédimentation plus abondante est mis en évidence par les quelques valeurs plus faibles de la susceptibilité magnétique qui caractérisent la sous-unité 12c. Ensuite, celles-ci redeviennent plus élevées, caractéristiques d'horizon brunifié (comparables à l'US 7 de Quincieux).

La limite est nette mais contournée entre les US 17 et 12a. Des poches d'US 12a sont reprises dans l'US 17 (fig. 6, cl. 9). Cette couche et les suivantes (US 16, 15 et 14) sont constituées de sables fins, souvent limoneux, massifs, de couleur claire, avec de grosses concrétions carbonatées uniquement à leur base. Cet ensemble est relayé par des sables fins, microlités suivant le pendage du versant (US 4) puis par des limons sableux, massifs, sauf quelques lits de sables fins, et avec concrétions de type « poupées du lœss » (US 3). Les trois analyses granulométriques réalisées dans cet ensemble montrent un IGR proche de 1 (fig. 5), compatible avec une mise en place éolienne, ou reprenant du matériel éolien car les courbes granulométriques sont plus ou moins bien classées (fig. 8) indiquant l'intervention de deux processus, où, cette fois, les sables ruisselés sont majoritaires sur les limons éoliens.

4.2 - PÉTROGRAPHIE DE QUINCIEUX-LES FORGETTES

4.2.1 - Alluvions grossières basale (US 8)

Ces alluvions sont composées d'une dizaine de lithologies parmi lesquelles sont largement représentés les métasédiments, les éléments siliceux, les microgranites et/ou granites microgrenus et les tufs volcaniques. Fait remarquable, ces alluvions ne comportent aucun élément

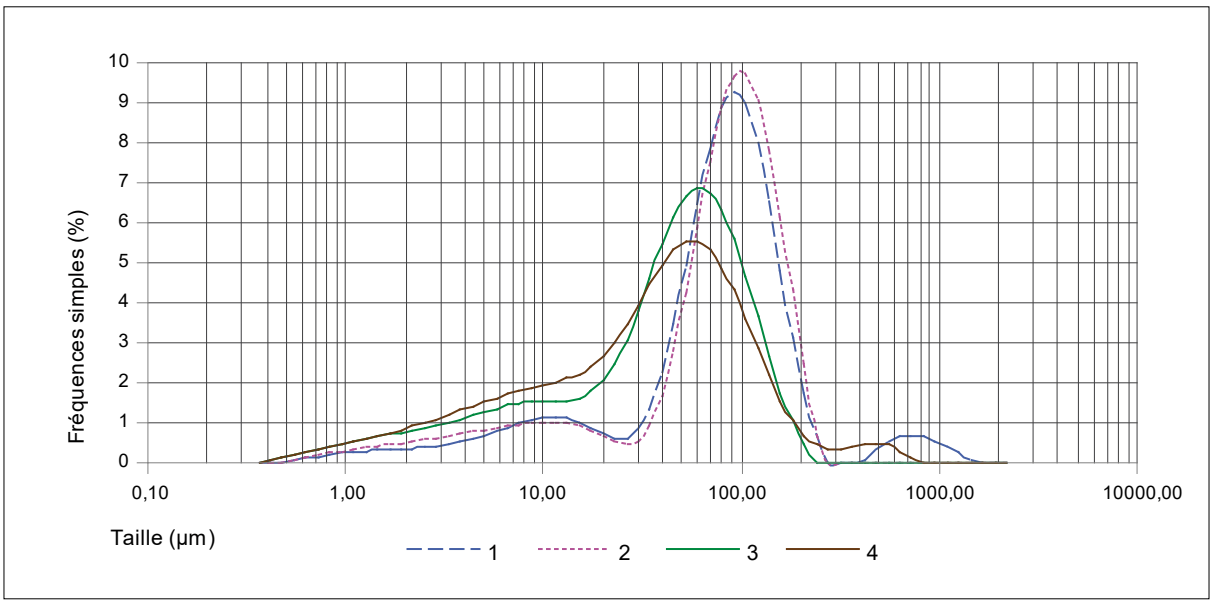

Fig. 8 : Courbes granulométriques de quelques lithofaciès de Lyon.
1/ US 3 (échantillon 20), 2/ US 4 (échantillon 80), 3/ US 16 (échantillon 140), 4/ US 12a (échantillon 240, paléosol).
Fig. 8: Granulometric curves of some lithofacies from Lyon.
1/ US 3 (sample 20), 2/ US 4 (sample 80), 3/ US 16 (sample 140), 4/ US 12a (sample 240, palaeosol).

calcaire. Leur granulométrie est peu grossière (médiane de 15 mm) et relativement homométrique ; seul un silex de 75 mm d'axe b pour un poids de 460 g sort nettement du lot. L'émoussé des grains est moyen ; les trois-quarts sont en effet sub-anguleux à sub-arrondis, le quart restant étant fortement émoussé. Les éléments sont globalement peu altérés avec seulement 20 % de grains cassés, aucun encroûtement calcaire et peu de dépôts d'oxydes de manganèse en surface. Les alluvions graveleuses sont constituées, selon les échantillons, de 60 à 80 % d'éléments autochtones provenant très probablement du bassin versant de l'Azergues. Certains éléments (chailles, silex) sont susceptibles d'avoir une origine locale mais autre que le bassin de l'Azergues. Les graviers de quartzites bien roulés sont quant à eux allochtones.

4.2.2 - Éléments grossiers épars des US 7 et 6

Pas moins de 16 lithologies ont été discriminées au sein de l'échantillon d'éléments grossiers épars collectés sur le site (fig. 9). En termes d'abondance relative, 5 à 6 lithologies forment à elles seules plus de 60 % de l'échantillon ; il s'agit par ordre décroissant des quartzites, des grès, des schistes, des calcaires bioclastiques, des granites et des calcaires sub-lithographiques.

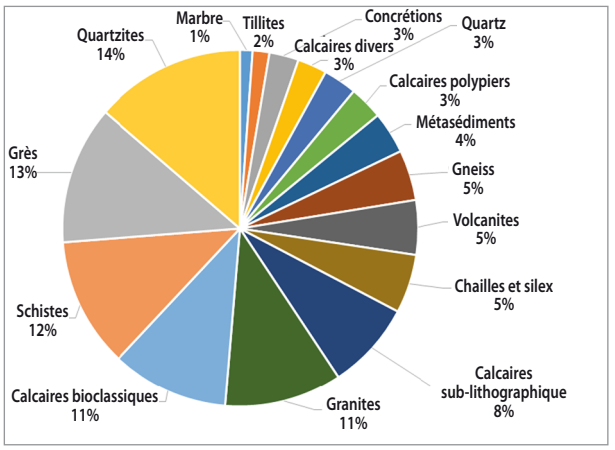

Fig. 9 : Diversité et abondance relative des lithologies.
Fig. 9: Diversity and proportions of lithologies.

L'examen visuel des profils sur le terrain a révélé une moindre proportion d'éléments grossiers dispersés au sein de l'US 6 que de l'US 7. Le marbre blanc et les tillites ne sont présents que dans l'US 6 et les schistes y sont majoritaires alors que les chailles et silex, les calcaires à polypiers, les quartz et les granites n'y sont pas représentés. Les grès, les granites et les calcaires bioclastiques sont quant à eux majoritaires dans l'US 7. D'autres lithologies sont par ailleurs présentes dans des proportions similaires dans toutes les unités stratigraphiques, mais parfois avec des variétés ou des faciès différents (cas des gneiss).

Les plus gros blocs mis au jour pèsent entre 50 et près de 250 kg et mesurent jusqu'à 85 cm (fig. 6, cl. 10). Les calcaires bioclastiques et les grès (50 %) et les calcaires sub-lithographiques et les schistes (25 %) y sont majoritaires. Toutes lithologies confondues, la taille médiane des échantillons (blocs exclus) est relativement calibrée entre 50 et 80 mm, et leur poids maximal ne dépasse pas 3 kg.

Considéré de façon globale, l'échantillon de roches collecté présente toute la palette d'émoussés, de nul à élevé, avec une distribution des échantillons dans des proportions relatives de 20 à 29 % pour chacune des 4 classes définies (émoussé nul, faible, moyen ou élevé), les extrêmes représentant les parts les plus faibles.

Une large majorité (61 %) des éléments collectés a une origine allochtone. La part des lithologies autochtones est quant à elle de 22 % et un doute subsiste sur la provenance de 15 % des éléments récoltés.

4.2.3 - Éléments grossiers épars des US 5 et 4

La fréquence et la taille (globalement inférieure à 7 cm) des éléments grossiers sont plus faibles dans les US 5 et 4 (où, rappelons-le, l'échantillonnage est biaisé car il se rapporte à une surface bien plus faible : celle du sondage en paliers de 2013). La provenance allochtone est attestée pour la grande majorité des éléments recueillis. Seuls 40 % des éléments grossiers ont une provenance locale possible en US 4c-d.

4.3 - CHRONOLOGIE

Les quartz ici étudiés ont montré de bonnes propriétés en luminescence. Les distributions de paléodose, essentiellement symétriques avec des valeurs de surdispersion en dessous de 20 %, suggèrent que les sources d'erreurs supplémentaires importantes, comme une exposition insuffisante à la lumière pendant la dernière phase de sédimentation (blanchiment incomplet) ou un mélange post-dépositionnel, ont dû jouer un rôle mineur. Les paléodoses calculées avec le *Central Age Model* (CAM) ont donc en théorie produit des âges OSL fiables (Galbraith *et al.*, 1999). Toutefois, une incompatibilité importante d'âge OSL est observée pour deux échantillons en comparant différentes tailles de grains (HUB-0439, HUB-0440), où les grains fins produisent des âges plus vieux que les grossiers (tab. 3). Ce comportement est souvent constaté pour des dépôts alluviaux récents (par exemple Truelsen *et al.*, 2003) et est interprété comme un indice de blanchiment incomplet. Dans ce cas, il est supposé que les grains grossiers sont mieux blanchis et donnent des âges plus fiables, tandis que les grains fins tendent à surestimer l'âge réel. Cela peut être le cas pour les échantillons HUB-0439 et HUB-0440 considérant la relativement forte surdispersion comparée à la tendance générale de l'ensemble de l'échantillon.

Quant aux âges radiocarbone sur os, un problème de rajeunissement post-dépositionnel général des dates se pose. Il a notamment été signalé par le dateur sur l'échantillon de faune de Lyon-Apollinaire où les valeurs du $\delta^{13}C$, légèrement inférieures au seuil de référence, indiqueraient la présence de composés carbonés exogènes (comme les acides humiques), dont la conséquence est un rajeunissement impossible à évaluer. Que ce soit à Lyon ou à Quincieux, les contextes de faible enfouissement des os datés par rapport à la surface actuelle (respectivement -1,40 et -0,60 m) rendent plausibles cette explication. Les

dates sur coquilles de mollusques terrestres, soit *Succinella oblonga*, soit *Trochulus hispidus*, présentent des résultats parfois très bien corrélés avec ceux de l'OSL (cas du sommet des horizons brunifiés II dans les deux sites, tab. 1 et 2). Pour les autres cas, les âges radiocarbone sur coquille s'avèrent être plus jeunes. Les biais relatifs à chaque méthode n'étant pas systématiques et restant mal contraints, les divergences entre les différentes méthodes utilisées n'ont pas encore permis d'obtenir une chronologie définitive de l'ensemble de la séquence. D'autres datations seront donc nécessaires.

4.4 - MALACOLOGIE

Dans les assemblages analysés, les effectifs, ou abondance, varient entre 5 et 904 individus à Quincieux et entre 360 et 3975 à Lyon, et le nombre d'espèces, ou richesse, entre 4 et 12 à Quincieux et entre 7 et 12 à Lyon, valeurs normales dans les lœss (tab. 4 et 5).

4.4.1 - La séquence de Quincieux-Les Forgettes

• Échantillon 715-725 (base de l'US 7b)

Cet échantillon est peu abondant. La distribution similaire et équitable des individus et des espèces dans les groupes écologiques (fig. 4) indique néanmoins une malacofaune en équilibre dans un environnement homogène. Comme souvent dans les lœss ouest-européens, les taxons dominants sont ici *Pupilla muscorum* (espèce de milieu ouvert modérément humide à sec), *Succinella oblonga* (espèce hygrophile), et *Trochulus hispidus* (espèce mésophile). Ce sont également les derniers à disparaître dans les régions ou pendant les périodes aux conditions climatiques les plus défavorables (Moine, 2014). Les limaces et *Vallonia costata* requièrent respectivement une certaine stabilité du milieu et un couvert végétal plus continu que les taxons précédents (Kerney, 1971), de même que *Clausilia rugosa parvula* préférant des conditions moyennement humides sur un sol riche en carbonates (Ložek, 1964).

Les quelques individus aquatiques présents vivent actuellement dans des environnements pour le moins distincts : eaux stagnantes ou à écoulement lent sur fond boueux pour *Valvata piscinalis*, et sur les pierres dans les sources, ruisseaux et rivières en mouvement pour *Ancylus fluviatilis*. Ces quelques individus peuvent avoir été apportés à la faveur d'une crue ou leurs coquilles transportées par le vent de nord-ouest dominant depuis une zone du lit majeur après leur dépôt par la Saône. Ils sont toutefois trop peu nombreux pour justifier seuls d'écoulements d'eau et de la mise en place *in situ* de dépôts sédimentaires d'origine fluviale mais n'excluent pas cette possibilité.

• Échantillon 555-565 (US 7c)

L'abondance totale, supérieure à 500 individus, est élevée. Le fort déséquilibre des spectres implique des conditions inéquitables pour les différentes espèces. *C. r. parvula* disparaît. Les effectifs de *Vallonia costata* restent très faibles alors que ceux de plusieurs espèces dominantes et de *Pupilla alpicola*, espèce marécageuse nouvellement apparue, s'accroissent fortement.

• Échantillon 535-540 (base de l'US 6a)

Bien que les spectres des individus et des espèces soient relativement équilibrés, la malacofaune, appauvrie par la disparition de *P. alpicola*, n'a livré qu'un seul individu pour les nouveaux taxons présents, à savoir *Pupilla* cf. *sterrii*, steppique, et *Vallonia pulchella* à caractère plus humide. Avec seulement 50 individus, l'abondance totale est faible.

• Échantillon 475-485 (US 6b)

Les spectres des individus et des espèces restent assez équilibrés malgré un doublement de la richesse. *V. costata*, *C. r parvula* et *P. alpicola* sont à nouveau présentes et *Vitrea crystallina*, espèce semi-forestière, *Columella columella* et *Vertigo genesii*, typiques des milieux froids et humides, font leur apparition, ainsi que les taxons aquatiques *Galba truncatula* et *Anisus spirorbis*. L'abondance totale, aux alentours d'une centaine d'individus, reste faible.

• Échantillon 355-365 (base de l'US 5b)

Cet échantillon situé à la base de l'horizon brunifié II se distingue du précédent par une forte augmentation de l'abondance (904 individus) comme au sommet du paléosol III. Les spectres des espèces et des individus sont différemment déséquilibrés. Le spectre des individus est largement dominé par les taxons de milieu ouvert *P. muscorum* et hygrophile *S. oblonga*, représentant chacun plus de 40 % de la malacofaune, et qui sont les principaux contributeurs de cet accroissement d'abondance. La malacofaune s'est aussi fortement appauvrie puisque seul *P. alpicola* est présent au côté des quatre taxons ubiquistes.

• Échantillon 265-275 (US 5c)

Malgré une forte baisse (361 individus), l'abondance totale reste élevée près du sommet de l'horizon brunifié II. Le taxon palustre *P. alpicola* disparaît, les effectifs du taxon hygrophile *S. oblonga* s'écroulent, et ceux de *T. hispidus* et des limaces sont en baisse.

• Échantillon 250-255 (base de l'US 4a)

Dans cet assemblage, seuls les quatre taxons ubiquistes sont présents en faible quantité. Toutefois, en raison de la présence de restes osseux et de lambeaux d'US 5 à la base de l'US 4a d'où provient cet échantillon, cette malacofaune pourrait avoir été au moins en partie remaniée de l'horizon brunifié II sous-jacent. L'analyse des échantillons sus-jacents devrait nous permettre de lever ce doute.

• Échantillon 215-225 (US 4b)

La malacofaune disparaît quasi-complètement, mais néanmoins, les cinq individus identifiés se répartissent dans les quatre taxons ubiquistes les plus résistants. En outre, il n'est pas exclu que cet assemblage très pauvre résulte d'une accumulation fortuite de coquilles issues d'une malacofaune parautochtone s'étant développée plus haut sur le versant ou reprise d'un dépôt antérieur. L'analyse des autres échantillons malacologiques permettra peut-être de lever les incertitudes persistant dans l'interprétation des malacofaunes de l'US 4.

• Échantillon 115-125 (base de l'US 3a)

Les spectres des espèces et des individus sont équilibrés mais d'une extrême pauvreté (9 individus

répartis dans 4 taxons). La nature lœssique de l'US 3a implique toutefois un dépôt *in situ* des coquilles. À moins d'un mètre de la surface, les coquilles translucides du taxon steppique fouisseur *Cecilioides acicula* ne laissent aucun doute quant à leur âge subactuel (Evans, 1972).

• Échantillon 85-95 (US 3b)

Dans cet échantillon quasiment aussi pauvre que le précédent, on note en effet l'apparition de *Xerocrassa geyeri* qui, absent dans les lœss voisins du sud-ouest du plateau dombiste (Mazenot, 1953) et de la rive droite de la Saône (Mazenot, 1954), n'a été identifié qu'au sud de Lyon à Saint-Fons (Locard, 1879) et dans plusieurs localités de la vallée du Rhône au sud de Vienne (Mazenot, 1956). Précédemment identifié dans une malacofaune du Tardiglaciaire de Lyon (Bertran *et al.*, 1998), il n'est pas exclu à ce stade de l'étude qu'il ait colonisé la région plus tôt. Plus proche de la surface et de la base du complexe de sols tardi-holocène (sol I), cet échantillon renferme plus de taxons et d'individus parasites tardi-holocènes et/ou modernes. L'abondance de *Cecilioides acicula* est presque trois fois plus élevée. La présence du taxon semi-forestier *V. crystallina* dans une malacofaune aussi pauvre est douteuse et en l'état considérée comme anachronique.

4.4.2 - La séquence de Lyon-Apollinaire

• Échantillon 580-600 (US 21)

Dans ce premier échantillon, l'abondance est relativement faible (360 individus) et la richesse peu élevée (7 espèces). La malacofaune est prédominée par *Trochulus hispidus* et complétée par *Pupilla muscorum*, *P. alpicola*, *Succinella oblonga* et *Clausilia rugosa parvula*. Quelques individus de l'espèce semi-forestière *Arianta arbustorum* et une limace complètent cet assemblage.

• Échantillon 380-400 (US 12c)

Très similaire au précédent en termes de composition, cet échantillon s'en distingue surtout par une abondance très élevée (2533 individus). La proportion de *T. hispidus* baisse au bénéfice de celles de *S. oblonga*, *P. muscorum* et de *Columella columella*, espèce de milieu froid et humide, qui apparaît.

• Échantillon 260-280 (US 12b)

Á richesse égale, l'abondance est encore plus élevée que dans l'échantillon précédant (3971 individus). Les changements dans les proportions spécifiques sont inverses à ceux précédemment décrits mais d'amplitude moindre.

• Échantillon 140-160 (US 16)

Bien qu'en nette diminution, l'abondance reste élevée (1463 individus). Hormis, l'apparition anecdotique de *Vallonia costata*, la composition reste la même. Les changements les plus remarquables affectent les proportions des taxons. Celle de *T. hispidus*, taxon prédominant, retrouve son niveau de l'échantillon basal. Les principales différences avec ce dernier sont les proportions plus élevées de *S. oblonga* et plus faibles de *A. arbustorum* (semi-forestier), *P. alpicola* (marécageux), *P. muscorum* et *C. r. parvula* (mésophile semi-forestier).

• Échantillon 20-40 (US 3)

Ce dernier assemblage est caractérisé par les changements de composition les plus importants. *S. oblonga* y est prédominante, secondée par *P. muscorum* et les limaces. Les populations de *T. hispidus* et *P. alpicola* sont devenues mineures quant aux autres elles sont anecdotiques. On note l'apparition en proportions très faibles de deux taxons steppiques, *Pupilla sterrii* et *Helicella itala*. L'abondance est à nouveau maximale (3975 individus).

4.5 - FAUNE MAMMALIENNE DE QUINCIEUX-LES FORGETTES

Les vestiges de grande faune proviennent de quatre unités stratigraphiques : le paléosol III et l'horizon brunifié II (US 7 et 5), les limons sableux situés entre ces deux paléosols (US 6) et les premiers centimètres des limons de l'US 4 au-dessus de l'horizon brunifié II. Au moins cinq espèces ont été identifiées au sein de cette séquence : le bison des steppes (*Bison priscus*), le rhinocéros laineux (*Coelodonta antiquitatis*), le cheval « germain » (*Equus* cf. *germanicus*), le cheval « gaulois » (*Equus* cf. *gallicus*) et le renne (*Rangifer tarandus*). Quelques pièces indiquant un animal de la taille d'un grand herbivore provenant du paléosol III et de l'horizon brunifié II peuvent être attribuées au cheval. Ce sont les chevaux qui dominent cette faune avec pour les deux formes 37 restes sur les 52 dénombrés sur l'ensemble des sondages de 2013 à Quincieux (tab. 6). Le bison vient ensuite avec 9 restes. Le rhinocéros et le renne ne sont représentés que par un seul élément chacun. Les horizons III et II ont livré le plus de matériel, 15 pour le paléosol III et 22 pour l'horizon brunifié II.

4.5.1 - Le paléosol III

Le niveau le plus ancien de Quincieux ayant livré des vestiges de grands mammifères est le paléosol III. Quinze

	Paléosol III	loess III/II	paléosol II	surface loess	hors strati	Total
Bison priscus	1	6	2			9
Coelodonta antiquitatis	1					1
Equus cf. *germanicus*	12	1				13
Equus cf. *gallicus*			16	2	6	24
Rangifer tarandus			1			1
Grand herbivore	1		3			4
Total	15	7	22	2	6	52

Tab. 6 : Dénombrement des espèces identifiées lors des sondages 2013 à Quincieux (nombre de restes).
Tab. 6: Counting of the taxa identified from the 2013 survey at Quincieux (Number of Identified Specimen).

pièces indiquent la présence dominante d'un cheval de taille moyenne, d'un grand bovidé ainsi que d'un rhinocéros. Une mandibule sub-complète d'un cheval témoigne d'un animal typiquement caballin, de taille moyenne (fig. 10B). Les données métriques obtenues à partir d'un radius et d'un métacarpien III montrent que cette forme de cheval est très proche de l'*Equus germanicus* du milieu du Pléistocène supérieur, plus gracile que le cheval du début de cette période, mais plus massif que l'*Equus gallicus* de la dernière partie du Pléistocène supérieur et *a fortiori* de l'*Equus arcelini* qui est le dernier cheval pléistocène (tab. 7 et 8). Le rhinocéros n'est représenté que par un coxal, mais la morphologie de celui-ci permet de l'attribuer au rhinocéros laineux. Le grand bovidé n'a été identifié qu'à partir d'une côte, ne permettant pas une diagnose générique.

4.5.2 - Les limons sableux entre le paléosol III et l'horizon brunifié II

Cette unité stratigraphique a livré six éléments anatomiques en connexion correspondant à une partie de patte avant d'un grand bovidé (fig. 11). Les caractéristiques morphologiques des os, en particulier du radio-ulna, indiquent qu'il s'agit d'un bison des steppes. L'extrême robustesse de ces os plaiderait par ailleurs nettement en faveur d'un gros mâle. Le radio-ulna présente des stigmates de rognage et de fracturation de l'os par un gros carnivore, très probablement l'hyène (cf. détails de la figure 9). Un cheval est représenté par une seule pièce, une extrémité distale d'humérus indiquant une forme voisine en taille de celle du cheval du paléosol III.

Fig. 10 : Exemples de restes fauniques trouvés durant le diagnostic archéologique de Quincieux 2013.
A/ métacarpien III-IV gauche (F184-15, horizon brunifié II) d'une femelle de bison des steppes (*Bison priscus*), vue dorsale, B/ mandibule (F198-19 et F199-22, paléosol III) d'un jeune cheval de 3 ans (*Equus* cf. *germanicus*), vue occlusale, C/ série dentaire inférieure droite (F189-4, horizon brunifié II) d'un cheval (*Equus* cf. *gallicus*), vue occlusale en haut, vue vestibulaire en bas (clichés et planche Noémie Sévêque).
Fig. 10: Example of faunal remains found during Quincieux 2013 archaeological test pits. A/ left metacarpal III-IV (F184-15, brownish horizon II) of female steppe bison (Bison priscus), dorsal view, B/ mandible ((F198-19 et F199-22, palaeosol III) of a 3 years old horse (Equus cf. germanicus), occlusal view, C/ right lower chickteeth (F189-4, brownish horizon II) of horse (Equus cf. gallicus), occlusal view top, vestibular view bottom (photos and CAD Noémie Sévêque).

Radius cheval	DT a d	DDP a d	DT d
Quincieux (F212-1, paléosol 3)	69,1	39,6	81,1
Equus remagensis Zemst IIB (1)	73,4 (68,2-77,1)	49,8 (40,9-57)	85,4 (75,1-91,2)
Equus germanicus Pair-non-Pair (2)	67,2 (64-71)	39,3 (36-42,5)	77,8 (72-84)
Equus cf. *gallicus* Jaurens (3)	66,4 (62,5-72)	38,7 (36-43)	78,6 (73,5-85)
Equus arcelini Solutré (4)	64,4 (60-70,5)	37,5 (33-42)	75,4 (70-82)

Tab. 7 : Comparaison des mesures du radius du cheval du paléosol III de Quincieux avec celles de chevaux du Pléistocène supérieur.
DT a d/ diamètre transverse articulaire distal, DDP a d/ diamètre dorso-palmaire articulaire distal, DT d/ diamètre transverse distal. Les mesures sont en millimètres, avec la moyenne suivie des extrêmes entre parenthèses [(1) : Germonpré (1993) ; (2) : Prat (1968) ; (3) : Mourer-Chauviré (1980) ; (4) : Guadelli (1991)].
Tab. 7: Comparison of measurements of the radius of the horse from the Quincieux palaeosol III with data for Upper Pleistocene horses. DT a d/ distal articular width, DDP a d/ dorso-palmar distal width, DT d/ distal width. Measures are in millimetres, with mean and extreme dimensions [(1): Germonpré (1993); (2): Prat (1968) ; (3): Mourer-Chauviré (1980), (4): Guadelli (1991)].

Métatarsien III cheval	L	DT m	IR	DT p	DDP a p
Quincieux (F178-a, F1143)	267	30,1	11,27		
Quincieux (F197-24, paléosol 3)		38,1		52,7	39,7
Equus remagensis Zemst IIB (1)	284,3 (268-301)	38,7 (32,9-43,5)	13,6	56,8 (45,1-56,8)	48,7 (42,3-56)
Equus germanicus Pair-non-Pair (2)	268,3 (260-276,5)	36,5 (32-40)	13,7 (12,3-14,8)	53,5 (50-58)	
Equus cf. *gallicus* Jaurens (3)	269,7 (251-284)	35,2 (32,7-39)	13,1 (11,6-14,1)	54,1 (47,7-61)	
Equus arcelini Solutré (4)	261,4 (245-275)	33,6 (30,4-37,5)	12,9 (11,7-14,3)	50,5 (45,7-55,3)	45,5 (42-50)

Tab. 8 : Comparaison des mesures des métatarsiens III des chevaux du paléosol III et hors site de Quincieux avec celles de chevaux du Pléistocène supérieur.
L/ longueur maximum, DT m/ diamètre transverse médian de la diaphyse, IR/ indice de robustesse (DT m / L), DT p/ diamètre transverse proximal, DDP a p/ diamètre dorso-plantaire articulaire proximal. Les mesures sont en millimètres, avec la moyenne suivie des extrêmes entre parenthèses [(1) : Germonpré (1993) ; (2) : Prat (1968) ; (3) : Mourer-Chauviré (1980) ; (4) : Guadelli (1991)].
Tab. 8: Comparison of measurements of the metatarsal of the horses from the Quincieux palaeosol III and off-site with data for Upper Pleistocene horses. L/ length, DT m/ mid-diaphysis width, IR/ robustness index (DT m / L), DT p/ proximal width, DDP a p/ proximal articular dorso-plantar width. Measures are in millimetres, with mean and extreme dimensions [(1): Germonpré (1993); (2): Prat (1968); (3): Mourer-Chauviré (1980); (4): Guadelli (1991)].

Scapula cheval	DCC d	DCC a d	DT a d
Quincieux (F218-1, paléosol 2)	89,4	55,6	45,2
Equus remagensis Zemst IIB (1)	102,2 (88,1-111)	63,6 (59-66,1)	53,7 (50,3-58,7)
Equus germanicus Pair-non-Pair (2)	93,3 (88,5-101)	59,5 (57,5-62)	48,5 (46-50)
Equus cf. *gallicus* Jaurens (3)	94,2 (89-99)	59,6 (54-63)	48,7 (44-52)
Equus arcelini Solutré (4)	88,1 (79,6-93,5)	56,1 (53-61,5)	46,8 (41,5-52)

Tab. 9 : Comparaison des mesures de la scapula du cheval de l'horizon brunifié II de Quincieux avec celles de chevaux du Pléistocène supérieur.
DCC d/ diamètre crânio-caudal distal, DCC a d/ diamètre crânio-caudal articulaire distal, DT a d/ diamètre transverse articulaire distal. Les mesures sont en millimètres, avec la moyenne suivie des extrêmes entre parenthèses [(1) : Germonpré (1993) ; (2) : Prat (1968) ; (3) : Mourer-Chauviré (1980) ; (4) : Guadelli (1991)].
Tab. 9: Comparison of measurements of the scapula of the horse from the Quincieux brownish horizon II with data for Upper Pleistocene horses. DCC d/ distal cranio-caudal width, DCC a d/ distal articular cranio-caudal width, DT a d/ distal articular transverse width. Measures are in millimetres, with mean and extreme dimensions [(1): Germonpré (1993); (2): Prat (1968); (3): Mourer-Chauviré (1980); (4): Guadelli (1991)].

4.5.3 - L'horizon brunifié II

Niveau le plus riche de Quincieux, l'horizon brunifié II a livré les vestiges de trois espèces. Le cheval est le plus représenté, avec une forme plus petite que celle du paléosol III et du lœss sous-jacent (US 6). Une série dentaire inférieure confirme d'une part qu'il s'agit bien d'un cheval de type caballin et non sténonien (excluant ainsi le petit *Equus hydruntinus*), et montre d'autre part une différence morphologique et morphométrique nette entre les deux formes caballines de Quincieux (fig. 10C). Les dimensions d'une scapula placent ce cheval entre l'*E. gallicus* et l'*E. arcelini* (tab. 9).

Le grand bovidé a pu être clairement déterminé comme étant le bison des steppes, grâce à un métacarpien III-IV complet dont les caractéristiques morphologiques sont très diagnostiques (fig. 10A). La gracilité de cet os indiquerait qu'il s'agit d'une femelle (il ne s'agit donc pas d'un remontage possible avec la patte du lœss sous-jacent).

La seule présence avérée du renne à Quincieux est un fragment de métatarsien III-IV provenant de ce niveau.

4.5.4 - Les premiers centimètres des limons au-dessus de l'horizon brunifié II

Un coxal et un métatarsien de cheval ont été découverts dans ce niveau. Ils indiquent un animal de petite taille, comparable à la forme de l'horizon brunifié II.

Six autres éléments anatomiques en connexion d'une même patte arrière de cheval à la localisation imprécise témoignent également de la présence de ce petit cheval. Les dimensions d'un métatarsien III (F178) le placent proche de l'*E. gallicus* et de l'*E. arcelini* (tab. 8).

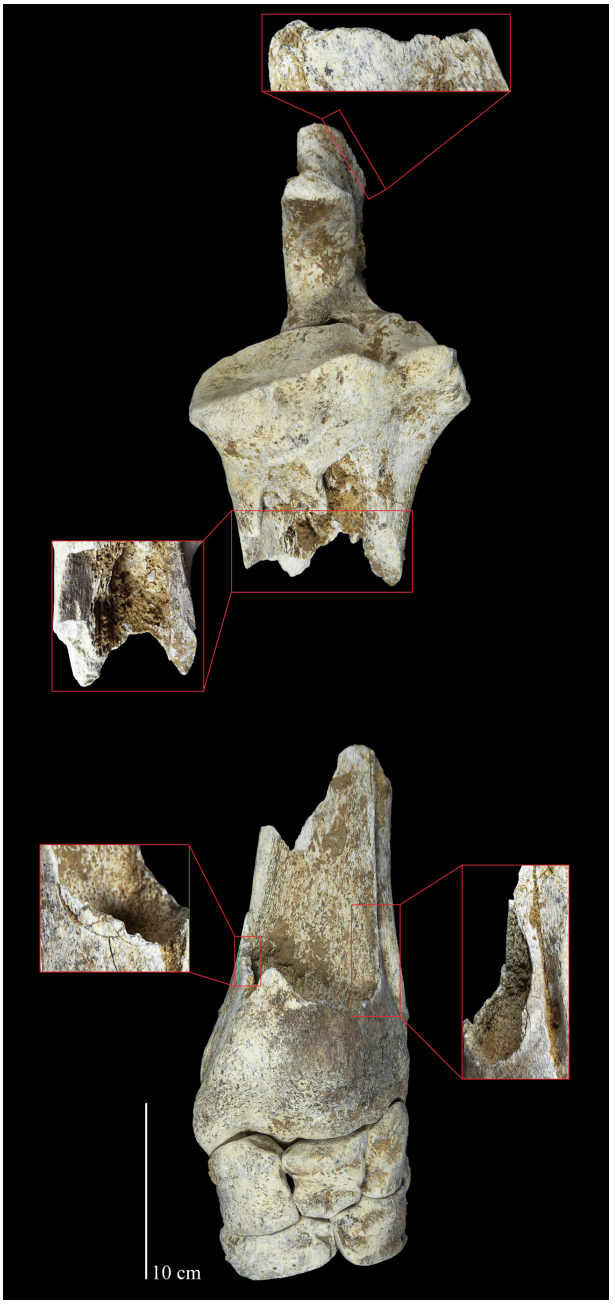

Fig. 11 : Éléments d'une patte antérieure gauche d'un bison des steppes mâle (*Bison priscus*) provenant des sables limoneux entre le paléosol III et l'horizon brunifié II en vue dorsale trouvés durant le diagnostic archéologique de Quincieux 2013.
L'ensemble comprend le radio-ulna (F203-16a), le scaphoïde (F203-16b), le semi-lunaire (F203-16c), le pyramidal (F203-16d), le capitato-trapézoïde (F203-16e) et le crochu (F203-16f). Les zooms témoignent des actions des dents d'un grand carnivore (clichés et planche Noémie Sévêque).
Fig. 11: Left front limb elements of a male steppe bison (Bison priscus) from the silt between palaeosol III and *brownish horizon II in dorsal view found during Quincieux 2013 archaeological test pits. The ensemble includes the radio-ulna (F203-16a), the scaphoïd (F203-16b), the semi-lunar (F203-16c), the pyramidal (F203-16d), the capitato-trapézoïd (F203-16e) and the unciform (F203-16f). The close up views show the tooth marks of a large carnivore (photos and CAD Noémie Sévêque).*

4.6 - INDUSTRIE LITHIQUE

4.6.1 - L'industrie lithique moustérienne de Quincieux-Les Forgettes 2014

L'industrie lithique moustérienne mise au jour dans le paléosol III compte 23 pièces (12 éclats en silex, 6 éclats en calcaire dur et 5 nucléus en silex) dispersées sur 1,16 ha et plus de 2 m d'épaisseur (fig. 12). Elles sont associées en stratigraphie à trois horizons dessinés par les restes osseux (étude en cours). L'état de conservation des pièces en silex est relativement mauvais. Les surfaces sont patinées ou oxydées et les tranchants des éclats sont fréquemment ébréchés. Paradoxalement, les bords des éléments en calcaire sont nettement plus frais. Pour autant qu'on puisse en juger, l'approvisionnement en matières premières privilégie les roches locales et notamment les silex bathoniens du Beaujolais qui se présentent sous forme de blocs et de galets.

4.6.2 - Le locus paléolithique supérieur de Quincieux-Les Forgettes 2012

Lors du diagnostic de 2012, une petite occupation d'environ 12 m^2 a été mise au jour au sommet de l'horizon brunifié II. Positionnée dans le talus ouest du plateau limoneux, l'occupation n'est enfouie que sous 0,60 m de sédiments sableux, brun-jaune foncé. Les vestiges se présentent sous la forme d'un épandage lâche, mais bien circonscrit, de galets et de blocs de taille décimétrique auxquels sont associés des restes de faune et une dizaine de pièces taillées en silex et quartzite (fig. 13A-B). Les restes squelettiques animaux déterminés (Lalaï *in* Vermeulen *et al*., 2012) concernent le cheval et le bison ou l'auroch. L'état des surfaces osseuses est peu favorable à l'observation de traces d'activités humaines, et

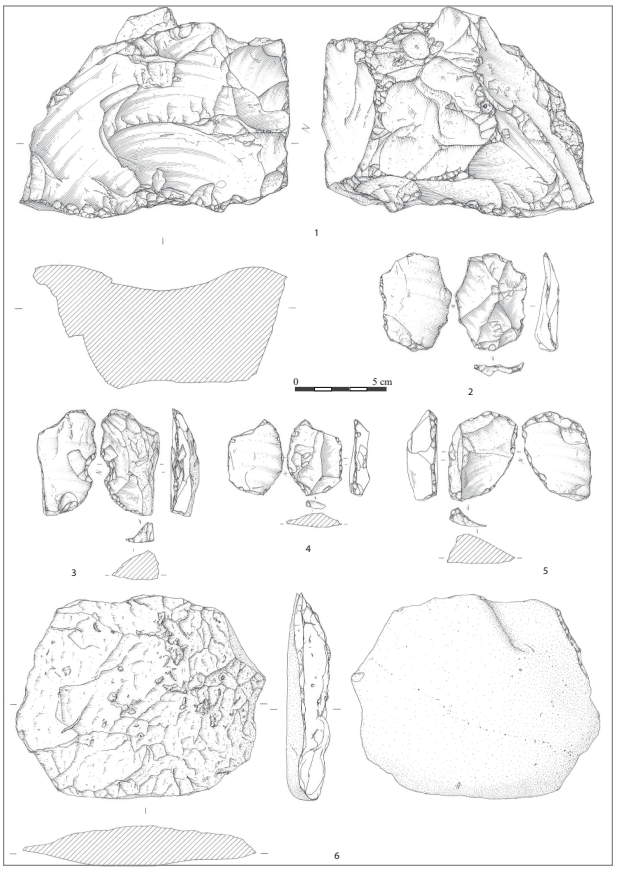

Fig. 12 : Artefacts lithiques trouvés lors de la fouille du paléosol III de Quincieux-Les Forgettes (dessins : P. Alix).
Fig. 12: Lithic artifacts found in the palaeosol III excavation of Quincieux-Les Forgettes (drawings: P. Alix).

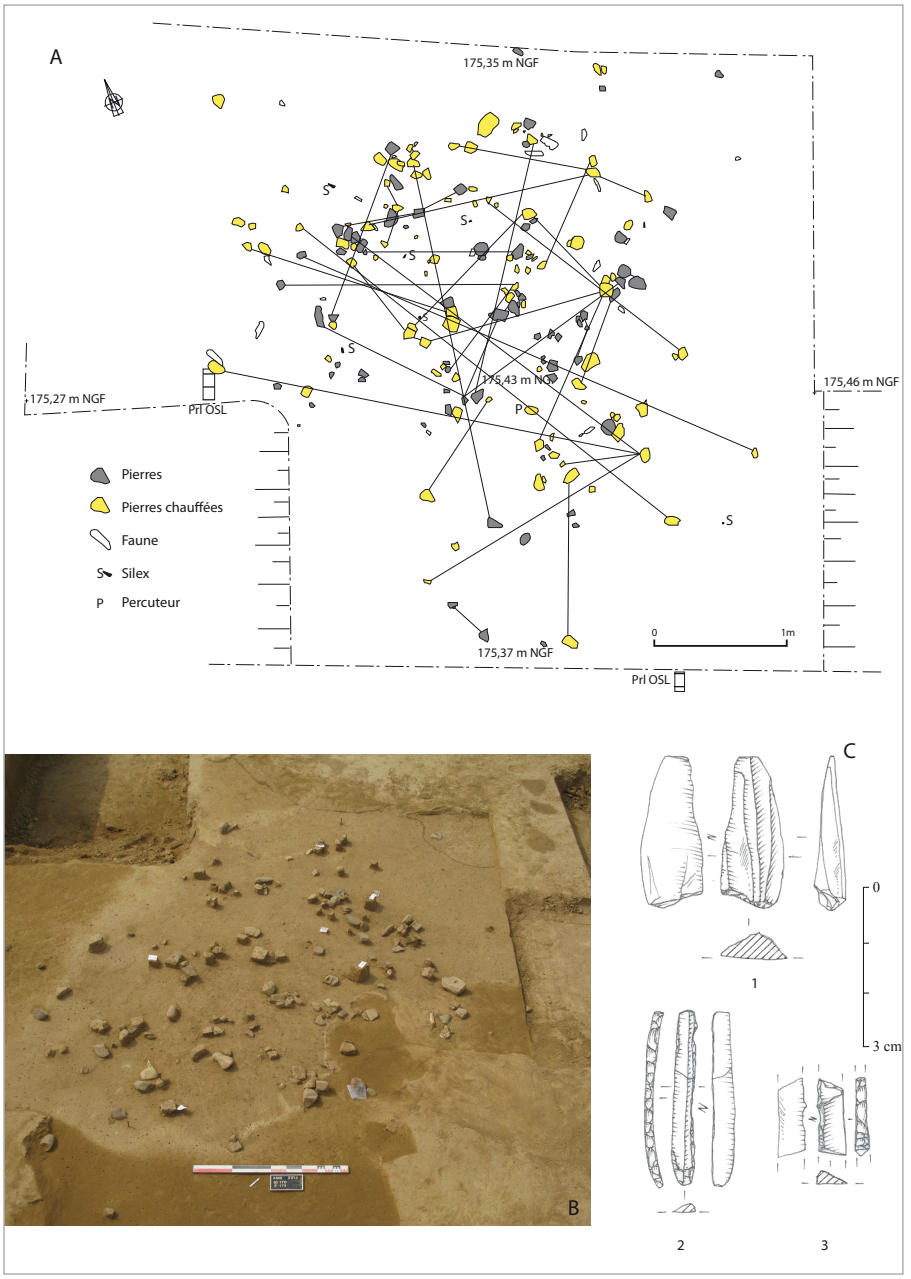

Fig. 13 : Artefacts lithiques trouvés dans l'horizon brunifié II lors du diagnostic archéologique de Quincieux-Les Forgettes (dessins : P. Alix).
Fig. 13: Lithic artifacts found in the brownish horizon II during the diagnostic excavation of Quincieux-Les Forgettes (drawings: P. Alix).

seul peut-être un fragment de diaphyse d'os long indéterminé pourrait témoigner d'une action de sectionnement. En ce qui concerne les très petits restes osseux brûlés présents (colorations blanc, bleu, noir) qui demeurent indéterminés, il n'est pas possible de préciser si leur état résulte d'un mode de cuisson par rôtissage ou de rejets de déchets dans des foyers.

L'industrie lithique se compose uniquement de neuf pièces en silex dont l'origine est indéterminée, en raison d'une importante patine blanche. Ce lot se compose de cinq esquilles, d'un petit éclat mince, d'un fragment de lame courte et de deux fragments de lamelles à bord abattu. Un éclat en quartzite, ainsi qu'un percuteur aménagé à l'extrémité d'un galet et un bloc de grès portant quelques enlèvements complètent ce lot. Cet ensemble, numériquement faible, documente les dernières phases de la chaîne opératoire, à savoir la phase de consommation et l'entretien de l'outillage. En effet, les esquilles et l'éclat mince semblent correspondre à des enlèvements de retouche illustrant une phase d'entretien de l'outillage. Les éléments les plus diagnostiques sont représentés par le fragment de lame courte et les deux fragments de lamelles à bord abattu. La lame porte cinq négatifs d'enlèvements unipolaires parallèles qui proviennent de l'exploitation d'une table étroite et très cintrée (fig. 13.1). Les lamelles à dos portent une retouche profonde directe, régularisée par un égrisage (fig. 13.2-3).

5 – INTERPRÉTATIONS ET DISCUSSION

En raison de la proximité de la plaine alluviale de la Saône d'une part et de celle du glacier d'autre part

(fig. 1 et 2) les deux modes de dépôt alluvial et éolien ont coexisté et il n'est pas toujours aisé d'en faire la part, notamment à Quincieux, malgré l'approche multi-indicateur appliquée. La malacofaune, exclusivement terrestre (sauf le premier échantillon), interdit d'envisager un milieu aquatique permanent de type fluvio-lacustre. Des dépôts de crues en plaine d'inondation sont en revanche possibles à condition que les crues aient été de courte durée pour que la malacofaune aquatique ne puisse s'y développer. Par ailleurs, les blocs rocheux dispersés de la base de la séquence jusque dans l'US 4 impliquent un transport particulier (*infra*), mais au minimum par des crues. Enfin, l'existence du site archéologique inédit de Quincieux-Grange Rouge à seulement 3 km en aval de Quincieux-Les Forgettes sur la même formation Fy en éperon à l'est (fig. 2) permet de confronter des données stratigraphiques très différentes. En effet, le site de Grange Rouge présente au plus 2 m de sédiments sablo-limoneux culminant à 172 m d'altitude et piégés dans les creux résiduels de paléochenaux d'une terrasse caillouteuse. Une grande partie de la séquence limono-sableuse étudiée à Quincieux-Les Forgettes y est donc absente. L'altimétrie de la terrasse de Quincieux-Grange Rouge, supérieure de 3 m à celle de Quincieux-Les Forgettes, paraît difficilement seule responsable de cette absence. Il est probable que la différence observée entre les deux séquences soit liée à la dynamique éolienne et à la forte variabilité spatiale de l'accumulation lœssique, plus favorable à Quincieux-Les Forgettes.

5.1 - PLANCHER ALLUVIAL

Environ 3 km à l'est du site de Quincieux-les Forgettes, celui de Quincieux-Grange Rouge repose sur une basse terrasse caillouteuse culminant à 170 m d'altitude et datée par OSL de 53,3 ± 4,2 ka (HUB 0594) (Ramponi *et al*., 2017). Le plancher alluvial du site de Quincieux-Les Forgettes, situé 3 m plus bas, serait donc d'âge contemporain ou légèrement plus récent, mais antérieur à l'âge de 46,9 ± 4,1 ka (HUB-0624) obtenu à 168,70 m, soit 1,50 m au-dessus du plancher alluvial (tab. 2 et 3). La Saône, rejointe en amont de ces deux sites par son affluent l'Azergues, s'écoulait donc sur le site de Quincieux-les Forgettes durant le stade isotopique marin (SIM) 3, ou Würm moyen, entre environ 57 500 et 43 000 ans compte tenu des marges d'erreur sur les dates OSL.

Le cailloutis basal constitutif du plancher alluvial et baignant actuellement dans la nappe phréatique de la Saône (US 8) relève en effet d'un mode de transport exclusivement fluviatile par charriage en fond de chenal actif et dépôt en vrac, sous forme de bancs, dans le lit mineur d'un cours d'eau à forte énergie, à style vraisemblablement en tresses ou à chenaux multiples divaguant. La topographie peu contrastée relevée lors de la fouille de 2014 est en accord avec ce résultat. Enfin un gradient nord-ouest/sud-est dans la composition pétrographique de ce cailloutis polygénique révèle l'influence plus ou moins grande de l'Azergues en fonction de la proximité de son embouchure dans la Saône.

5.2 - PALÉOSOL III OU NIVEAU 'QUINCIEUX-III'

Avec la mise en place de l'US 7, l'influence de l'Azergues dans l'origine des matériaux grossiers déposés s'estompe, révélant ainsi, lors de la période d'édification de la terrasse sablo-limoneuse, un éloignement de l'embouchure de l'Azergues dans la Saône, un piégeage des matériaux en amont, ou encore un tarissement des apports solides de cette rivière. La présence de quelques lits de sables et d'une petite composante aquatique dans la malacofaune conduit à interpréter les limons de la base de la séquence analysée (US 7a-b) comme des alluvions de plaine d'inondation, malgré la présence de blocs dispersés dans l'épaisseur.

Certains éléments grossiers sont en effet de taille et de masse imposantes et présentent un faible émoussé. Isolés dans la masse des dépôts fins de l'ensemble de l'US 7 ou englobés au sein de poches ou de passées graveleuses de puissance décimétrique et de 40 à 60 cm d'étendue, ils impliquent des écoulements périodiques et/ou localisés de grande compétence. Or, dans ce contexte de plaine alluviale, seul un transport par radeau de glace riche en matériel détritique est susceptible de générer des dépôts combinant des éléments très grossiers et fins (Branney & Gilbert, 1995 ; Russell *et al*., 2006). L'aspect pétrographique des éléments grossiers récoltés au sein de l'US 7 renforce cette conclusion. Les chloritoschistes sériciteux, les gneiss et les marbres blancs sont en effet des roches caractéristiques du métamorphisme des Alpes occidentales internes (dites penniques). Les calcaires (calcaires gris à entroques et sub-lithographiques, calcaires à polypiers…) et les grès proviendraient quant à eux des Préalpes et/ou du Jura. Au regard de leur origine lointaine, l'aspect étonnement frais de ces fragments de roche ainsi que les stries observées sur l'un des échantillons suggèrent l'hypothèse d'un transport par un glacier.

Le mélange de roches allochtones avec des tillites et de nombreux galets de quartzite caractéristiques des dépôts morainiques et/ou des nappes fluvio-glaciaires suggèrent une reprise de till gelé (pergélisol) érodé par les écoulements (Krainer & Porscher, 1990) et transportés par des radeaux de glace. Une fois échoués sur des plages ou bancs d'alluvions, ou précipités au fond de la masse d'eau, après la fonte progressive des blocs de glace qui les emprisonnaient, ces blocs ont été fossilisés par le dépôt de sédiments fins de décantation. Ces indices évoquent un environnement périglaciaire marqué par l'alternance d'épisodes d'embâcle et de débâcle et des écoulements fluvio-glaciaires.

Les alluvions sont relayées par des lœss qui, d'après les valeurs de l'indice granulométrique (IGR), semblent constituer la majorité des apports de l'US 7c. La cohabitation de plusieurs types d'argilanes concentrées en US 7a-b indique que le paléosol III est polyphasé et cumulique, formé de plusieurs horizons Bw présentant des signes d'altération par brunification. Néanmoins ces argilanes sont peu nombreux et peu épais car l'enrichissement en argiles et limons fins concerne surtout le fond matriciel (US 7a-b-c) et s'explique par des illuviations en masse liées au processus de gel/dégel après décarbona-

tation (Van Vliet-Lanoë, 1987). La malacofaune (fig. 4) reflète des conditions climatiques stadiaires modérément humides et un couvert végétal steppique peu développé, mais relativement continu et stable, à la base de l'US 7b. Elles sont plus clémentes durant le développement du sol au sommet de l'US 7c où une mosaïque environnementale dominée par des zones marécageuses mais à couvert végétal de steppe-toundra peu développé et peu diversifié se met en place. Néanmoins, l'analyse d'un échantillon dans l'US 7b reste nécessaire pour préciser les conditions environnementales associées en regard de celles des US 7a et 7c. La grande faune mammalienne principalement dans l'US 7b s'intègre bien dans ce climat et ce paysage en témoignant d'un contexte steppique et d'un climat continental.

D'un point de vue chronologique, l'âge de 46,9 ± 4,1 ka (HUB-0624) obtenu sur quartz grossiers dans les dépôts sableux de l'US 8b est cohérent avec celui du plancher alluvial de Quincieux-Grange Rouge et ne semble pas devoir être discuté (tab. 1). Les âges de 36,6 ± 2,6 ka et de 37,7 ± 2,9 ka respectivement obtenus sur quartz fins et grossiers de l'échantillon HUB-0442 prélevé au sommet de l'US 7b sont cohérents entre eux (tab. 1 et fig. 4). Ce n'est pas le cas pour l'échantillon HUB-0440 prélevé au milieu de l'US 7c où l'âge de 42,4 ± 3,0 ka sur quartz fins est significativement plus vieux que celui de 30,1 ± 2,4 ka sur quartz grossiers (tab. 1 et fig. 4). Par ailleurs, un âge radiocarbone de 25 984-26 624 ans cal. BP a été obtenu sur fragments de coquilles de *Trochulus hispidus* pour le même niveau. Dans une étude récente (Újvári *et al*., 2016), divers taxons malacologiques échantillonnés le long d'un profil lœssique ont fait l'objet de datations radiocarbone dont les âges ont été comparés à ceux obtenus sur charbons de bois. Malgré quelques âges aberrants plus jeunes de quelques milliers d'années, le matériel coquillier de *Trochulus hispidus* a été considéré comme un support fiable pour la datation radiocarbone au même titre que celui des autres espèces testées, incluant aussi *Succinella oblonga* datée dans notre étude. La proximité de l'âge radiocarbone obtenu dans l'US 7c avec l'âge OSL sur quartz grossier nous conduit donc à rejeter l'âge plus ancien obtenu sur quartz fins jugés par ailleurs mal blanchis sur la base des caractéristiques de leur luminescence (cf. chap. 4.3). L'âge de l'US 7c serait donc significativement plus jeune que celui de l'US 7b.

Les US 7a et 7b du paléosol III, déposées entre environ 51 et 35 ka en tenant compte des incertitudes, sont donc contemporaines du SIM 3 et de plusieurs interstades comme le suggère les pédogénèses multiples ayant conduit à leur formation. Cet ensemble équivaudrait en outre à tout ou partie du complexe de cambisols (sols bruns boréo-arctiques) de Saint-Acheul/Villiers-Adam dans le nord de la France (Antoine *et al*., 2016). Malgré un aspect similaire, l'US 7c, datée entre environ 33 et 26 ka, serait, étant donné le caractère interstadiaire des malacofaunes associées, à rapprocher de l'intervalle temporel des interstades GI 4-GI 3 datés entre 29 et 27,5 ka (Rasmussen *et al*., 2014). En dépit des incertitudes concernant la chronologie, l'hypothèse retenue est que le niveau Quincieux-III-7c équivaudrait à l'Horizon Cryoturbé du Santerre décrit dans le nord de la France, unité formée de deux gleysols géliques (gleys de toundra) superposés au sein des lœss du Pléniglaciaire supérieur (Antoine, 1991 ; Antoine *et al*., 2016). Un hiatus sédimentaire, non remarqué sur le terrain car mal exprimé, pourrait donc séparer les US 7b et 7c. Par ailleurs, il est commun dans les séquences du nord de la France qu'un hiatus sédimentaire favorisé par un faible taux de sédimentation combiné à des phénomènes érosifs résultant de processus cryogéniques et hydrologiques mette en contact le sommet du sol de Saint-Acheul/Villiers-Adam daté vers 35-34 ka et le lœss sous-jacent à l'Horizon Cryoturbé du Santerre dont le dépôt a débuté vers 32 ka (Antoine *et al*., 2016). Caractérisée par un taux de sédimentation plus élevé, cette unité de lœss qui débute la séquence pléniglaciaire supérieure est aussi plus souvent préservée que les unités précédentes déposées sur le complexe de sols pléniglaciaire moyen dans les séquences du nord de la France (Antoine, 1991). Signalons toutefois le site d'Amiens-Renancourt 2 dans lequel ont été préservés de rares dépôts lœssiques légèrement brunifiés de cette époque en contexte de versant (Paris *et al.*, 2013a). Une dynamique similaire du taux de sédimentation caractérise le début de la séquence pléniglaciaire supérieure à Nussloch (vallée du Rhin, Allemagne) qui ne présente toutefois aucun hiatus important ni aucun horizon brunifié (Moine *et al*., 2017). Il n'est donc pas exclu que la dynamique de dépôts avec hiatus observée dans le nord de la France et dans la vallée du Rhin s'applique également à Quincieux.

Pour le paléosol III ainsi que le premier décimètre des sables-limoneux sus-jacents, la présence du bison des steppes, du rhinocéros laineux et d'un cheval attribué à l'*Equus germanicus* du milieu du Pléistocène moyen témoigne d'une période correspondant à une phase froide du Würm (moyen) avec un paysage dominé par la steppe. La présence de cette association faunique au sein du paléosol III où une industrie moustérienne a également été découverte est très cohérente et se rencontre régulièrement dans le nord de la France comme à Hénin-sur-Cojeul (Auguste, 2009) et dans les niveaux Hav.2-N1 et Hav.1-N3 d'Havrincourt (Antoine *et al*., 2014).

Mis à part un nucléus et un éclat Levallois qui sortent du lot (fig. 12.1 et 2), la petite série lithique de Quincieux livre des éléments techniquement peu investis. Les nucléus s'apparentent d'ailleurs davantage à des blocs testés qu'à de véritables nucléus. Ils ne présentent que quelques négatifs d'enlèvements débités sans organisation particulière. L'objectif de cette production majoritairement expédiente, qu'il s'agisse du silex ou du calcaire, est clairement l'obtention rapide d'éclats dont les tranchants sont probablement utilisés bruts pour des activités de boucherie, malgré l'absence de traces de découpe évidentes sur les os (fig. 12.3-6). L'impact de l'homme sur le site reste donc modeste.

La grande faune mammalienne et la série lithique de l'US 7b apparaissent donc corrélées avec le SIM 3 et s'accordent parfaitement avec les datations OSL obtenues.

5.3 - SABLES LIMONEUX

Les conditions environnementales changent brutalement avec l'arrivée des sables fins limoneux, micro-lités de l'US 6, dont la mise en place débute par l'érosion de l'horizon Quincieux-III attestée par la présence de marmites d'érosion fluviatile remplies par des pluriséquences de crues. Les précipitations ferro-manganiques des US 6 et 7c-b, particulièrement nombreuses sous les marmites signalent l'importance de l'humidité due à la reprise des débordements. Des blocs issus de roches provenant en majorité des massifs alpins internes comme dans l'unité précédente, suggèrent un transport par radeau de glace sur des surfaces au moins temporairement en eau. L'influence de l'Azergues dans l'origine des matériaux grossiers déposés a définitivement disparue. La géométrie, la granulométrie et la pétrographie des dépôts évoquent des alluvions de la Saône, à quoi s'ajoute une mise en place par processus éolien (compatibilité des valeurs de l'IGR avec celles du lœss) ou nivéo-éolien. En effet, la reprise d'agrégats limoneux, notamment issus de l'US 7, évoque de la gélifluxion suivant la pente très faiblement inclinée vers le nord. Dans le même temps, le départ de fentes de gel fines (largeur : 2-10 cm) et profondes (hauteur : 4,50 m) à partir de l'US 6b ainsi que la microstructure lamellaire des US 6a-b, la chute des effectifs en mollusques et l'absence de granules de vers de terre (Prud'homme *et al*., 2015) témoignent d'un froid intense. Ce dernier conduit en outre à des assèchements sévères dont témoignent les fentes de cryodessiccation mais aussi les concrétions calcaréo-gréseuses présentes dans l'intégralité de l'US 6 ainsi que dans les fentes où elles sont tombées après leur cryo-expulsion en surface par le phénomène de gel-dégel. Ces fentes de type coin sableux primaire (éolien) impliquent un gel saisonnier intense, mais pas nécessairement l'existence d'un pergélisol au début du Pléniglaciaire würmien supérieur comme dans le nord de la France à la même époque (Antoine *et al*., 2014 ; Andrieux et al., 2016). Si la malacofaune appauvrie et amoindrie de l'US 6a reflète toujours un assèchement important du milieu et une dégradation du couvert végétal steppique en accord avec la mise en place de conditions stadiaires, celle plus diversifiée de l'US 6b reflète quant à elle la mise en place d'une toundra marécageuse à couvert végétal plus dense où persistent néanmoins des *loci* plus secs, le tout parcouru de rares écoulements ou jalonné de petites pièces d'eaux temporaires, toujours en conditions stadiaires. Dans l'US 6c, la disparition de la microstructure lamellaire et la présence de nombreuses galeries d'animaux fouisseurs indiquent que le froid sec et intense s'atténue. Les âges OSL obtenus à la base de l'US 6a (tab. 1 et fig. 4), partiellement vieillis et présentant une inversion non significative avec ceux de l'US 7c, peuvent s'expliquer par la présence de grains mal blanchis issus des agrégats limoneux remaniés de l'US 7. Sur la base des âges du paléosol III et de l'horizon brunifié II, un parallélisme peut être envisagé entre les limons sableux de l'US 6 et les lœss lités épais qui se déposent dans tout le nord-ouest de l'Europe entre environ 27 et 23 ka durant le SIM 2 (Antoine *et al.*, 2016).

5.4 – HORIZON BRUNIFIÉ II OU NIVEAU "QUINCIEUX-II"

L'analyse des éléments grossiers révèle une fréquence et une capacité de transport amoindries des épisodes d'embâcle, de débâcle et d'écoulements fluvio-glaciaires dans l'US 5. L'origine pétrographique alpine est encore attestée dans le premier mètre de l'US 5 (sous-unités 5a et 5b) mais devient une provenance allochtone sans plus de précision pour l'US 5c.

D'après les valeurs de l'IGR, autour de 1,3, et la forme des courbes granulométriques, un processus de dépôt éolien ou fluvio-éolien (mixte) a précédé voire a été contemporain de la pédogenèse. Celle-ci est cependant peu évoluée par rapport à celle du paléosol III. À part le taux de carbone organique total relativement élevé (0,24 %), les autres indices qualifient plutôt une pédogenèse unique, de type brunisol peu intense : un horizon S (structural) selon la classification de Baize et Girard (2009). Les malacofaunes des US 5b et 5c reflètent des conditions interstadiaires et des températures similaires à celle de l'US 7c qui termine le paléosol III (fig. 4). La mosaïque environnementale, dominée par une steppe-toundra très peu diversifiée, voire discontinue, alternant avec des *loci* marécageux, semble quant à elle moins humide et à couvert végétal plus ouvert, notamment pendant le dépôt de l'US 5c caractérisé par la disparition des *loci* marécageux, un net assèchement du milieu et une dégradation du couvert végétal steppique. La faune mammalienne indique un refroidissement du climat par rapport au paléosol III de par la présence du renne, et se caractérise en outre par l'arrivée d'un nouveau cheval probablement plus adapté à des conditions plus rudes que son prédécesseur. La végétation qui se développe est néanmoins suffisante pour permettre à la vie animale de s'épanouir et à de légères transformations édaphiques de se produire. Les conditions favorables au développement d'un paléosol ne sont peut-être pas tant dues au climat qu'au contexte géomorphologique. En effet, une incision des cours d'eau, révélée par la topographie plongeante des couches, notamment l'US 5, au nord en rebord de terrasse actuelle (fig. 3) et à l'ouest, semble avoir perché les dépôts en terrasse les déconnectant ainsi de la nappe phréatique, et probablement favorisé le drainage des eaux de surface.

La partie supérieure de cette unité (US 5c) a fait l'objet de quatre datations OSL et d'une datation radiocarbone sur coquilles de *Succinella oblonga* (tab. 1 et fig. 4). Toutes sont cohérentes et indiquent une mise en place des sédiments entre environ 24 et 18 ka en tenant compte des incertitudes. Même peu évoluée, cette pédogenèse est surprenante dans le contexte du SIM 2 réputé très froid notamment par les enregistrements multi-indicateurs du lac des Échets (Wohlfarth *et al*., 2008) situé à 14 km à l'est (fig. 2). Néanmoins les reconstitutions de température indiquent l'occurrence d'un interstade mineur daté vers 21,5 ka (Ampel *et al*., 2010) que les auteurs, d'après leur modèle d'âge, corrèlent avec l'interstade GI 2 daté vers 23,5-23 ka (Rasmussen *et al*., 2014). Le seul équivalent actuellement envisageable pour l'horizon brunifié

Quincieux-II est l'Horizon à Langues de Nagelbeek, de type gley de toundra, d'extension plus septentrionale, bien développé en Belgique et dans le nord de la France, alors qu'il peut être plus ténu à l'est en Allemagne (Antoine *et al*., 2009) et en Pologne (Van Vliet-Lanoë, 1992).

Le remplacement d'*E. germanicus* par *E. gallicus* et la présence du renne traduisent le caractère glaciaire du climat et du paysage. Cette association faunique est identifiée en France septentrionale à Havrincourt dans le niveau Hav.2-N2 (Antoine *et al*., 2014), mais également à Renancourt 2-Amiens 2 et 1 (Paris *et al*., 2013b). Les chevaux des niveaux « gravettiens » Hav.2-N2 d'Havrincourt et de Renancourt 2 sont attribués à une forme archaïque *d'E. gallicus*, voisine du cheval identifié à Jaurens vers 33-28 000 BP (Mourer-Chauviré, 1980 ; Valli et Guérin, 2000). À Renancourt 1 vers 23-22 000 BP (Paris *et al.,* 2013b), le cheval pourrait correspondre soit à la forme type soit à une forme évoluée d'*E. gallicus*. Dans les niveaux magdaléniens de Solutré, *E. gallicus* a disparu pour laisser la place à *E. arcelini* (Guadelli, 1991). Le cheval présent à Quincieux à partir de l'horizon brunifié II se situe donc entre la forme identifiée à Jaurens, Havrincourt Hav.2-N2 et Renancourt 2 et le cheval postérieur au Dernier Maximum Glaciaire *E. arcelini*. Ce cheval s'avère plus proche d'*E. gallicus* que de son successeur et tendrait donc à placer cet horizon brunifié avant le maximum de froid. En cohérence avec les âges OSL, l'association faunique de cet horizon brunifié correspondrait donc bien à un interstade du SIM 2 antérieur au Dernier Maximum Glaciaire (*sensu* 21-18 ka). Le cheval de l'horizon brunifié II étant identifié comme une forme évoluée de l'*E. gallicus*, il serait donc très proche de la forme présente à Renancourt 1 juste avant cet épisode de froid vers 23,5 ka (GI 2).

Les caractéristiques de la petite série lithique découverte non loin en 2012, ainsi qu'une datation sur os donnant un âge de 14 870 ± 60 BP, soit 17 896-18 277 ans cal BP (Lyon-9567 (GrA)), situent l'occupation durant le Magdalénien moyen. Mais cette date au radiocarbone est probablement rajeunie (*supra*). La date OSL localisée 0,1 m au-dessus du *locus* n'est pas tout à fait en cohérence avec cette chronologie puisqu'elle situe le dépôt autour de 22,58 ± 1,7 ka, mais est plus compatible avec les observations dans le sondage profond et avec les caractéristiques technotypologiques de cette petite série lithique à placer dans le Gravettien plutôt que dans le Magdalénien. Un examen de l'organisation interne de la concentration montre une absence de structuration. L'hétérogénéité des blocs et galets de grès, quartzite et calcaire témoignent d'une absence de sélection particulière liée à l'approvisionnement. La présence de nombreux thermofracts permet d'envisager sans risques l'utilisation du feu au sein du site. La répartition des éléments ayant subi l'action du feu sur toute la zone ne permet pas d'identifier un quelconque foyer. Les remontages de blocs brûlés attestent de déplacements multidirectionnels sur toute la concentration (fig. 13A). La dispersion des blocs qui ont subi l'action du feu, pourrait résulter du démantèlement volontaire d'une structure de combustion, ce qui implique une durée d'occupation plus longue que ce que la quantité de vestiges laisse envisager.

5.5 - LIMONS

Les caractéristiques de l'US 4 suggèrent une remontée du plancher alluvial et la mise en place de dépôts alluviaux, d'abord par décantation (pic d'argile et de limons fins dans l'US 4a), puis par des courants de crue (microlitages obliques dans les US 4b et 4d, meilleur classement des courbes granulométriques, valeurs élevées de l'IGR) à composante lœssique dans l'US 4c (valeur compatible de l'IGR). L'analyse des éléments grossiers révèle encore la présence d'épisodes d'embâcle, de débâcle ou d'écoulements fluvio-glaciaires (dont la fréquence est cependant difficile à comparer avec celle des US 6 et 7 échantillonnées sur une plus grande surface). Une provenance allochtone sans plus de précision est attestée pour une grande majorité des éléments. Les éléments de provenance locale peuvent aussi indiquer une reprise par des processus de versant. Les phases d'assèchement attestées par la présence de concrétions calcaréo-gréseuses dans les US 4a, 4b et 4c contribuent à indiquer des dépôts par débordements intermittents. Tout cela se produit en contexte climatique rigoureux (structure lamellaire en lames minces) associé à des conditions stadiaires extrêmes et à un couvert végétal steppique discontinu permettant tout juste le maintien de la malacofaune.

L'unique date OSL réalisée à la base de l'US 4b, qui a livré un âge équivalent à celui obtenu dans l'US 8b à la base de la séquence (tab. 1 et fig. 4), a été rejetée. L'âge précis de cette formation reste donc à déterminer, mais, par comparaison avec les séquences de Lyon-Apollinaire et de Quincieux-Grange Rouge, elle semble se mettre en place à la transition Pléniglaciaire - Dryas ancien. À Lyon-Apollinaire les dépôts sablo-limoneux ayant la même position stratigraphique (voir chap. 5.7) ont été datés par OSL de 19,4 ± 1,6 ka et par radiocarbone de 17694-18040 ans cal. BP, ce qui les situent à la fin du Pléniglaciaire würmien supérieur, voire dans le Dryas ancien. À Quincieux-Grange Rouge, des alluvions litées, formées de limons argileux carbonatés et de sables moyen roux, déposés sur la terrasse caillouteuse du Würm moyen, ont été datées par OSL sur quartz de 17,9 ± 1,6 ka (HUB-0595) et par radiocarbone de 17600-17157 (Ly-16725) sur un os d'auroch, ce qui indique le début du Dryas ancien (Ramponi *et al*., 2017). Les âges obtenus dans les deux sites de Quincieux-Grange Rouge et Lyon-Apollinaire confirment l'abondance des écoulements envisagée pour cette période dans le secteur de Lyon-Vaise, où une nappe alluviale sableuse d'environ 10 m d'épaisseur et culminant à 175 m d'altitude s'est mise en place entre 21-20 et 18 ka (Franc *et al*., 2016). Sa cote et sa chronologie sont tout à fait compatibles avec les dépôts d'inondation de Quincieux-Les Forgettes et Grange Rouge. Dans ce dernier site, leur mise en place nécessite une remontée du plancher alluvial qui n'avait jamais été suffisante (ou ses dépôts non conservés) en 35 000 ans pour submerger la terrasse du Würm moyen. Une telle fluctuation du niveau de la Saône n'est pas surprenante outre mesure, le barrage de sa confluence ayant donné lieu à la mise en place de dépôts fluvio-lacustres à plusieurs reprises au cours du Quaternaire.

L'US 4 est relayée par une sédimentation éolienne limoneuse, massive, jaunâtre et poreuse dans l'US 3, alors que la Saône s'est de nouveau incisée. Les petites concrétions carbonatées (poupées et tubules) y sont d'origine pédogénétique, en lien avec le luvisol holocène (US 2) sus-jacent. La structuration lamellaire localement préservée et la malacofaune indiquent des conditions climatiques stadiaires très rudes, un couvert végétal steppique particulièrement médiocre à peine continu et un milieu un peu plus sec pendant le dépôt de l'US 3b que de l'US 3a. Par comparaison avec d'autres séquences régionales du même type, ces lœss se déposent à la fin du Pléniglaciaire würmien supérieur ou au cours du Dryas ancien (Bertran *et al*. 1998 ; Franc, 2005 ; Franc *et al*., 2016).

5.6 - SOL I OU NIVEAU 'QUINCIEUX-I'

Le sol I, de type luvisol et bien connu par ailleurs (Bertran *et al*. 1998 ; Franc, 2005), coiffe la séquence sur 0,70 m d'épaisseur incluant l'horizon de labour, et culmine à 176,45 m d'altitude. Son sommet (horizon A_1) est rarement conservé, ou alors incorporé à l'horizon de labour (US 1), si bien qu'il ne reste plus que l'horizon BT orangé (US 2b), précédé par un autre horizon brun (US 2a) dit BTβ sous BT (Baize & Girard, 2009). Ce profil se développe aussi sur la pente au nord du site sur un substrat colluvial et sur les formations recoupées par les érosions antérieures (fig. 3).

5.7 - INTERPRÉTATIONS TAPHONOMIQUES

Les accumulations de grands mammifères présentes à Quincieux montrent plusieurs caractéristiques permettant de proposer un scénario taphonomique. Les rares taxons présents, essentiellement du cheval, sont représentés par quelques éléments dentaires et osseux, parfois en connexion anatomique. Très peu d'individus ont été dénombrés, incluant une palette en âge assez large compte tenu du faible échantillon. Même si l'état de surface ne le permet pas, aucun stigmate n'indique une intervention anthropique. Au contraire, plusieurs paramètres démontrent l'action d'au moins un carnivore de grosse taille, probablement l'hyène : os longs non fracturés ; quand c'est le cas, présence de marques de rognage et d'une fracturation liée à l'écrasement par les dents (fig. 11) ; os très éparpillés, et quand une connexion existe, il s'agit d'os peu mobiles comme les éléments des pattes ; conservation anatomique caractéristique des sites à hyène. Il semble donc que ces accumulations fauniques puissent être interprétées comme les résultantes de charognage par l'hyène, après une mort naturelle *a priori*. L'homme semble totalement absent dans ce scénario. Néanmoins, sa présence est certaine dans le paléosol inférieur et l'horizon brunifié médian mais l'histoire commune des deux assemblages, fauniques et lithiques, demeure trop imprécise pour permettre d'estimer la part anthropique sur la faune. Le matériel bien plus riche de 2014 conforte cette interprétation.

5.8 - COMPARAISON AVEC LA SÉQUENCE DE LYON-APOLLINAIRE

Le paléosol de Lyon-Apollinaire, développé sur plus de 6 m d'épaisseur et très hydromorphe dans les 3 m inférieurs, est de mise en place complexe, sous la dépendance de dépôts lœssiques, d'apports de ruissellement répétés – comme en témoignent les petites couches ou lentilles sableuses et graveleuses dans les US 21 à 18 – qui exhaussent le sol, et de plusieurs épisodes de pédogenèse sous des conditions climatiques variées. En effet, la malacofaune indique que le début de la séquence est marqué par un environnement frais et modérément humide avec une végétation herbacée clairsemée et localement buissonnante qui se densifie et une humidité qui augmente entre l'US 21 et l'US 12c tandis que le climat devient interstadiaire et l'environnement légèrement moins humide au sommet de l'US 12b. Des signatures d'hydromorphie post-dépositionnelle (décolorations, glosses et précipitations ferro-manganiques) sont présentes des US 21 à 12c et dans l'US 4. Elles indiquent d'importantes variations d'humidité dans la partie inférieure du paléosol sans doute en lien avec une nappe perchée encore actuellement influente sur ce versant. Dans la partie supérieure du paléosol, elles seraient liées d'une part à la rétention saisonnière par le gel du sol, que la structure lamellaire très compacte pourrait traduire, et d'autre part à la mise en place par ruissellement de la séquence sableuse claire supérieure. L'absence totale d'éléments grossiers épars dans la séquence de Lyon-Apollinaire indique que le phénomène glaciel n'a pas eu lieu sur ce versant, qui se trouve par ailleurs 17 m au-dessus de la plaine alluviale actuelle.

L'âge OSL de 34,8 ± 3,1 ka obtenu à la base de l'US 21 et celui de 21,0 ± 1,7 ka obtenu au sommet de l'US 12a, combiné à un âge radiocarbone sur coquilles de *Trochulus hispidus* de 19779-20295 ans cal. BP (tab. 2 et fig. 5), soulignent la durée de formation de ce sol brun cumulique entre environ 38 et 19 ka en tenant compte des incertitudes. Cet intervalle correspond à celui allant du milieu du paléosol III (US 7b) au sommet de l'horizon brunifié II de Quincieux, ce qui renforce le caractère complexe et intermittent de la mise en place des dépôts constituant ce paléosol à Lyon-Apollinaire. L'âge radiocarbone sur coquilles de *Trochulus hispidus* de 18 687-18 989 ans cal. BP obtenu au sommet de l'US 12c (tab. 2 et fig. 5) est plus jeune et présente donc probablement une inversion par rapport à celui de l'US 12a. De tels rajeunissements sont attribués à une pollution le plus souvent infime du matériel daté par du radiocarbone moderne (Újvári *et al*., 2016). Un rapprochement de l'US 12c avec l'US 6 de Quincieux n'est donc pas à exclure.

L'absence de pédogénèse dans les US 17 à 14 et 4 à 3, mises en place par ruissellement des lœss, témoigne de conditions plus froides. Les couches déposées, bien que ne dépassant pas la granulométrie des sables fins, révèlent une dynamique plus importante capable de raviner le paléosol comme en témoignent la limite contournée de l'US 12a, la présence de lambeaux de l'US 12 dans l'US 17 et la présence de poches de l'US 17 dans l'US 12 (fig. 5). L'accumulation est répétitive mais n'est peut-être pas continue

étant donnée la présence de grosses concrétions carbonatées dans l'US 17, qui témoignent de concentrations des carbonates par évaporation. Les analyses granulométriques réalisées montrent un IGR proche de 1, compatible avec une origine éolienne du matériel. L'ambiance climatique retracée ponctuellement par la malacofaune indique une végétation herbacée pauvre dans un contexte frais et humide en US 16 et une ambiance plus clémente et plus humide à végétation herbacée clairsemée avec, épars, des *loci* à caractère steppique, et d'autres à caractère palustre, en US 3. La mise en place de l'ensemble US 17-16 s'est réalisée entre 21 et 17 700 ans en tenant compte des incertitudes des âges OSL (19,4 ± 1,6 ka) et radiocarbone sur os (17 694-18 040 ans cal. BP) disponibles (tab. 2 et fig. 5). La fin du Pléniglaciaire-début du Dryas ancien est donc marquée par une recrudescence des processus de versant faisant écho à des écoulements abondants dans la plaine alluviale de la Saône (cf. 5.5).

Sus-jacents à l'US 3, des lœss plus massifs, jaunes, et contenant de petites concrétions carbonatées ou « poupées du lœss », sont présents sur le site en amont et pourraient être équivalents à ceux terminant la séquence de Quincieux au Pléniglaciaire würmien supérieur-Dryas ancien (US 3) et présent ailleurs à Lyon-Vaise (Bertran *et al*., 1998).

6 - CONCLUSION

Étudiés depuis plus d'un siècle tant d'un point vue sédimentaire que malacologique, mais jamais datés, les dépôts lœssiques de la région lyonnaise livrent au travers de deux séquences des résultats inédits sur leur dynamique de dépôts avec d'ores et déjà des réponses communes notables et particulières dans des contextes somme toute relativement différents.

Hors de la plaine d'inondation de la Saône, car perchée sur le versant, la séquence de Lyon-Apollinaire aide à l'interprétation de la séquence de Quincieux-Les Forgettes. Étant donné la contemporanéité des deux séquences, la contribution de la Saône dans la mise en place des dépôts de Lyon-Apollinaire est impossible pour des raisons évidentes d'altimétrie, sauf à faire intervenir de la néotectonique, mais pour laquelle il n'y a actuellement pas d'arguments. Seuls des dépôts éoliens et du ruissellement sur versant reprenant du matériel lœssique interviennent donc à Lyon-Apollinaire. *A contrario*, une action directe de la Saône dans la mise en place des sédiments de Quincieux, avec notamment des dépôts issus de la fonte de blocs de glace flottants, est envisagée, ajoutée au processus éolien.

Dans le nord de la France et en Europe de l'ouest, les horizons lœssiques brunâtres sont principalement des pédogénèses caractérisées par des horizons Bw quasi-exclusivement limitées au Pléniglaciaire würmien moyen (55-35 ka) (Antoine *et al*., 2016). À Quincieux et à Lyon, force est de constater que si cette chronologie est respectée pour la base et le milieu du paléosol inférieur (Quincieux-III), un autre horizon brunifié (Quincieux-II), dont l'origine reste à éclaircir, s'est inscrit dans les sédiments au cœur du Pléniglaciaire würmien supérieur, pendant le dernier maximum glaciaire.

La grande faune mammalienne provenant du paléosol III et de l'horizon brunifié II de Quincieux se compose d'espèces très caractéristiques d'un point de vue climatique et environnemental. Il s'agit en effet dans les deux cas de formes adaptées aux espaces steppiques en condition froide et climat continental, excluant des espèces pouvant témoigner de conditions plus clémentes et de zones à présence de couvert végétal arboré. La faune mise au jour lors des fouilles en 2014 pour le paléosol III s'avère identique à celle provenant des opérations menées en 2013, mais sa richesse en espèces comme en nombre d'individus permettra d'aller plus loin dans les diagnoses spécifiques, tout en confirmant les déterminations des associations et leurs attributions chronostratigraphiques.

De même, l'analyse future de la totalité des échantillons malacologiques et d'autres analyses sédimentologiques permettra une reconstitution à plus haute résolution de l'évolution paléoenvironnementale de ces sites et notamment celui de Quincieux présentant une puissance exceptionnelle. Elle facilitera les corrélations avec d'autres enregistrements climatiques et paléoenvironnementaux régionaux à globaux dans le but de distinguer les changements relevant d'une influence locale de ceux relevant d'une influence régionale ou globale.

REMERCIEMENTS

Il nous est agréable de remercier les différents archéologues responsables des diagnostics de Quincieux et de Lyon-Apollinaire (Christine Vermeulen), de la fouille des Forgettes 2013 (Frédérique Blaizot et Sylvain Motte), du creusement du sondage profond (Philippe Alix), du diagnostic complémentaire (Émilie Goval) et de la fouille des Forgettes 2014 (Jean-François Pasty). Nous tenons à exprimer notre gratitude à Robert Royet, agent du SRA Rhône-Alpes, pour avoir compris le potentiel de cette séquence et prescrit la réalisation du sondage profond de 2013, ainsi qu'à Luc Françoise dit Miret, agent du SRA Rhône-Alpes en charge de la métropole de Lyon, pour avoir autorisé la réalisation du sondage profond de Lyon. Nos remerciements s'adressent aussi aux deux relecteurs, Pascal Bertran et Pierre Antoine, pour leurs critiques très constructives.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AMPEL L., BIGLER C., WOHLFARTH B., RISBERG J., LOTTER A.F. & VERES D., 2010 - Modest summer temperature variability during DO cycles in western Europe. *Quaternary Science Reviews*, **29** (11-12), 1322-1327.

ANDERSON R., 2005 - An annotated list of the non-marine Mollusca of Britain and Ireland. *Journal of Conchology*, **38**, 607-637.

ANDRIEUX E., BERTRAN P. & SAITO K., 2016 - Spatial analysis of the French Pleistocene permafrost by a GIS database. *Permafrost and Periglacial Processes*, **27** (1), 17-30.

ANTOINE P., 1991 - Nouvelles données sur la stratigraphie du Pléistocène supérieur de la France septentrionale, d'après les sondages

effectués sur le tracé du TGV Nord. *Publications du Centre d'Études et de Recherches Préhistoriques*, **3**, 9-20.

ANTOINE P., ROUSSEAU D.-D., ZÖLLER L., LANG A., MUNAUT, A.V., HATTÉ C. & FONTUGNE M., 2001 - High resolution record of the last Interglacial-glacial cycle in the Nussloch loess-palaeosol sequences, Upper Rhine Area Germany. *Quaternary International*, **76-77**, 211-229.

ANTOINE P., ROUSSEAU D.-D., MOINE O., KUNESCH S., HATTÉ C., LANG A., TISSOUX H. & ZÖLLER L., 2009 - Rapid and cyclic aeolian deposition during the Last Glacial in European loess: a high-resolution record from Nussloch, Germany. *Quaternary Science Reviews*, **28** (25-26), 2955-2973.

ANTOINE P., ROUSSEAU D.-D., DEGEAI J.-P., MOINE O., LAGROIX F., KREUTZER S., FUCHS M., HATTÉ C., GAUTHIER C., SVOBODA J. & LISÀ L., 2013 - High-resolution record of the environmental response to climatic variations during the Last Interglacial-Glacial cycle in Central Europe: the loess-palaeosol sequence of Dolní Věstonice (Czech Republic). *Quaternary Science Reviews*, **67**, 17-38.

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 lœssiques pléistocène supérieur d'Havrincourt (Pas-de-Calais, France) : stratigraphie, paléoenvironnements, 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-palaeosol records from Northern France in the European context: Environmental background and dating of the Middle Palaeolithic. *Quaternary International*, **411** (A), 4-24.

ASTRADE L., 2005 - *La Saône en crue. Dynamique d'un hydrosystème anthropisé*. Presses Universitaires de Lyon, Lyon, 268 p.

AUGUSTE P., 2009 - Évolution des peuplements mammaliens en Europe du Nord-Ouest durant le Pléistocène moyen et supérieur. Le cas de la France septentrionale. *Quaternaire*, **20** (4), 527-550.

BAIZE D. & GIRARD M.-C., 2009 - *Référentiel pédologique 2008*. Quae, Versailles, 405 p.

BANK R.A., FALKNER G. & VON PROSCHWITZ T., 2001 - CLECOM-PROJECT. A revised checklist of the non-marine Mollusca of Britain and Ireland. *Heldia,* **5**, 41-72.

BERTRAN P., FABRE L., FRANC O., LIMONDIN-LOZOUET N. & THIÉBAULT S., 1998 - Evolution d'un versant au cours de l'Holocène à Vaise (France). *Géographie Physique et Quaternaire*, **52** (1), 69-90.

BERTRAN P., BATEMAN M.D., HERNANDEZ M., MERCIER N., MILLET D. & TASTET J.-P., 2011 - Inland aeolian deposits of south-west France: facies, stratigraphy and chronology. *Journal of Quaternary Science*, **26** (4), 374-388.

BERTRAN P., LIARD M., SITZIA L. & TISSOUX H., 2016 - A map of Pleistocene aeolian deposits in Western Europe, with special emphasis on France. *Journal of Quaternary Science*, **31** (8), 844-856.

BLAIZOT F., MOTTE S., avec la collaboration de BELLAVIA V., BONNET C., CÉCILLON C., FRANC O., GUÉRIT M., HENON P., HERNANDEZ J., HORRY A. & LALAÏ D., 2015 - *Quincieux (Rhône) Forgettes, A466 – Liaison A6/A46*. Rapport final d'opération, INRAP, Bron, 1529 p.

BOIXADERA J., POCH R.M., LOWICK S.E. & BALASCH J.C., 2015 - Loess and soils in the eastern Ebro Basin. *Quaternary International*, **376**, 114-133.

BOURDIER F., 1961-1962 - *Le bassin du Rhône au Quaternaire : géologie et préhistoire*. Éditions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 364 & 285 p.

BRANNEY M.J. & GILBERT J.S., 1995 - Ice-melt collapse pits and associated features in the 1991 lahar deposits of Volcán Hudson, Chile: criteria to distinguish eruption-induced glacier melt. *Bulletin of Volcanol*ogy, **57** (5), 293-302.

BRAVARD J.-P., 1997 - Tectonique et dynamique fluviale du Würm à l'Holocène à la confluence Saône-Rhône (France). *Géographie Physique et Quaternaire*, **51** (3), 315-326.

BRAVARD J.-P., VÉROT-BOURRÉLY A., FRANC O., avec la collaboration de ARLAUD C., 1997 - Paléodynamique du site fluvial de Lyon depuis le Tardiglaciaire, *In* J.-P. Bravard & M. Prestreau (dir.), *Dynamique du paysage : entretiens de géoarchéologie : table ronde tenue à Lyon les 17 et 18 novembre 1995*. Documents d'Archéologie en Rhône-Alpes, **15**. Direction des antiquités historiques, Lyon, 177-201.

BULLOCK P., FEDOROFF N., JONGERIUS A., STOOPS G. & TURSINA T., 1985 - *Handbook for soil thin section description*. Waine Research Publications, Wolverhampton, 152 p.

COURTY M.-A., GOLDBERG P. & MACPHAIL R., 1989 - *Soils and micromorphology in archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge, 340 p.

COUTTERAND S., 2010 - *Etude géomorphologique des flux glaciaires dans les Alpes nord-occidentales au Pléistocène récent. Du maximum de la dernière glaciation aux premières étapes de la déglaciation*. Thèse de Doctorat, Université de Savoie, Le Bourget-du-Lac, 468 p.

CREMASCHI M., ZERBONI A., NICOSIA C., NEGRINO F., RODNIGHT H. & SPÖTL C., 2015 - Age, soil-forming processes, and archaeology of the loess deposits at the Apennine margin of the Po plain (northern Italy): New insights from the Ghiardo area. *Quaternary International*, **376**, 173-188.

EVANS J.G., 1972 - *Land snails in archaeology*. Seminar Press, London & New York, 436 p.

FALKNER G., RIPKEN T.E.J. & FALKNER M., 2002 - *Mollusques continentaux de France. Liste de Référence annotée et Bibliographie*. Collection Patrimoines naturels, **52**, Publications scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle, Paris, 350 p.

FRANC O., 2005 - Reconstitution paléo-environnementale à partir du contexte géomorphologique de quatre sites archéologiques de la plaine de l'Est lyonnais (Rhône, France). *Quaternaire*, **16** (2), 95-105.

FRANC O. avec la collaboration de ARGANT J., DUMAS E., GAILLOT S., JACQUET P., LATOUR-ARGANT C., LE NEZET-CELESTIN M., MOULIN B., RAMBAULT B., VACHON V. & VÉROT A., 2016 - *Histoire des paysages et des sociétés en bord de Saône depuis la dernière glaciation : Lyon-Vaise*. Document d'Archéologie en Rhône-Alpes et en Auvergne, **44**. Association de Liaison pour le Patrimoine et l'Archéologie en Rhône-Alpes et en Auvergne & Maison de l'Orient et de la Méditerranée, Lyon, 224 p.

GALBRAITH R.F., ROBERTS R.G., LASLETT G.M., YOSHIDA H. & OLLEY J.M., 1999 - Optical dating of single and multiple grains of quartz from Jinmium Rock Shelter, northern Australia: Part I, experimental design and statistical models. *Archaeometry*, **41** (2), 339-364.

GERMAIN L., 1930-1931 - *Mollusques terrestres et fluviatiles*. Librairie de la Faculté des Sciences, Paris, 893 p.

GERMONPRÉ M., 1993 - Osteometric data on Late Pleistocene mammals from the Flemish Valley, Belgium. *Studiedocumenten van het Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen*, **72**. Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Brussel, 135 p.

GITTENBERGER E., JANSSEN A.W., KUIJPER W.J., KUIPER J.G.J., MEIJER T., VAN DER VELDE G., DE VRIES J.N. & PEETERS G.A., 1998 - *De Nederlandse zoetwatermollusken: recente en fossiele weekdieren uit zoet en brak water*. Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & European Invertebrate Survey - Nederland, Leiden, 288 p.

GRANJA H.M., DTE GROOT T.A.M. & COSTA A.L., 2008 - Evidence for Pleistocene wet aeolian dune and interdune accumulation, S. Pedro da Maceda, north-west Portugal. *Sedimentology*, **55** (5), 1203-1226.

GUADELLI J.-L., 1991 - Les chevaux de Solutré (Saône-et-Loire, France). *Cahiers du Quaternaire*, **16**, 261-336.

HAASE D., FINK J., HAASE G., RUSKE R., PÉCSI M., RICHTER H., ALTERMANN M., JÄGER K.-D., 2007 - Loess in Europe – its spatial distribution based on a European Loess Map, scale 1:2,500,000. *Quaternary Science Reviews*, **26** (9-10), 1301-1312.

JARY Z. & CISZEK D., 2013 - Late Pleistocene loess–palaeosol sequences in Poland and western Ukraine. *Quaternary International*, **296**, 37-50.

KERNEY M.P., 1971 - A Middle Weichselian deposit at Halling, Kent. *Proceedings of the Geologists' Association*, **82** (1), 1-10.

KERNEY M.P., CAMERON R.A.D. & JUNGBLUTH J.H., 1983 - *Die Landschnecken Nord- und Mitteleuropas*. Verlag Paul Parey, Hamburg & Berlin, 384 p.

KRAINER K. & POSCHER G., 1990 - Ice-Rich, Redeposited Diamicton Blocks and Associated Structures in Quaternary Outwash Sediments of the Inn Valley near Innsbruck, Austria. *Geografiska Annaler*, **72A** (3-4), 249-255.

KREUTZER S., FUCHS M., MESZNER S. & FAUST D., 2012 - OSL chronostratigraphy of a loess-palaeosol sequence in Saxony/Germany using quartz of different grain sizes. *Quaternary Geochronology*, **10**, 102-109.

LOCARD A., 1879 - Description de la faune malacologique des terrains quaternaires des environs de Lyon. *Annales de la Société d'Agriculture, d'Histoire Naturelle et Arts Utiles de Lyon*, **5** (1), 145-361.

LOŽEK V., 1964 - Quartärmollusken der Tschechoslowakei. *Rozpravy Ústredního Ústuvu Geologického*, **31**, 1-374.

MANDIER P., 1988 - *Le relief de la moyenne vallée du Rhône au Tertiaire et au Quaternaire*. Documents - BRGM, **151**. BRGM, Orléans, 654 p.

MAZENOT G., 1953 - Révision des faunes malacologiques du lœss de l'extrémité sud-ouest du plateau dombiste. *Annales de l'Université de Lyon. Sciences, Section C, Sciences naturelles*, **7**, 67-108.

MAZENOT G., 1954 - Recherches sur les mollusques du lœss würmien dans la vallée de la Saône (rive droite) entre Lyon et Mâcon. *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, **23** (8), 217-227.

MAZENOT G., 1956 - Recherches sur les faunes malacologiques du lœss récent würmien et de divers limons terrestres holocènes dans le Sud-Est de la France. *Bulletin Mensuel de la Société Linnéenne de Lyon*, **25** (1/2/3), 9-24, 41-56, 73-85.

MESZNER S., KREUTZER S., FUCHS M. & FAUST D., 2013 - Late Pleistocene landscape dynamics in Saxony, Germany: Paleoenvironmental reconstruction using loess-paleosol sequences. *Quaternary International*, **296**, 97-104.

MOINE O., 2014 - Weichselian Upper Pleniglacial environmental variability in north-western Europe reconstructed from terrestrial mollusc faunas and its relationship with the presence/absence of human settlements. *Quaternary International*, **337**, 90-113.

MOINE O., ANTOINE P., HATTÉ C., LANDAIS A., MATHIEU J., PRUD'HOMME C. & ROUSSEAU D.-D., 2017 - The impact of Last Glacial climate variability in west-European loess revealed by radiocarbon dating of fossil earthworm granules. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America. Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences*, **114** (24), 6209-6214.

MONJUVENT G., MOUTERDE R., LORANCHET DE MONTJAMONT M., TEGYEY R., avec la collaboration de COLLIN J.-J., GÉRARD A. & COMBIER J., 1973 - *Carte géologique de la France à 1/50 000 (n° 674), Villefranche-sur-Saône (XXX-30). Notice explicative*. Bureau de Recherches Géologiques et Minières, Orléans, 26 p.

MOURER-CHAUVIRÉ C., 1980 - Le gisement Pléistocène supérieur de la grotte de Jaurens à Nespouls (Corrèze, France) : les Equidés (*Mammalia*, *Perissodactyla*). *Nouvelles Archives du Muséum d'Histoire Naturelle de Lyon*, **18**, 17-60.

MURRAY A.S. & WINTLE A.G., 2000 - Luminescence dating of quartz using an improved single-aliquot regenerative-dose protocol. *Radiation Measurements*, **32** (1), 57-73.

PARIS C., avec la collaboration de COUTARD S., AUGUSTE P., CLAUD É., FONT C. & LASCOUR V., 2013a - *Renancourt 2 : un site du Paléolithique supérieur ancien dans le Nord de la France*. Rapport final d'opération, Service Régional de l'Archéologie de Picardie, Amiens, 194 p.

PARIS C., FAGNART J.-P. & COUDRET P., 2013b - Du Gravettien final dans le Nord de la France ? Nouvelles données à Amiens-Renancourt (Somme, France). *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, **110** (1), 123-126.

PELLETIER M. & MAZENOT G., 1953 - Etude de quelques lœss du plateau lyonnais. *Revue de Géographie de Lyon*, **28** (4), 371-375.

PERRIN A., 1948 - A propos du lœss du Mont d'Or lyonnais. *Les Études Rhodaniennes*, **23**, (3), 176-182.

PRAT F., 1968 - *Recherches sur les Équidés pléistocènes en France.* Thèse de Doctorat d'État, Université de Bordeaux, Bordeaux, 663 p.

PRESCOTT J.R. & HUTTON J.T., 1994 - Cosmic ray contributions to the dose rates for luminescence and ESR dating: Large depths and long-term time variations. *Radiation Measurements*, **23** (2-3), 497-500.

PRUD'HOMME C, ANTOINE P., MOINE O., TURPIN É., HUGUENARD L., ROBERT V. & DEGEAI J.-P., 2015 - Earthworm calcite granules: a new tracker of millennial-timescale environmental changes in Last Glacial loess deposits. *Journal of Quaternary Science*, **30** (6), 529-536.

PUISSÉGUR J.-J., 1976 - *Mollusques continentaux quaternaires de Bourgogne. Significations stratigraphiques et climatiques*. Rapports avec d'autres faunes boréales de France. Mémoires géologiques de l'Université de Dijon, **31**. Doin, Paris, 241 p.

RAMPONI C., REMY A.-C., SEGAIN E. avec la collaboration de BELLON C., BLAIZOT F., BONNET C., BURLET L., CABANIS M., CÉCILLON C., FRANC O., FROMONT N., GEREZ J., GISCLON J.-L., HENON P., HORRY A., JALLET F., LALAÏ D., ROUSSEL P. & SAINTOT S., 2017 - *Quincieux (Rhône) Grange Rouge - A46N - section Anse-Genay, 600 ans d'occupation en bord de Saône*. Rapport final d'opération de fouille archéologique, INRAP, Bron, 6 vol.

RASMUSSEN S.O., BIGLER M., BLOCKLEY S.P., BLUNIER T., BUCHARDT S.L., CLAUSEN H.B., CVIJANOVIC I., DAHL-JENSEN D., JOHNSEN S.J., FISCHER H., GKINIS V., GUILLEVIC M., HOEK W.Z., LOWE J.J., PEDRO J.B., POPP T., SEIERSTAD I.K., STEFFENSEN J.P., SVENSSON A.M., VALLELONGA P., VINTHER B.M., WALKER M.J.C., WHEATLEY J.J. & WINSTRUP M., 2014 - A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews*, **106**, 14-28.

ROCROI J.-P., BICHAIN J.-M. & GARGOMINY O., 2007 - De *Trichia* à *Trochulus* (Gastropoda, Hygromiidae). *MalaCo*, **4**, 150.

RUSSELL A.J., ROBERTS M.J., FAY H., MARREN P.M., CASSIDY N.J., TWEED F.S. & HARRIS T., 2006 - Icelandic jökulhlaup impacts: Implications for ice-sheet hydrology, sediment transfer and geomorphology. *Geomorphology*, **75** (1-2), 33-64.

SUEN T.-Y., 1934 - *Le læss de la vallée du Rhône*. Thèse de Doctorat, Université de Lyon, Lyon. Bosc frères, M. et L. Riou, Lyon 162 p.

TRUELSEN J.L. & WALLINGA J., 2003 - Zeroing of the OSL signal as a function of grain size: Investigating bleaching and thermal transfer for a young fluvial sample. *Geochronometria*, **22**, 1-8.

ÚJVÁRI G., MOLNÁR M. & PÁLL-GERGELY P., 2016 - Charcoal and mollusc shell ^{14}C-dating of the Dunaszekcső loess record, Hungary. *Quaternary Science Reviews*, **35**, 43-53.

VALLI A. & GUÉRIN C., 2000 - Le gisement pléistocène supérieur de la grotte de Jaurens à Nespouls, Corrèze, France : les Cervidae (Mammalia, Artiodactyla). *Cahiers Scientifiques - Centre de conservation et d'étude des collections*, **1**, 41-81.

VAN VLIET-LANOË B., 1987 - *Le rôle de la glace de ségrégation dans les formations superficielles de l'Europe du Nord-Ouest*. Thèse de Doctorat d'État, Université Paris 1, Paris, 864 p.

VAN VLIET-LANOË B., 1992 - Le niveau à langues de Kesselt, horizon repère de la stratigraphie du Weichsélien supérieur européen : signification paléoenvironnementale et paléoclimatique. *Mémoires de la Société Géologique de France*, **160**, 35-44.

VERMEULEN C., BELLON C., FRANC O., GISCLON J.-L., GIRY K., HENON P., LALAÏ D., PASTY J.-F. & SAINTOT S., 2012 - *Ambérieux, Les Chères, Quincieux (69), A466 - Liaison A6/A46*. Rapport de diagnostic archéologique, INRAP, Bron, 475 p.

VERMEULEN C., FRANC O. & LALAÏ D., 2015 - *Lyon 9e (Rhône), 117-119 avenue Sidoine Apollinaire*. Rapport de diagnostic archéologique, INRAP, Bron, 82 p.

WOHLFARTH B., VERES D., AMPEL L., LACOURSE T., BLAAUW M., PREUSSER F., ANDRIEU-PONEL V., KÉRAVIS D., LALLIER-VERGÈS E., BJÖRCK S., DAVIES S.M., DE BEAULIEU J.-L., RISBERG J., HORMES A., KASPER H.U., POSSNERT G., REILLE M., THOUVENY N. & ZANDER A., 2008 - Rapid ecosystem response to abrupt climate changes during the last glacial period in western Europe, 40–16 ka. *Geology*, **36** (5), 407-410.