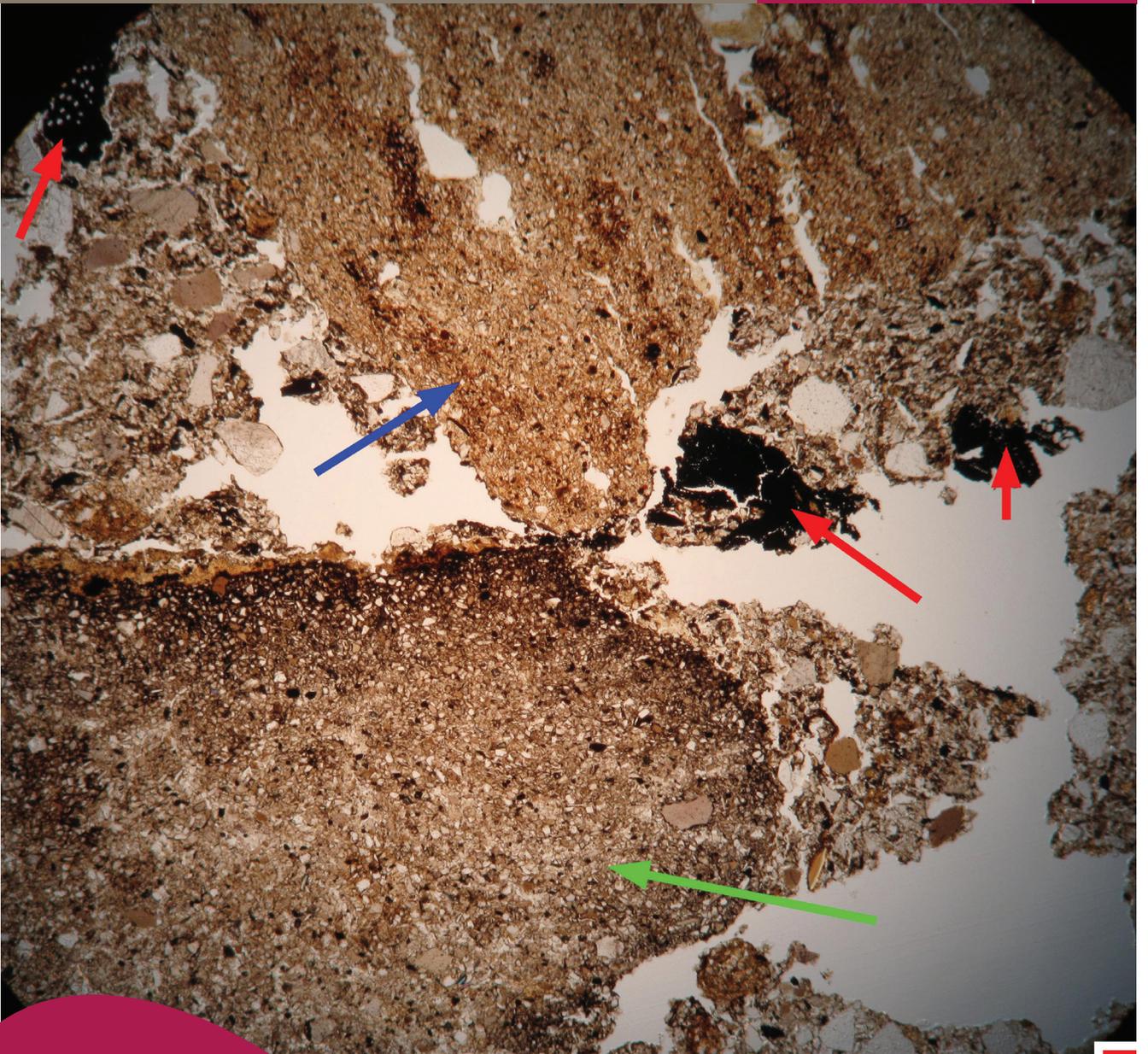


ÉTUDE GÉOARCHÉOLOGIQUE DU SITE DE LA RUE DES PIERRES N^{OS} 18-20 ET RUE HENRI MAUS N^{OS} 33 À 47 À BRUXELLES

Yannick Devos & Cristiano Nicosia

Archéologie à Bruxelles
Archeologie in Brussel

009/06



BRUXELLES URBANISME ET PATRIMOINE
BRUSSEL STEDENBOUW EN ERFGOED
SERVICE PUBLIC RÉGIONAL DE BRUXELLES
GEWESTELIJKE OVERHEIDSDIENST BRUSSEL



Comité d'accompagnement : Ann Degraeve (SPRB-DMS), Laurent Bavay (ULB-CRÉA Patrimoine)

Commune : Bruxelles

Adresse : rue des Pierres 18-20 et rue Henri Maus 33-47

Parcelles : 21004_1_A_2_840K5 et 840H6

N° de dossier : BR223-01

Date du rapport : juin 2016

Période d'exécution : 2010

Type de marché : Convention ARC/CREA/2009-246

Commanditaires: Service public régional de Bruxelles

Prestataires : CRÉA - Patrimoine de l'Université Libre de Bruxelles

Relecture : Luc Vrydaghs (ULB-CRÉA Patrimoine)

Gestion et lieu de conservation de la documentation : Direction des Monuments et Sites - rue du Progrès 80/1 - 1035 Bruxelles

Éditeur responsable : Betty Waknine - Région Bruxelles-Capitale / Bruxelles Urbanisme et Patrimoine - rue du Progrès 80/1 - 1035 Bruxelles

Couverture : Lame scannée en lumière normale (PPL) et polarisée ; tesson (flèche verte), charbon de bois (flèches rouges) et fragment de sol brûlé (flèche bleue). © SPRB-DMS

Dépôt légal : D/2017/6860/018

Mise en page : Concepción Ortigosa (SPRB-DMS)

Les articles sont publiés sous la responsabilité de leur auteur. Tout droit de reproduction, traduction et adaptation réservé.

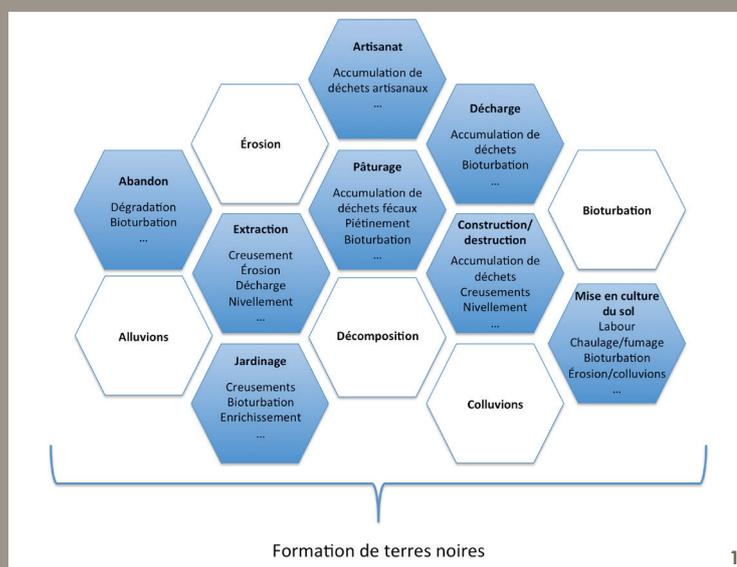
Lien : <http://www.patrimoine.brussels/Découvrir/Publications>



Sommaire

Introduction	04
Situation et description générale du site	04
Méthode	05
Rapport de recherche	07
S 01 : coupe E-F	07
S 02 : coupe A-B	17
S 07 : coupe A-B	22
S 02 et S 03 : carottages	23
Discussion	23
Conclusions	24
Samenvatting	25
Bibliographie	26
Annexe : micromorphological description (by Cristiano Nicosia)	29

Introduction



Lors de la campagne de fouille menée sur le site de la rue des Pierres par une équipe de l'asbl Recherches et Prospections Archéologiques (RPA) en 2010, plusieurs niveaux de Terres Noires ont été observés¹. Il s'agit d'unités de fouille de couleur sombre, homogènes en apparence, humifères qui sont parfois riches en matériel archéologique². De multiples études en centre ville démontrent que ces Terres Noires témoignent de diverses activités anthropiques, difficiles à documenter au travers les techniques de fouille classiques³ (fig. 1). Cette découverte amena une étude géoarchéologique de terrain dans le cadre de la convention ARC/CREA/2009-246. Des échantillons furent prélevés, tant pour des études géoarchéologiques, que pour des études archéobotaniques et archéozoologiques. Les études géoarchéologiques impliquèrent une série d'analyses physico-chimiques et une étude micromorphologique.

Situation et description générale du site

Le site de la rue des Pierres se trouve dans la vallée de la Senne (fig. 2). Le rez-de-chaussée se situe à une hauteur d'environ 19 m au dessus du niveau de la mer. Le site est situé sur la rive droite de la Senne, à quelques dizaines de mètres de distance de l'ancien lit de la rivière (fig. 3).

La carte géotechnique indique que le site présente la séquence géologique suivante : à la base se situent les Craies et le Socle Primaire, sur lesquelles se sont d'abord déposés les sédiments des Complexes Argilo-Sableux et Sableux Thanétiens (anciennement appelés Landéniens), ensuite les sédiments des Complexes Sablo-Argileux et Argileux Yprésiens. Ces dépôts tertiaires, déposés entre il y a ca 60 et 48 millions d'années, sont suivis d'une série de dépôts alluviaux: graviers, sables, tourbe et des argiles, à leur tour couverts de plusieurs mètres de remblais⁴. Un carottage réalisé en 1972 au n° 11 de la rue des Pierres⁵ nous informe d'avantage sur les dépôts alluviaux quaternaires⁶. Sous les couches anthropiques (ca 3 m 50 d'épaisseur) contenant des cailloux et débris de briques, s'observe un dépôt limono-sableux et tourbeux de ca 1 m d'épaisseur. Sous ce dépôt, on relève une séquence de sables assez fins légèrement limoneux, vert clair non calcaires (ca 50 cm d'épaisseur) et de sables grossiers brun non calcaires (ca 2 m 50 d'épaisseur).

1: PION, 2015.

2: NICOSIA & DEVOS, 2014..

3: Voir entre autres: DEGRAEVE *et al.*, 2010; DEVOS *et al.*, 2007; 2009; 2011a; 2013.

4: DAM, 1976; 1977.

5: Boring kb31d88w-B1492.

6: Le Quaternaire couvre la période des derniers 2,5 millions d'années.

Méthodes

Étude de terrain

L'étude du terrain se développe comme suit :

- Une description du site, des profils pédologiques et archéologiques selon les « Guidelines for soil profile description » de la F.A.O.⁷ et les « Comprehensive Field Data Bases »⁸.
- La réalisation de carottages dans la mesure où le matériel parental n'a pas pu être observé dans les tranchées.
- Une documentation par des photos de couleur.
- La description des caractéristiques du sol et des phénomènes associés aux structures/couches archéologiques en utilisant des listes de contrôle⁹.

Échantillonnage

À la suite de l'étude de terrain, une série de prélèvements a été conduite selon le « Manuel d'échantillonnage pour les sciences naturelles au sein et aux abords des sites archéologiques en Région de Bruxelles-Capitale »¹⁰. Pour les études géoarchéologiques, il s'agit d'échantillons en vrac pour analyses physico-chimiques et des prélèvements en bloc et orientés pour la réalisation de lames minces. Des échantillons ont également été prélevés pour les études archéobotaniques (macro-restes, pollen et phytolithes) et archéozoologiques.

Analyses physico-chimiques

Préparation des échantillons

Les échantillons ont été séchés lentement à l'air, en salle sèche et non poussiéreuse.

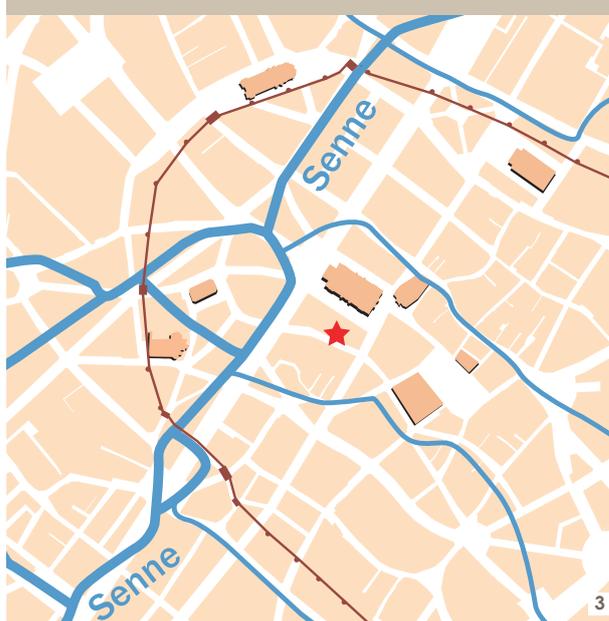
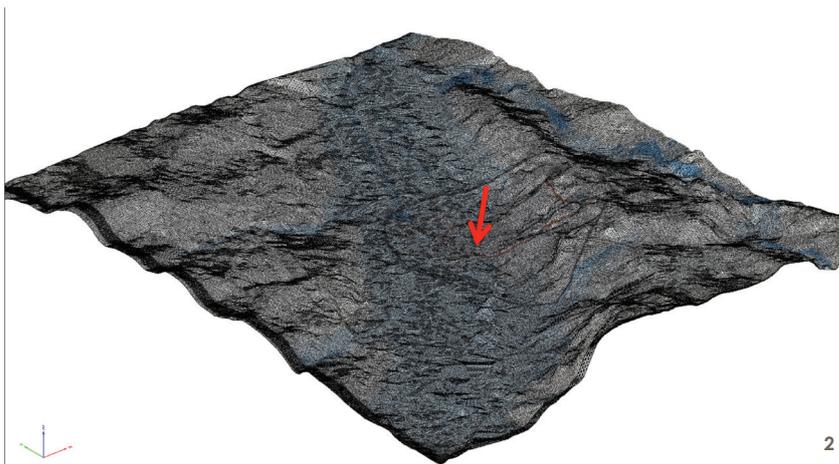
Toutes les analyses se mènent sur la fraction inférieure à 2 mm (« fraction fine »).

Les analyses chimiques

L'analyse du phosphore a été réalisée par le Département de Géologie et Sciences du Sol de l'Université de Gand. Le laboratoire d'analyses des sols de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Arras se chargea de toutes les autres analyses chimiques, selon les procédures standard NF et NF-ISO publié par l'Association française de Normalisation¹¹.

- **Le taux d'acidité ou le pH du sol**

Cette analyse mesure l'acidité ou l'alcalinité de la solution du sol. Le pH est la valeur logarithmique du taux de H⁺ en excès dans le sol. Le pH (H₂O) s'estime selon la méthode NF ISO 10390 (Tableau 1).



2 Carte 3D de la vallée de la Senne. La flèche rouge montre la localisation du site de la rue des Pierres.
© CIRB

3 Carte du quartier de la Bourse montrant l'ancien lit de la Senne et la localisation du site de la rue des Pierres.
© SPRB-DMS

pH	
5,5-6,0	Horizon fortement acide
6,0-6,5	Horizon modérément acide
6,5-7,3	Horizon neutre
7,3-7,8	Horizon faiblement alcalin
7,8-8,5	Horizon modérément alcalin
8,5-9,0	Horizon fortement alcalin

Tableau 1 : pH (d'après F.A.O., 1990).

7: F.A.O., 2006.

8: LANGOHR, 1994.

9: DEVOS, 2003a; FECHNER *et al.*, 2004.

10: DEVOS, 2013.

11: AFNOR, 1999.

• **Matière organique (M.O.), carbone organique (C) et azote (N)**

La matière organique dans le sol se compose essentiellement de carbone (C), d'hydrogène (H), d'oxygène (O), d'azote (N) et de soufre (S). En quantité, le C est l'élément majeur, constituant à peu près 50 % de la matière organique sèche.

Traditionnellement, la matière organique s'estime par la détermination du carbone organique et en utilisant un facteur de conversion :

$$\text{Matière organique} = \text{carbone organique} \times 1,72$$

Afin de mieux comprendre le pouvoir de dégradation de la matière organique, on détermine le rapport C/N¹². Le tableau 3 indique le potentiel de dégradation de la matière organique selon les valeurs du rapport C/N. Le carbone organique a été analysé selon NF ISO 10694 et l'azote selon NF ISO 13878 (Tableau 2).

Tableau 2 : Le rapport C/N est révélateur du potentiel de dégradation de la matière organique.

Rapport C/N		
<10-12	10-20	>20
Favorable	Plutôt favorable	Très difficile

• **Phosphore**

De nombreuses études démontrent que le phosphore compose un bon indicateur de l'impact humain sur un site¹³. À la fois

le phosphore (Pt), le phosphore organique (Po) et le phosphore inorganique (Pi) ont été déterminés selon la méthode développée par J.H. Mikkelsen. Cette méthode s'inspire de celle de l'« Institute of Geography, Copenhagen University »¹⁴.

• **Les métaux lourds**

Comme l'étude micromorphologique indique la présence de scories métalliques¹⁵, la concentration des métaux lourds dans la solution de sol a fait l'objet d'une analyse.

Le sédiment se traite d'abord avec de l'acide fluorhydrique (HF) associé de l'acide perchlorique (HClO₄) (selon NF X 31-147). Ensuite les teneurs en cuivre (Cu), nickel (Ni) et zinc (Zn) ont été mesurés par ICP-AES (selon NF ISO 22036), tandis que les teneurs en plomb (Pb) et cadmium (Cd) se mesurent par ICP-MS (selon NF EN ISO 17294).

• **Les analyses physiques : l'analyse granulométrique et la texture du sol**

La texture du sol se détermine en utilisant une analyse basée sur le tamisage.

Réalisées par le laboratoire d'analyses des sols de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Arras (France), ces analyses suivent la norme AFNOR NF-X-31-107¹⁶.

L'échantillon de sol est d'abord séché et ensuite pulvérisé et tamisé sur différentes mailles. Les résidus captés dans les différents tamis sont pesés et permettent de séparer huit fractions, exprimées en g/kg (%): < 2 µm (argile) ; 2-20 µm (limons fins) ; 20-50 µm (limons grossiers) ; 50-100 µm (sables fins) ; 100-200 µm (sables fins) ; 200-500 µm (sables grossiers) ; 500-1000 µm (sables grossiers) ; 1000-2000 µm (sables grossiers). Les résultats sont ensuite insérés dans le diagramme triangulaire des classes texturales, selon le système de classification des sols de la Belgique qui distingue sept classes détaillées dans le tableau 3.

Les indices de similarité

Le « Similarity Index » (SI) réside en un traitement statistique qui compare les différentes unités afin de déterminer des discontinuités lithologiques¹⁷.

Étude micromorphologique

L'étude micromorphologique permet à la fois d'identifier des vestiges invisibles à l'œil nu et de mettre en évidence leur distribution. Développée par le pédologue allemand Kubiena dans les années 30, Cornwall¹⁸ initia dans les années 50 son application à des problématiques archéologiques.

Les prélèvements non-perturbés et orientés sont imprégnés et sciés après séchage selon les méthodes standardisées par le

12: GOBAT *et al.*, 1998, 23.
 13: Voir par exemple: PROUDFOOT, 1976; HOLLIDAY & GARTNER, 2007; VIKLUND *et al.*, 2013.
 14: MIKKELSEN, 1997; DEVOS *et al.*, 2011b.
 15: Voir plus loin.
 16: BAIZE, 2000.
 17: LANGOHR *et al.*, 1976.
 18: Voir entre autres: MACPHAIL *et al.*, 1990.

Tableau 3 : les sept classes du système de classification des sols de la Belgique.

U	Argile lourde
E	Argile
A	Limon
L	Limon sableux
P	Limon sableux léger
S	Sable limoneux
A	Sable

laboratoire de Th. Beckmann (Allemagne) pour la réalisation de lames minces de 30 μm d'épaisseur et de 6 sur 8 cm^{19} pour l'étude en microscopie optique.

Les lames ont été scannées en lumière normale (PPL) et polarisée (XPL) selon ARPIN *et al.*²⁰.

Les descriptions microscopiques suivent la nomenclature internationale des 'Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections'²¹. Les lames s'étudient à divers grossissements (25x, 100x, 200x, 400x, 500x & 1000x) en PPL, XPL et en lumière oblique incidente (OIL). Des observations ont également été faites en épifluorescence²².

La description de la taille des différents éléments a adopté l'échelle suivante :

Argile : < 2 μm ; Limon : 2- 50 μm ; Sable très fin : 50-100 μm ; Sable fin : 100-200 μm ; Sable moyen : 200-500 μm ; Sable grossier : 500-1000 μm ; Sable très grossier : 1000-2000 μm .

19: BECKMANN, 1997.

20: ARPIN *et al.*, 2002.

21: STOOPS, 2003.

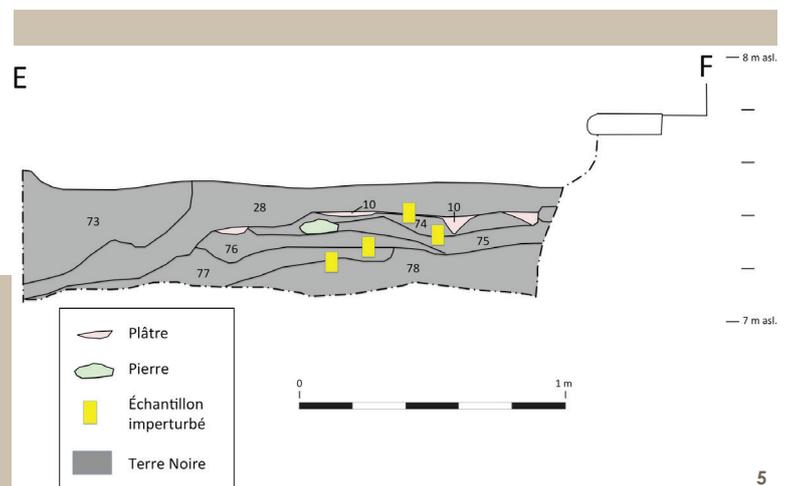
22: Voir : VAN VLIET-LANOË, 1991.

Rapport de recherche

Les observations géoarchéologiques se conduisirent dans 3 tranchées : S01, S02 et S07. Des carottages ont été réalisés dans le fond des tranchées S02 et S03 (fig. 4).

S01 : coupe E-F

La coupe E-F de la tranchée S01 (fig. 5-6) présente deux séquences de Terres Noires séparées par une couche de mortier/plâtre (**US 10**). La Terre Noire supérieure consiste en une épaisse unité d'argile légère, de couleur brun gris foncé (**US 28**), homogène, riche en matériaux de construction (fragments de briques et du mortier) et en charbons de bois. La séquence inférieure se compose d'unités d'argiles légères (fig. 7), de couleur gris brun très foncé à gris très foncé (**US 74, 75, 76, 77 et 78**), homogènes et humifères, toujours riches en fragments de charbon de bois.

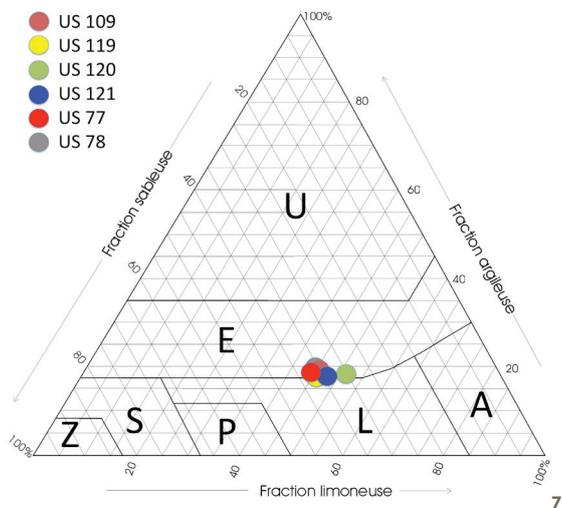


4 Localisation des tranchées étudiées.

© Fond de plan A2RC

5 Coupe E-F de la tranchée S01, dessin : C. Pion.

© SPRB-DMS



6 Secteur S01, photo : C. Pion.
© SPRB-DMS

7 Diagramme triangulaire textural montrant les classes texturales des différentes US, dessin : Y. Devos.
© SPRB-DMS

L'ensemble du matériel archéologique étudié dans ces unités date des xv^e-xvi^e siècles²³.

Malgré l'homogénéité macroscopique, l'étude microscopique met en évidence la présence d'agrégats hétérogènes, indiquant l'accumulation de matériaux grossièrement malaxés²⁴.

L'**US 78** résulte d'une importante accumulation de matériaux fécaux, reflété tant par la présence de coprolithes carnivores-omnivores (fig. 8A, 8B) que par la présence de nombreux nodules et remplissages phosphatés (fig. 8C, 8D) et un taux très élevé en phosphore (tableau 4). La présence de fragments osseux et végétaux au sein des coprolithes²⁵, suggère une origine soit humaine, soit porcine, voir un mélange des deux²⁶. Afin de pouvoir trancher, recourt est fait à l'étude des parasites observés en lames minces ainsi qu'à une étude biomoléculaire. Ces restes fécaux se mélangent à des restes d'origine domestique dont témoignent la présence combinée de fragments osseux (fig. 9), de charbons de bois (fig. 10A, 10B, 10C & 10D) et de phytolithes vitrifiés²⁷ (fig. 10 E & 10F). L'étude anthracologique du matériel carbonisé précisera les essences exploitées comme combustibles pour des foyers domestiques. Le troisième composant consiste en des fragments de sol arrondis (fig. 11). Comme ces fragments arrondis ne correspondent pas au substrat naturel, il s'en déduit qu'il s'agit probablement de restes de matériau de construction. Notons également la présence de nombreux vestiges végétaux dont témoigne la teneur élevée en carbone organique (tableau 5). Il s'agit de rares fragments d'organes et de tissus végétaux et d'une matière organique fine. Ils peuvent avoir diverses origines : restes de pailles, restes alimentaires,... L'étude archéobotanique des échantillons en vrac, ainsi que l'étude des phytolithes²⁸ en lames minces devrait contribuer à l'identification de ces restes et de leur origine. De surcroît, la décomposition différentielle de ces restes suggère des histoires, voir des origines différentes des vestiges végétaux. La bioturbation par la mésofaune²⁹, soulignée par la présence de galeries (fig. 12F), confirme qu'il s'agit d'une accumulation dans un contexte extérieur. Son importance limitée indique une accumulation rapide du dépôt.

La néoformation de pyrite et de vivianite (fig. 8D, 8E & 8F) (encart 1)

et la présence de nodules de fer formés in situ (nodules orthiques)³⁰ (fig. 12D) expriment des changements hydrologiques, voir une nappe d'eau fluctuante dans un environnement humide³¹, et non pas d'un engorgement permanent. Ce phénomène expliquerait également la dominance des restes organiques humifiés, ainsi que l'observation de pollen et spores oxydés. Nous avons également observé de nombreuses frustules de diatomées, spicules d'éponges et cystes de chrysophycées, tous indicateurs d'un environnement humide. Cependant, nous ne pouvons pas exclure que ces derniers soient hérités des sédiments alluviaux locaux³².

Les **US 77** et **US 78** partagent vraisemblablement une même matrice sédimentaire, comme en témoigne leur indice élevé de similarité (> 90 %) (tableau 7). Néanmoins, l'**US 77** se révèle plus riche en restes fécaux et végétaux. Il s'agit à nouveau de rares fragments d'organes (feuilles), des restes de tissus et d'une dominance de matériaux organiques fins. Ici aussi, l'étude archéobotanique des échantillons en vrac, ainsi que l'étude des phytolithes en lames minces contribueront à l'identification de ces restes et de leur(s) origine(s). Le taux de phosphore demeure fort élevé, mais significativement moins élevé par rapport à l'**US 78**. Ceci peut s'expliquer par une migration du phosphore suite aux conditions du sol. Ce même phénomène s'observe sur le site de la rue d'Une Personne près de la Grand Place où le sol encaissant se révèle plus riche en phosphore que les couches enrichies en matière organique³³. L'orientation locale des restes végétaux suggère une compaction suite à un piétinement de l'unité³⁴. Outre la présence de restes domestiques (de rares graines carbonisées, des tessons, des fragments osseux, de nombreux fragments de charbon de bois et des phytolithes vitrifiés)

23: PION, 2015

24: CAMMAS, 2010.

25: Excrément minéralisé.

26: Voir MACPHAIL & GOLDBERG, 2010.

27: SIMPSON *et al.*, 1998; WOUTERS *et al.*, in press.

28: Fragments de plantes microscopiques d'origine minérale.

29: Petits animaux dont la taille est comprise entre 0,5 et 4 mm.

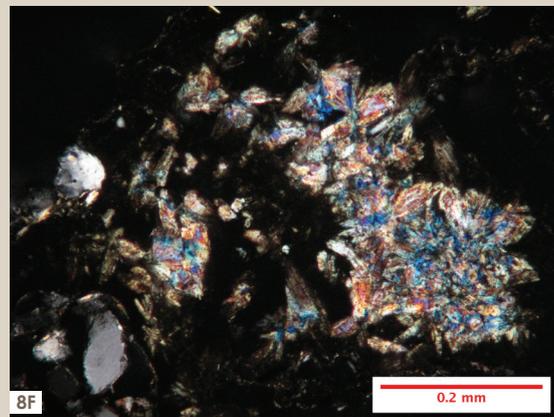
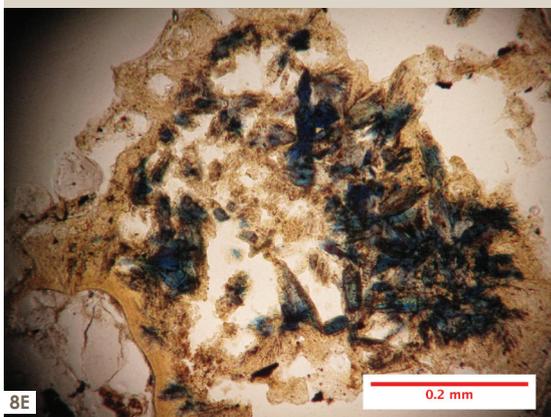
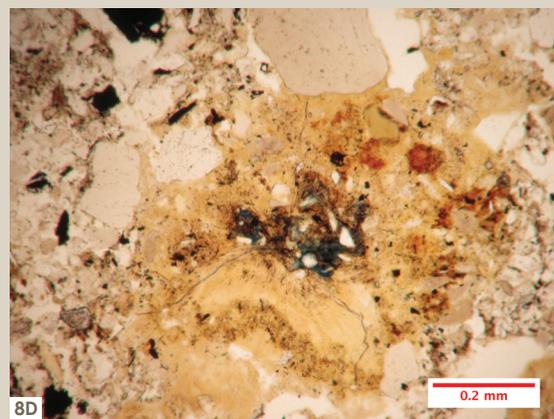
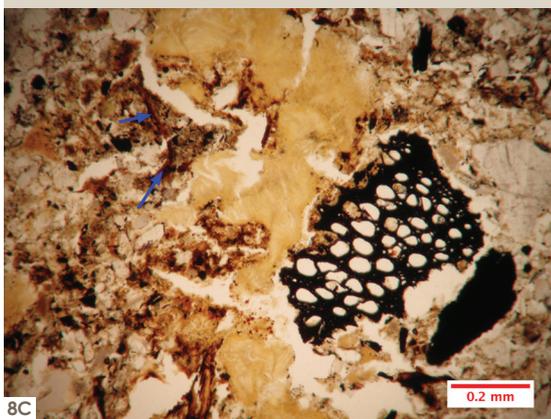
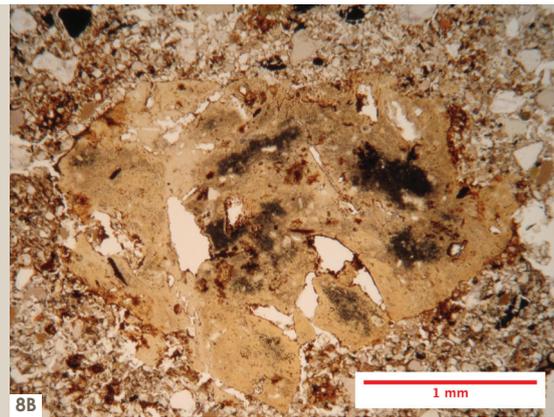
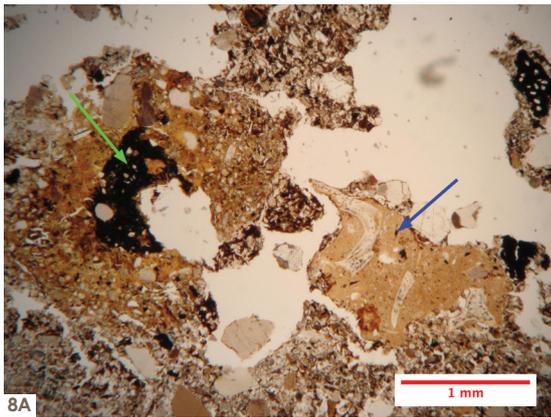
30: voir STOOPS, 2003.

31: CAMMAS, 1994.

32: DEL CARMEN GUTIÉRREZ-CASTORENA & EFFLAND, 2010.

33: DEVOS, 2002.

34: MILLER *et al.*, 2009.



8A Excrément contenant des fragments d'os (flèche bleue). Notons également la présence de vivianite oxydée (flèche verte), marqueur d'une nappe d'eau fluctuante dans un environnement humide (PPL, US 74).
© SPRB-DMS

8B Excrément omnivore/carnivore (PPL, US 119).
© SPRB-DMS

8C Remplissage d'un pore de phosphates secondaires jaunes. Notons également le ferrugination des fragments végétaux (flèche bleue), marqueur d'une nappe d'eau fluctuante dans un environnement humide (PPL, US 75).
© SPRB-DMS

8D Phosphates secondaires. Notons la présence de vivianite oxydée au centre (PPL, US 77).
© SPRB-DMS

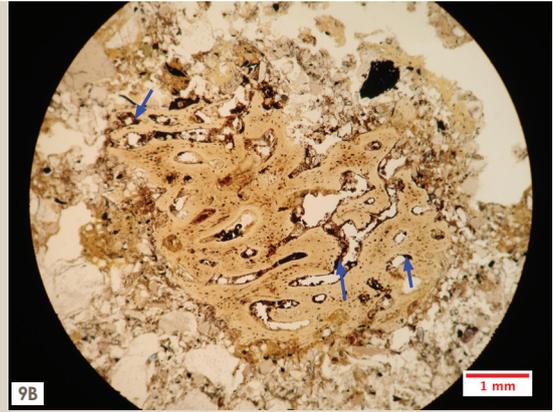
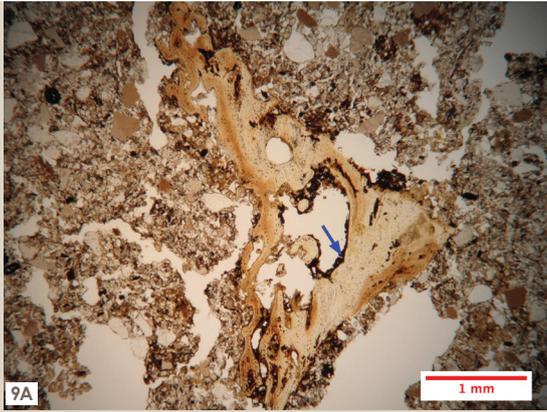
8E Formation de cristaux de vivianite (PPL, US 120).
© SPRB-DMS

8F Formation de cristaux de vivianite (XPL, US 120).
© SPRB-DMS

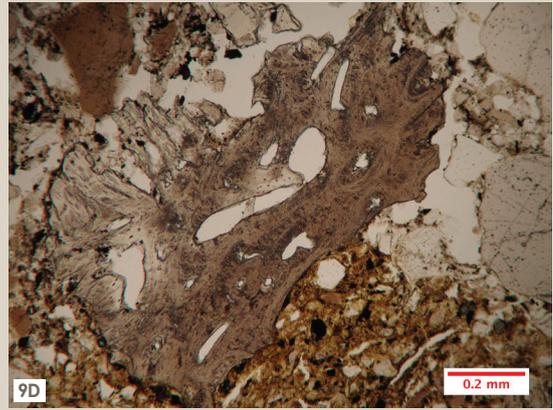
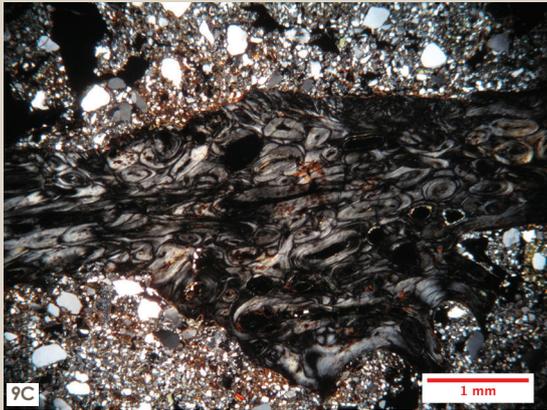
US	Pt	Pi	Po	Pt/Po
	ppm	ppm	ppm	
77	7060	5860	1200	5,88
78	10500	8450	2040	5,14
109	4670	3280	1390	3,36
119	4430	3960	470	9,49
120	4360	4270	90	50,64
121	4480	4020	460	9,73

Tableau 4 : résultats de l'analyse de phosphore menée au laboratoire de Gand.

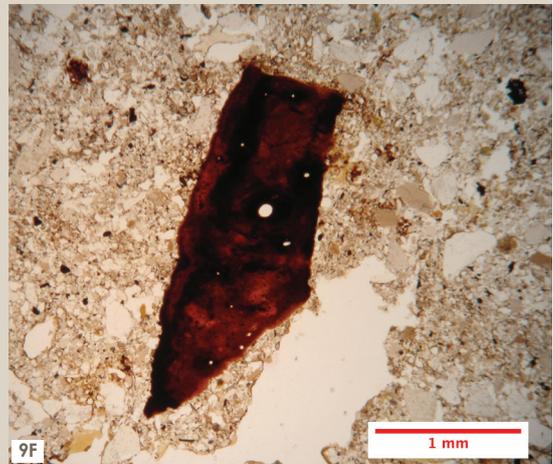
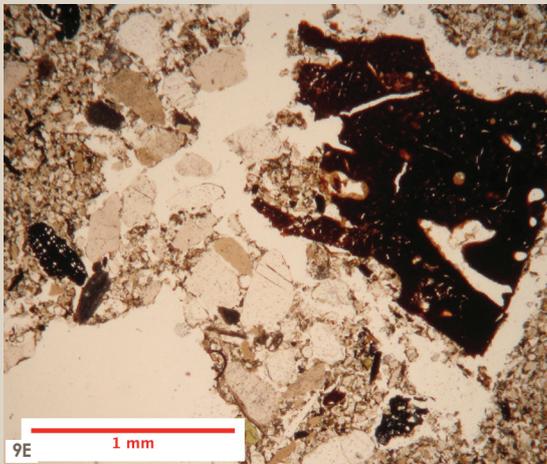
9A Fragment d'os incorporé dans une matrice de quartz non trié. Aux contours nous pouvons observer localement des revêtements ferreux (flèche bleue). Ces derniers expriment une nappe d'eau fluctuante dans un environnement humide (PPL, US 76).
© SPRB-DMS



9B Fragment d'os incorporé dans une matrice de quartz non trié. Aux contours nous pouvons observer localement des revêtements ferreux (flèches bleues). Ces derniers expriment une nappe d'eau fluctuante dans un environnement humide (PPL, US 77).
© SPRB-DMS



9C Fragment d'os incorporé dans une matrice de quartz non trié (XPL, US 74).
© SPRB-DMS



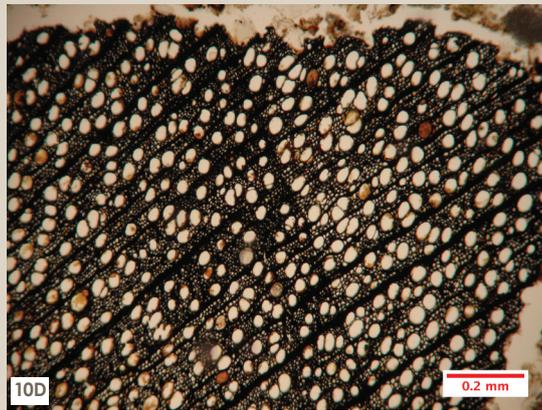
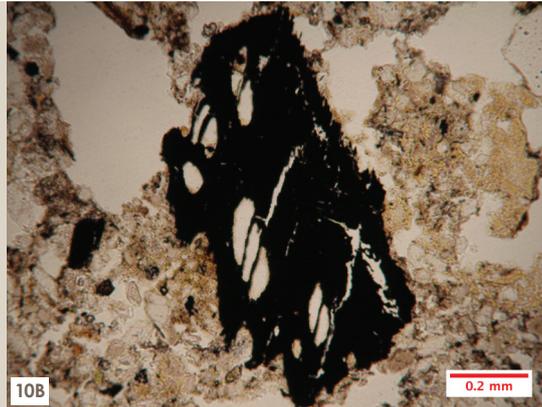
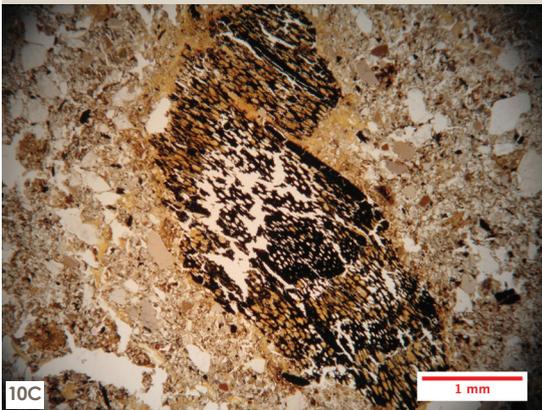
9D Fragment d'os calciné (PPL, US 214).
© SPRB-DMS

9E Fragment d'os brûlé (PPL, US 19).
© SPRB-DMS

9F Fragment d'os brûlé (PPL, US 121).
© SPRB-DMS

US	pH	C	N	C/N	M.O.	CaCO3	Cu	Ni	Zn	Pb	Cd
		g/kg	g/kg		g/kg	g/kg	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm
77	7,9	20,8	1,21	17,2	36,0	6					
78	7,8	23,5	1,36	17,3	40,6	7					
109	7,7	16,6	0,80	20,8	28,8	< 1	37,3	20,1	127,0	19,4	0,259
119	7,6	11,4	0,65	17,5	19,7	< 1	27,7	17,5	104,0	16,5	0,234
120	7,5	13,3	0,60	22,1	22,1	4	24,8	18,5	79,2	14,8	0,201
121	7,7	9,9	0,67	14,8	16,7	2	23,2	17,2	86,5	17,2	0,235

Tableau 5 : résultats des analyses chimiques menées au laboratoire d'Arras.



10A Fragment de charbon de bois (PPL, US 76).
© SPRB-DMS

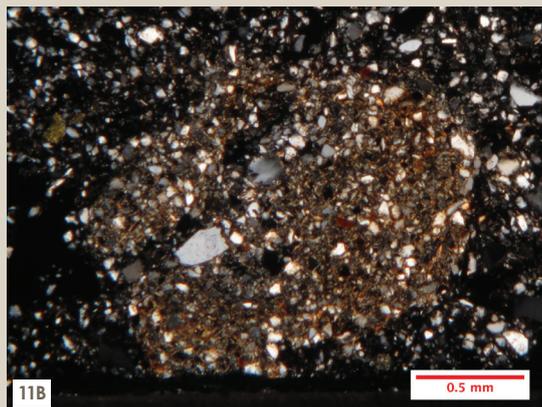
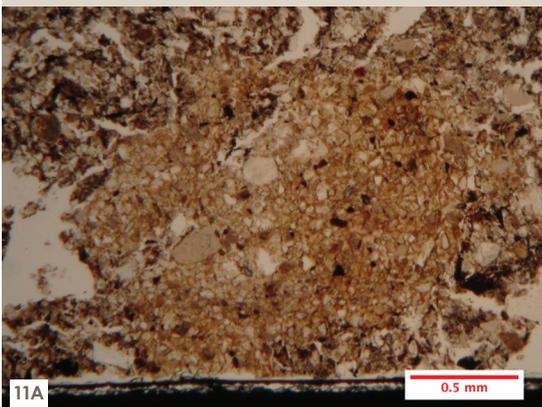
10B Fragment de charbon de bois (PPL, US 76).
© SPRB-DMS

10C Fragment de charbon de bois. Notons la présence de phosphates secondaires orange remplissant les pores du charbon (PPL, US 77).
© SPRB-DMS

10D Fragment de charbon de bois (PPL, US 74).
© SPRB-DMS

10E Au centre : fragment de silice fondu. Notons également la présence de phytolithes articulés (rouge), du charbon de bois (flèche bleue) et d'une diatomée (flèche verte). Cette dernière provient d'un environnement humide (PPL, US 77).
© SPRB-DMS

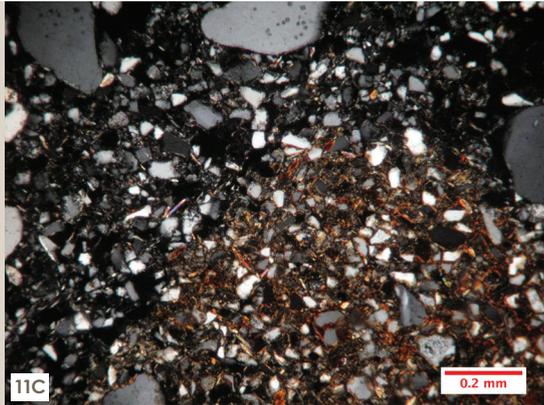
10F Phytolithes fondus. Ceci a résulté en la formation d'une masse siliceuse à bulles, localement noircie. Ponctuellement la morphologie est encore préservée (flèche rouge) (PPL, US 121).
© SPRB-DMS



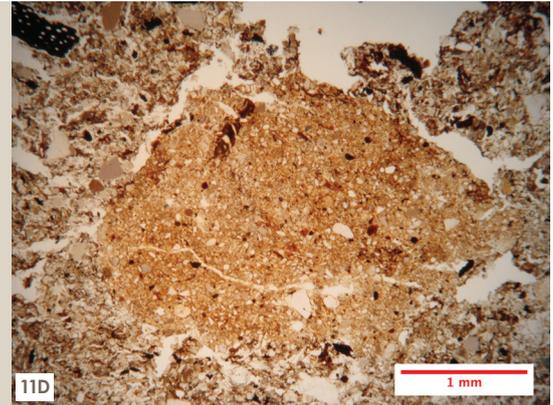
11A Fragment de sol arrondi (PPL, US 119).
© SPRB-DMS

11B Fragment de sol arrondi. Note la présence d'une argile granostriée (une argile qui s'oriente autour des grains de quartz) (XPL, US 119).
© SPRB-DMS

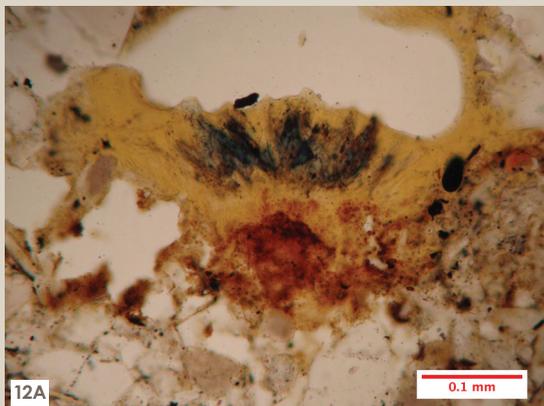
11C Détail d'un fragment de sol arrondi. Note l'orientation des argiles autour des grains de quartz (XPL, US 120).
© SPRB-DMS



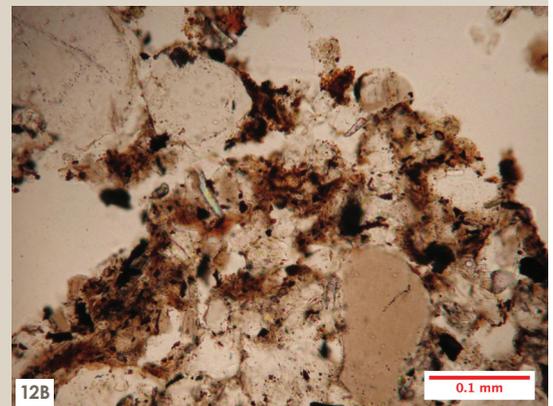
11D Fragment de sol arrondi. Le rougissement de l'argile indique son échauffement (PPL, US 75).
© SPRB-DMS



12A Revêtement de fer. Au-dessus s'observe un revêtement de phosphates secondaires (vivianite). L'ensemble souligne la présence d'une nappe d'eau fluctuante dans un environnement humide (PPL, US 212).
© SPRB-DMS



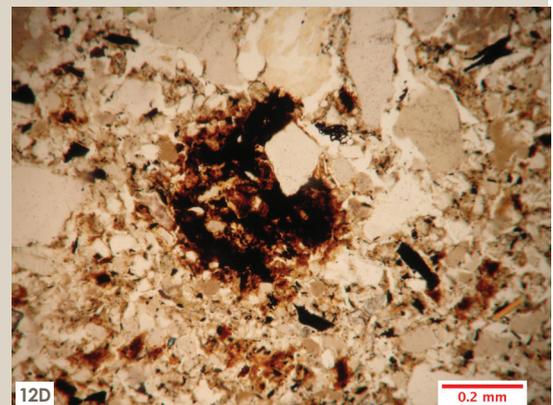
12B Détail de la matière organique fine (PPL, US 77).
© SPRB-DMS



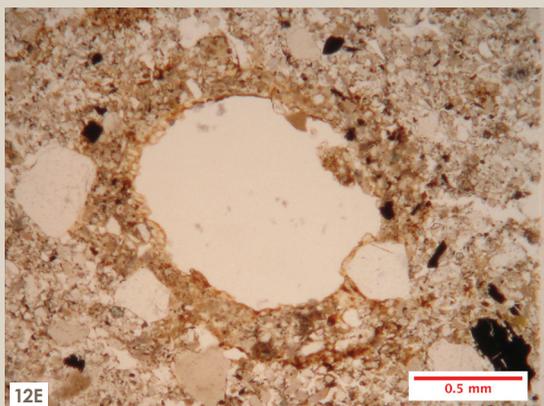
12C Nodules de fer (flèches bleues) et phosphates secondaires (flèches rouges), soulignant la présence d'une nappe d'eau fluctuante dans un environnement humide (PPL, US 120).
© SPRB-DMS



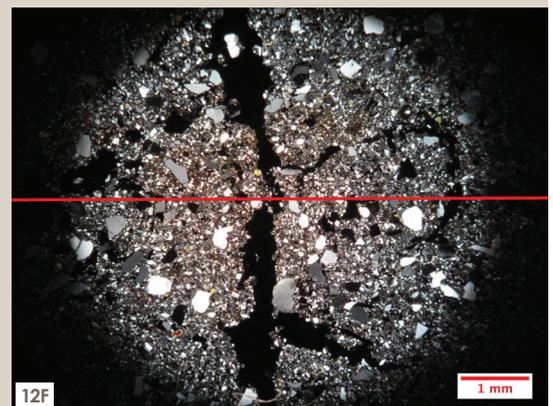
12D Détail d'une nodule de fer formée *in situ*, indicatrice d'une nappe d'eau fluctuante dans un environnement humide (PPL, US 28).
© SPRB-DMS



12E Hypo-revêtement de fer autour d'un pore, soulignant le processus d'oxydoréduction (PPL, US 120).
© SPRB-DMS



12F Galeries témoignant d'une bioturbation de l'unité (XPL, US 74b).
© SPRB-DMS



- LA FORMATION DE PYRITE DANS LES SOLS

POUR QUE LA PYRITE (FeS_2) SE FORME, UNE SOURCE DE SOUFFRE, COMME DES VESTIGES DE PLANTES EN DÉCOMPOSITION, EST ESSENTIELLE. SACHANT QUE LES PLANTES CONTIENNENT À PEU PRÈS 0,5 À 5 ‰ DE SOUFFRE (GOBAT ET AL., 1998), IL VA DE SOI QUE DES QUANTITÉS IMPORTANTES SONT NÉCESSAIRES. ENSUITE, DES CONDITIONS FORT ANAÉROBIQUES DOIVENT ÊTRE ATTEINTES. ELLE DEVIENT INSTABLE DÈS QU'ON A AFFAIRE À DES CONDITIONS OXYDÉES. À CE MOMENT ON REMARQUE UNE ODEUR PEU AGRÉABLE, CARACTÉRISTIQUE POUR LES SULFURES.

- LA FORMATION DE VIVIANITE DANS LES SOLS

LA FORMATION DE VIVIANITE ($\text{Fe}^{2+}_3(\text{PO}_4)_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$), UN PHOSPHATE DE FER, NÉCESSITE LA PRÉSENCE D'UNE SOURCE DE PHOSPHORE COMME DES VESTIGES DE PLANTES, DE RESTES FÉCAUX OU DES OSSEMENTS EN DÉCOMPOSITION. LE MINÉRAL SE FORME ÉGALEMENT DANS DES CONDITIONS ANAÉROBIQUES. QUANT AU CONTACT AVEC L'AIR LIBRE ELLE DEVIENT INSTABLE ET PRÉSENTE UNE COULEUR BLEUÂTRE.

- LA FORMATION DE JAROSITE

LA JAROSITE ($\text{KFe}_3(\text{SO}_4)_2(\text{OH})_6$) EST UN MINÉRAL QUI PEUT SE FORMER SUITE À L'OXYDATION DE LA PYRITE, SELON LA RÉACTION SUIVANTE :



LORS DE SA FORMATION IL Y A ÉGALEMENT LA FORMATION DE L'ACIDE SULFURIQUE (H_2SO_4), QUI CAUSE UNE FORTE ACIDIFICATION DU SOL.

et de construction (fragments de sol arrondis et de rares fragments de mortier), nous notons également la présence de restes d'artisanat, notamment sous la forme de scories (fig. 13F), et la présence de fragments de roches volcaniques allochtones (fig.14A-14B), provenant potentiellement d'objets en pierre comme des meules. La bioturbation très limitée (ca 5 % de biogaleries) suggère de nouveau une accumulation rapide du dépôt situé à l'air libre. À cet égard, rapportons également la présence de rares revêtements poussiéreux, exprimant une surface non-protégée³⁵.

La présence combinée de jarosite et de pyrite (voir encart) indique non seulement un engorgement non-permanent, mais également des conditions acides³⁶. Le pH modérément alcalin que nous observons aujourd'hui (tableau 5), résulte sans doute d'une neutralisation par les nombreux déchets alcalins (mortier, ossements, ...). La présence de frustules de diatomées, de spicules d'éponges et de chrysophycées reflète également l'environnement humide, à condition qu'elles ne soient pas héritées de la matrice alluviale³⁷.

L'**US 76** semble être un remblai composé d'un mélange d'agrégats de sédiments similaires aux **US 77** et **78** et de sédiments plutôt naturels locaux (limono-sableux avec traces d'illuviation d'argile sous forme de remplissages et revêtements) avec peu d'inclusions anthropiques (charbons fins). La porosité plus élevée reflète une bioturbation plus importante et suggère une situation de cette unité en surface ou à proximité de la surface pendant une période prolongée. Ceci explique également la rareté des excréments dans cette unité et les nombreuses néoformations phosphatées, sans doute formées lors de la dégradation des restes fécaux. La présence de cristaux de vivianite et de nodules de fer orthiques³⁸ indiquent des conditions humides, avec engorgement non-permanent³⁹. Notons à nouveau la présence de frustules de diatomées, de spicules d'éponge et de cystes de chrysophycées.

L'**US 75** peut également s'identifier comme un remblai composé d'un mélange de sédiments riches en matière organique et en restes fécaux dégradés et de sédiments plutôt naturels. La partie supérieure de cette

35: COURTY *et al.*, 1989; SIMPSON, 1997; FRENCH, 2003.

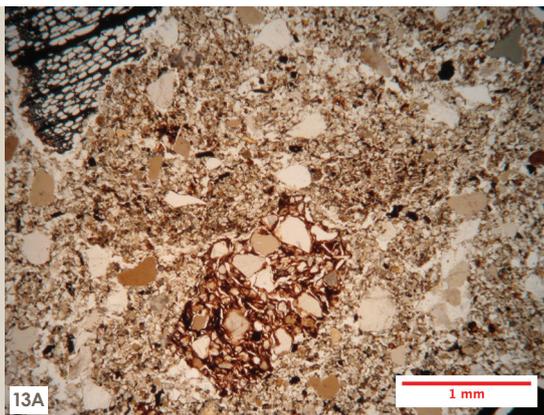
36: Formation d'un sol acide à sulfates. Des observations similaires ont été faites sur le site de la rue d'Une Personne (voir DEVOS, 2001).

37: DEL CARMEN GUTIÉRREZ-CASTORENA & EFFLAND, 2010.

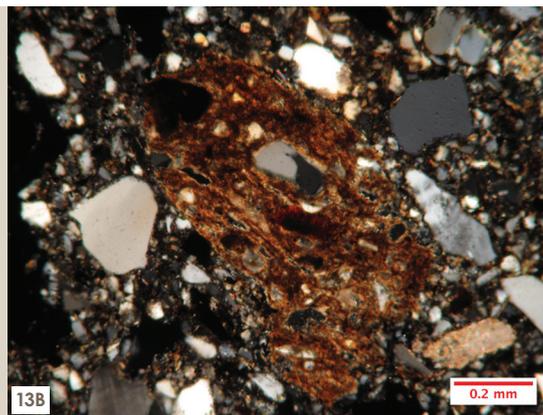
38: Nodules de fer formés in situ (voir: STOOPS, 2003).

39: CAMMAS, 1994.

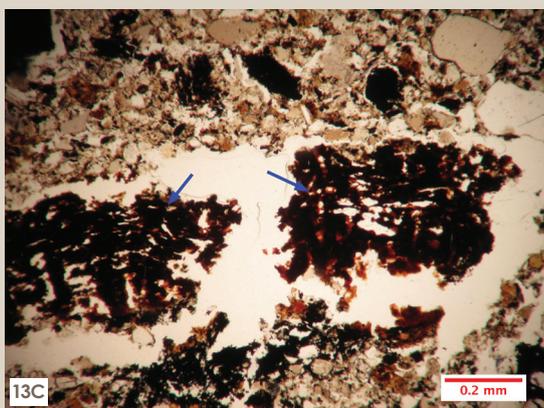
13A Fragment de céramique subangulaire (PPL, US 109).
© SPRB-DMS



13B Fragment de céramique arrondi incorporé dans une matrice de quartz non trié (XPL, US 109).
© SPRB-DMS



13C Fragment de tourbe (flèches bleues). Notons la présence de restes carbonisés en dessous et au-dessus (PPL, US 119).
© SPRB-DMS



13D Fragment d'une graine minéralisée (phosphaté) (PPL, US 77).
© SPRB-DMS



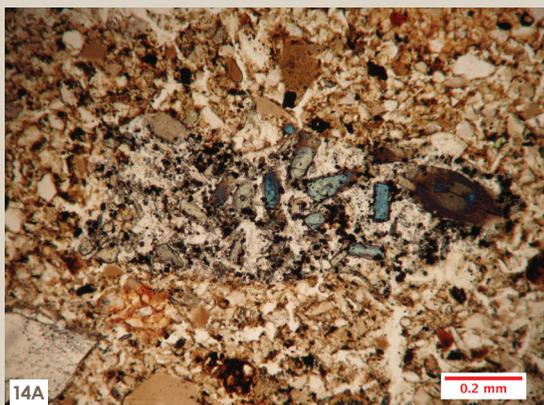
13E Fragment d'une graine (PPL, US 77).
© SPRB-DMS



13F Scorie, goutte (PPL, US 77).
© SPRB-DMS

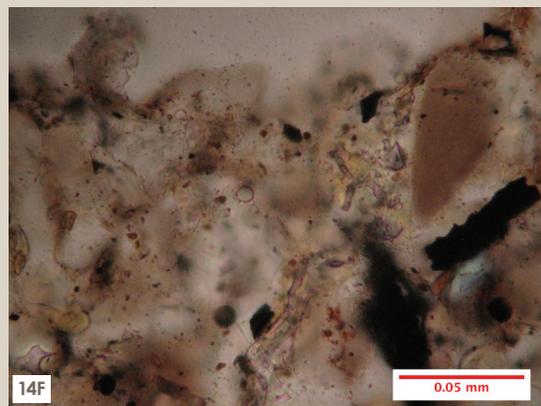
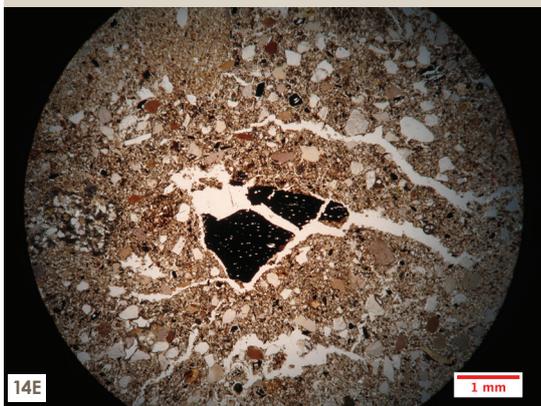
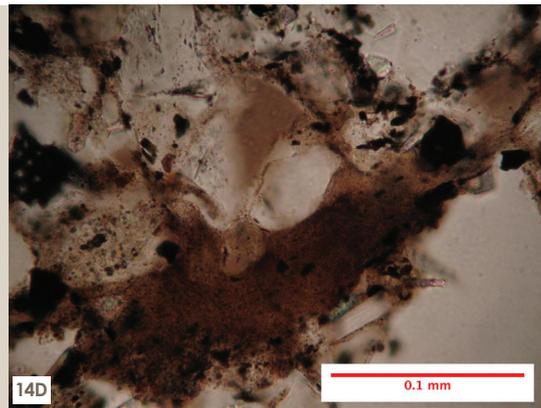
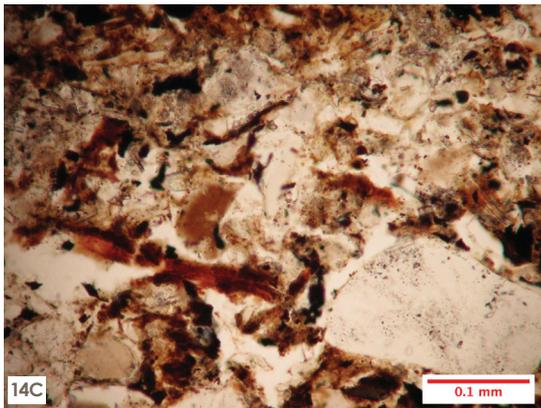


14A Fragment d'une roche volcanique (PPL, US 119).
© SPRB-DMS



14B Fragment d'une roche volcanique (XPL, US 119).
© SPRB-DMS





14C Amas de phytolithes et de tissus organiques (PPL, US 74).
© SPRB-DMS

14D Revêtement poussiéreux (PPL, US 119).
© SPRB-DMS

14E Microstructure fissurée. Notons la présence d'un fragment de charbon de bois (flèche bleue) et d'un fragment de mortier (flèche rouge) (PPL, US 119).
© SPRB-DMS

14F Phytolithes articulés légèrement perturbés. Notons également la présence d'une cyste de chrysophycée (PPL, US 75).
© SPRB-DMS

unité est presque exclusivement composée de restes fécaux dégradés et de matière organique. Cette dernière résulte d'avantage de la décomposition de restes végétaux. Leur faible stratification horizontale suggère un piétinement ou une compaction⁴⁰. La limite abrupte avec l'**US 74**, ainsi que la bioturbation limitée suggère que cette unité a été rapidement couverte par l'**US 74b**. La néoformation de pyrite et de vivianite indique des changements hydrologiques, voir une nappe d'eau fluctuante⁴¹.

L'**US 74b** est moins riche en matière organique que l'**US 75**. Elle se compose également d'une accumulation de restes d'origines diverses. Ainsi, nous avons pu identifier des restes domestiques (de nombreux charbons de bois, de rares coquilles d'œufs, de fragments osseux et de phytolithes vitrifiés) et de nombreux restes détritiques sous la forme de rares excréments et de nombreuses néoformations phosphatées. La néoformation de vivianite, ainsi que la présence de pseudomorphes ferreux de restes végétaux, indique des changements hydrologiques, voir une nappe d'eau fluctuante⁴². Notons à nouveau la présence de frustules de diatomées, de spicules d'éponge et de cystes de chrysophycées.

La limite abrupte entre l'**US 74b** et l'**US 74** indique également sa couverture immédiate.

L'**US 74** s'apparente aux unités **78** et **77**. Elle peut également s'identifier comme une accumulation de restes fécaux mélangés à des restes végétaux, domestiques (charbons de bois, restes osseux, phytolithes vitrifiés, ...) et de construction (mortier, ...). La période d'exposition de cette unité a été plutôt brève, comme en témoigne la bioturbation plutôt limitée. Cependant, une dégradation et dissolution de mortier se relève. Ce processus, incité par les conditions acides de l'époque, a induit la libération de grains minéraux, essentiellement du sable moyen (fig. 15E-15F). Ceci indique qu'une partie de la fraction minérale composant l'unité provient de fragments dégradés de mortier, principe reconnu de formation de Terre Noire⁴³. Notons également la présence de revêtements poussiéreux suggérant une surface non-protégée⁴⁴. La néoformation de pyrite et de vivianite, ainsi que la présence de pseudomorphes ferreux de restes végétaux, indique des changements hydrologiques, voir une nappe d'eau fluctuante⁴⁵. Notons également la présence de frustules de diatomées et de chrysophycées.

40: MILLER *et al.*, 2009.

41: CAMMAS, 1994.

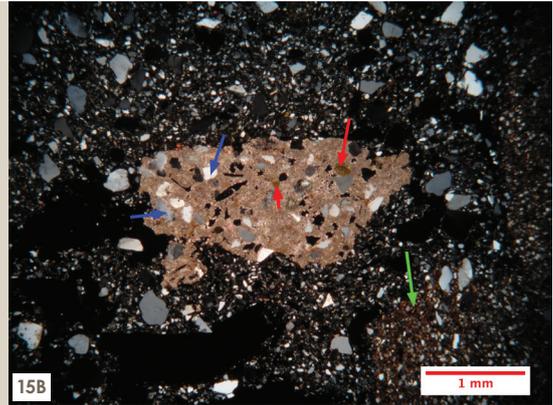
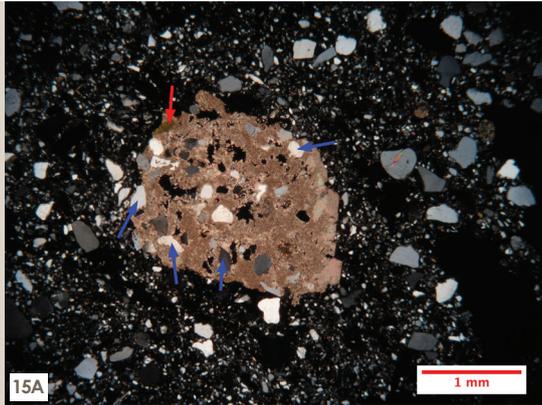
42: CAMMAS, 1994.

43: VOÏR MACPHAIL, 1994.

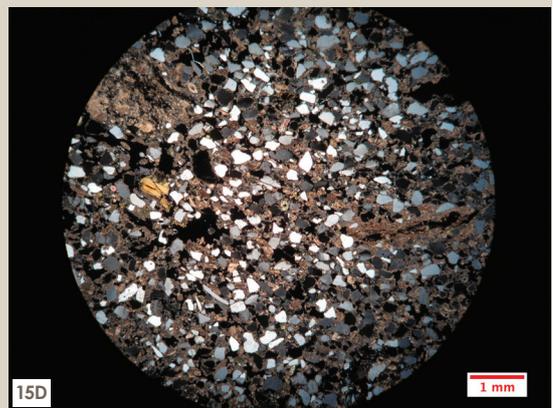
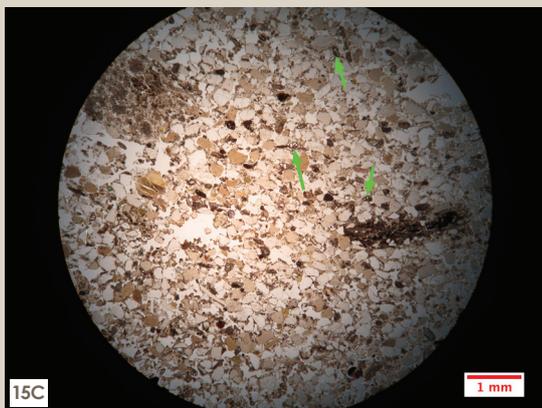
44: COURTY *et al.*, 1989;
SIMPSON, 1997;
FRENCH, 2003.

45: CAMMAS, 1994.

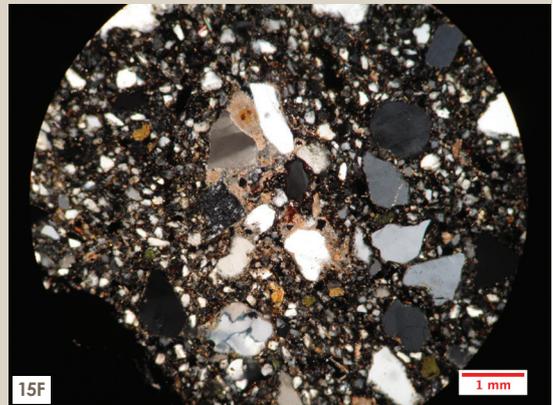
15A Fragment de mortier à dégraissant de quartz sableux (flèches bleues) et de glauconie (flèches rouges). Le fragment s'incorpore dans une matrice non calcaire et non triée (XPL, US 77).
© SPRB-DMS



15B Fragment de mortier à dégraissant de quartz sableux (flèches bleues) et de glauconie (flèches rouges). Le fragment s'incorpore dans une matrice non calcaire et non triée. Notons également la présence d'un fragment de sol arrondi (flèche verte), indiquant une accumulation importante de restes de construction/destruction (XPL, US 109).
© SPRB-DMS

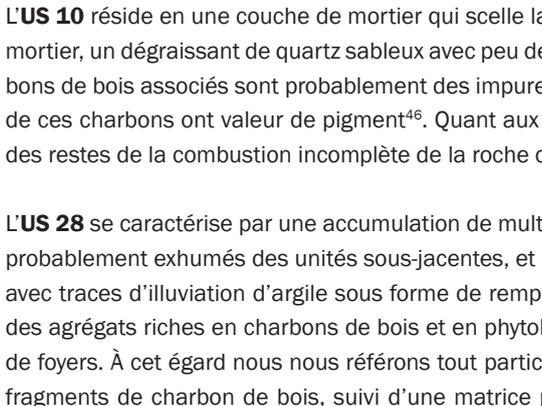


15C US 10 : mortier à dégraissant de quartz sableux avec peu de glauconie. Notons également la présence de microfossiles (flèches vertes) (PPL).
© SPRB-DMS

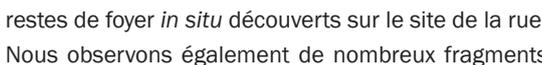


15D US 10 : mortier à dégraissant de quartz sableux avec peu de glauconie (XPL).
© SPRB-DMS

15E Fragment de mortier partiellement dégradé. Sa dissolution résulte en la libération de grains de quartz sableux (PPL, US 119).
© SPRB-DMS



15F Fragment de mortier partiellement dégradé. Sa dissolution résulte en la libération de grains de quartz sableux (XPL, US 119).
© SPRB-DMS



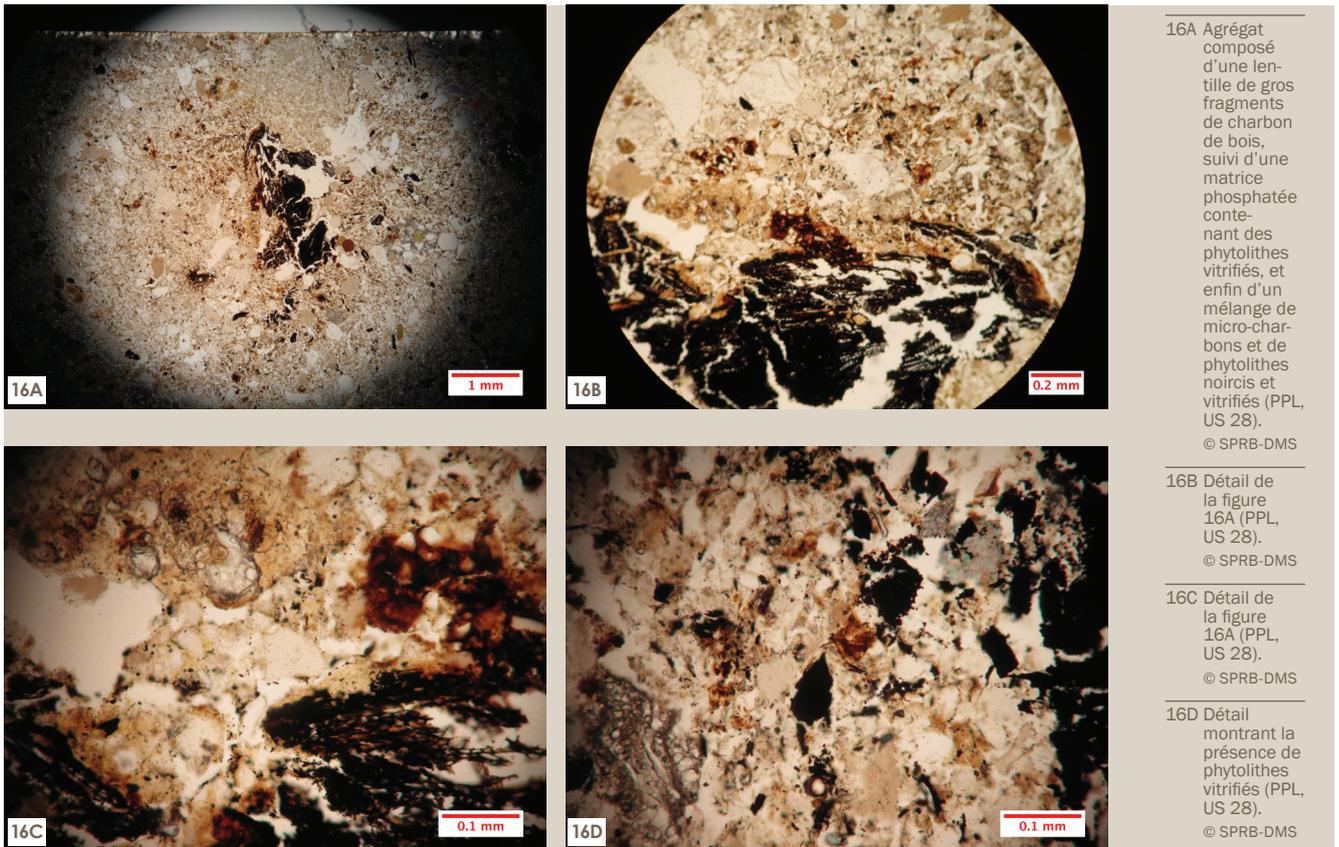
L'US 10 réside en une couche de mortier qui scelle la séquence de Terres Noires sous-jacente. Au sein de ce mortier, un dégraissant de quartz sableux avec peu de glauconite s'observe (fig. 15C-15D). Les quelques charbons de bois associés sont probablement des impuretés liées au processus de calcination, bien que certains de ces charbons ont valeur de pigment⁴⁶. Quant aux microfossiles observés, il s'agit soit de dégraissant soit des restes de la combustion incomplète de la roche calcaire utilisée pour la réalisation du mortier.

L'US 28 se caractérise par une accumulation de multiples types de sédiments. Se relève ainsi des sédiments probablement exhumés des unités sous-jacentes, et des sédiments plutôt naturels et locaux (limono-sableux avec traces d'illuviation d'argile sous forme de remplissages et revêtements). En outre, nous avons observé des agrégats riches en charbons de bois et en phytolithes noircis et vitrifiés. Il s'agit probablement de restes de foyers. À cet égard nous nous référons tout particulièrement à un agrégat composé d'une lentille de gros fragments de charbon de bois, suivi d'une matrice phosphatée contenant des phytolithes vitrifiés, et enfin d'un mélange de micro-charbons et de phytolithes noircis et vitrifiés (fig. 16). Cette séquence rappelle les restes de foyer *in situ* découverts sur le site de la rue de Dinant⁴⁷.

Nous observons également de nombreux fragments de briques et de mortier, chose rare dans les Terres

46: Stoops et al., in press.

47: Voir Devos et al., 2009.



Noires sous-jacentes. Les fragments de mortier présentent des traces de dégradation et de dissolution, résultant en la libération de grains de quartz sableux⁴⁸. Signalons également la plus faible concentration de restes fécaux.

La bioturbation limitée et la préservation des différents agrégats suggèrent une accumulation rapide. La présence de cristaux emboîtés de vivianite et de nodules de fer orthiques indique que malgré sa position en hauteur de séquence, cette unité présente des conditions fortement humides, avec une nappe d'eau fluctuante. Notons également la présence de frustules de diatomées et de cystes de chrysophycées.

SO2 : coupe A-B

La coupe A-B de la tranchée SO2 expose également deux séquences de Terres Noires (fig. 17-18), cette fois séparées par une couche de briques et mortier (**US 107**). Nos observations se sont focalisées sur la séquence la plus ancienne (**US 109, 119, 120 et 121**). Elle se présente sous forme d'unités d'argile légère à argile limoneuse (fig. 7), homogènes et humifères. La couleur varie de gris pour l'**US 109**, à brun gris (clair) pour l'unité **119** et à gris olive (clair) pour les unités **120 et 121**. Le matériel archéologique associé les date des XIII^e-XV^e siècles⁴⁹.

Malgré l'homogénéité macroscopique, l'étude microscopique met à nouveau en évidence la présence d'agrégats hétérogènes, indiquant l'accumulation de matériaux grossièrement malaxés⁵⁰.

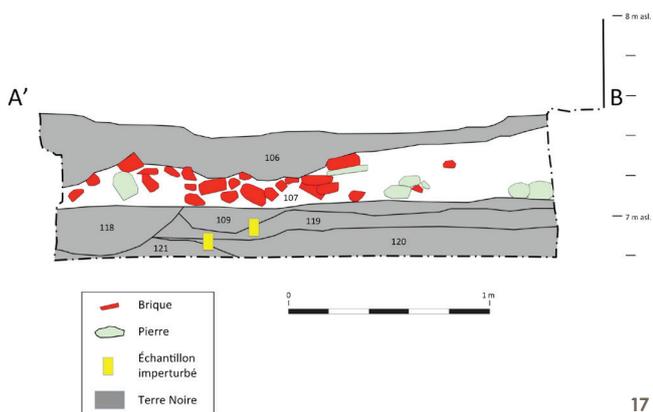
L'**US 121** s'avère toujours riche en restes fécaux, bien qu'en concentration moindre eu égard aux unités de la tranchée SO1. Par rapport aux unités observées dans la tranchée SO1, elle renferme nettement moins de restes organiques. En effet, la matière organique est souvent plus humifiée, voir transformée en fer, induisant la formation de nodules orthiques pauvrement imprégnés. Cette unité est caractérisée par l'omniprésence de phosphates secondaires (dont de la vivianite) sous forme de remplissages, revêtements et nodules. Elles résultent probablement de précipitations secondaires suite à la décomposition des restes organiques et fécaux. En combinaison avec les nodules de fer, les hypo-revêtements de fer autour des galeries de racines et la présence de vivianite, elles suggèrent des conditions fortement humides avec une nappe d'eau fluctuante⁵¹. Ceci

48: Pour une explication du processus: voir US 74.

49: PION, 2015.

50: CAMMAS, 2010.

51: STOOPS & ESWARAN, 1985.



17 Dessin de la coupe A'-B de la tranchée So2, dessin : C. Pion.
© SPRB-DMS

18 Photo de la tranchée So2, photo : C. Pion.
© SPRB-DMS

implique que l'origine de ces précipitations ne peut se déterminer avec certitude. En effet, elles peuvent être consécutives à la décomposition des restes présents dans l'unité en question, mais elles peuvent également provenir de la décomposition des restes dans les unités supérieures. L'humidité se reflète également par la présence de frustules de diatomées et de spicules d'éponge, bien que ces derniers puissent être hérités des sédiments alluviaux locaux⁵².

Les restes osseux brûlés et non brûlés en combinaison avec des fragments de charbons de bois et des phytolithes vitrifiés suggèrent l'accumulation de déchets domestiques (cuisine et/ou foyers)⁵³.

La présence de revêtements poussiéreux dans les fissures révèle une surface non-protégée⁵⁴, voire boueuse⁵⁵.

Notons également la présence de rares restes d'insectes. Bien que la plupart des phytolithes sont isolés ou en amas, de longues chaînes de phytolithes articulés s'observent localement ; Il en va potentiellement de restes de paille. Afin de confirmer cette hypothèse une étude des phytolithes en lame mince sera conduite.

L'US 120 présente une composition fortement similaire à celle de l'US 121 (indice de similarité de 89%) (tableau 7). Néanmoins, elle s'en différencie par une concentration de fragments de sol arrondis et brûlés. D'autres restes de constructions consistent en des fragments de mortier dont le liant, partiellement dissous, a libéré des sables moyens. Nous avons également observé plusieurs fragments de tourbe (fig. 19A). Les fragments osseux, en association avec les charbons de bois et les phytolithes vitrifiés,

proviennent probablement de déchets de cuisine⁵⁶. La présence de fragments de roches volcaniques allochtones, provenant potentiellement d'objets en pierre comme des meules, peut également relever des déchets domestiques. Cette unité se révèle également plus riche en matière organique. Elle se présente sous forme de restes végétaux à divers stades de décomposition/dégradation. Il ne peut donc être exclu que ces restes organiques ne partagent pas une origine commune.

La présence de nombreux nodules et remplissages phosphatés, ainsi que la présence de coprolithes carnivores-omnivores stigmatisent une accumulation de matières fécales.

Les pores de cette unité se caractérisent également par de nombreux revêtements poussiéreux. Ils indiquent une surface non protégée⁵⁷, voir boueuse⁵⁸.

L'observation de nodules de fer, de néoformations de cristaux de vivianite tout comme la présence de nombreux frustules de diatomées et de cystes de chrysophycées⁵⁹ indiquent une humidité importante avec engorgement non permanent.

52: DEL CARMEN GUTIÉRREZ-CASTORENA & EFFLAND, 2010.

53: WOUTERS *et al.*, in press.

54: COURTY *et al.*, 1989; FRENCH, 2003.

55: Voir MACPHAIL, 1994.

56: WOUTERS *et al.*, in press.

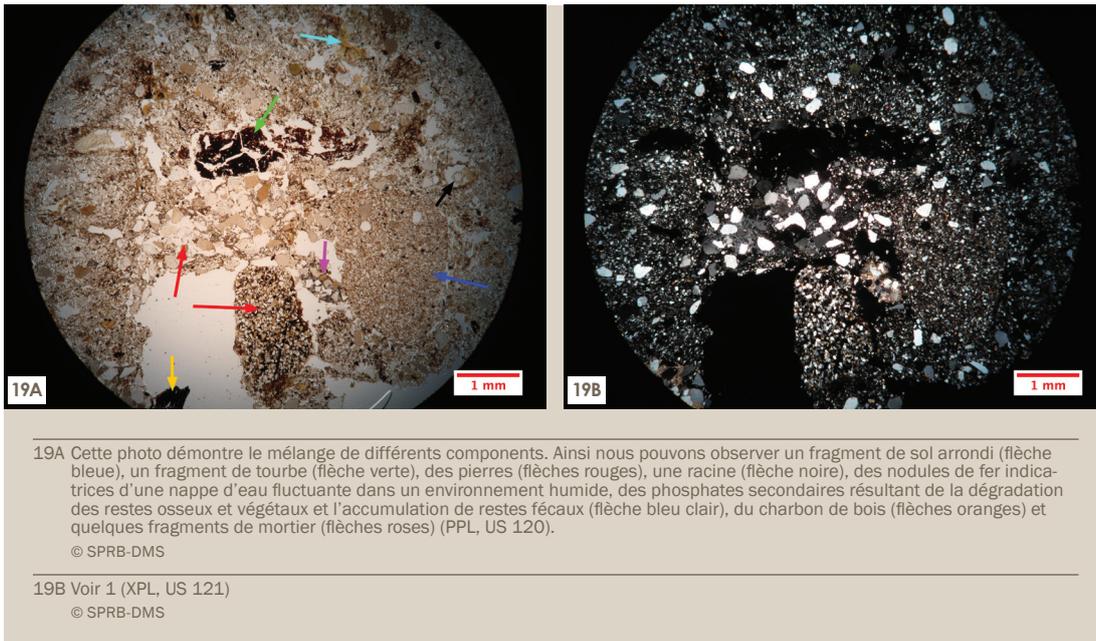
57: COURTY *et al.*, 1989; SIMPSON, 1997; FRENCH, 2003.

58: Voir MACPHAIL, 1994; MACPHAIL & GOLDBERG, 2010.

59: Nous rappelons que nous ne pouvons pas exclure qu'elles puissent être héritées des sédiments alluviaux locaux.

	US 77	US 78	US 109	US 119	US 120	US 121
US 77	100%	96%	93%	97%	87%	96%
US 78		100%	91%	94%	86%	94%
US 109			100%	94%	92%	94%
US 119				100%	88%	97%
US 120					100%	89%
US 121						100%

Tableau 7 : les indices de similarité.



L'**US 119** présente des caractéristiques similaires à l'unité **120**. En effet, nous observons à nouveau une accumulation de différents types de déchets : des restes de construction (terre cuite (fig. 21A), fragments de sol arrondis, mortier partiellement dissolu résultant en la libération de sables moyens), des déchets domestiques (fragments de charbon de bois, restes osseux brûlés et non-brûlés, écailles de poisson et phytolithes vitrifiés) et des déchets artisanaux attestés par de rares scories.

La présence de nombreux nodules et remplissages phosphatés, ainsi que la présence de coprolithes carnivores-omnivores reflètent une importante accumulation de matériaux fécaux. Les restes végétaux sont fortement décomposés et humifiés. Notons également la présence de pollen oxydés.

Les changements hydrologiques, voir la présence d'une nappe d'eau fluctuante s'indiquent par la présence de cristaux de vivianite et de nombreuses nodules de fer. Les conditions humides se marquent également dans la présence de cystes de chrysophycées et de spicules d'éponge⁶⁰.

Une bande ténue de fragments de charbons de bois marque la limite entre les unités **119** et **109**. Elle indique une discontinuité, probablement suite au recoupement de l'unité **119**.

L'**US 109** est composée d'un mélange de différents matériaux, probablement originaires des unités **119** et **120**. L'infiltration de sédiments fins lors des pluies a résulté en la formation de remplissages poussiéreux au sein des pores⁶¹. Ils soulignent le versement de sédiments meubles. Les conditions humides avec un engorgement temporaire sont établies par la présence de cristaux de vivianite et de nombreux nodules de fer. Elles se reflètent également dans la présence de cystes de chrysophycées et de spicules d'éponge⁶².

Les centimètres supérieurs de cette unité présentent des traces de piétinement. La présence de pores étouffés, de fissures horizontales⁶³, ainsi que l'orientation horizontale d'une partie des inclusions⁶⁴ corroborent cette identification.

L'étude micromorphologique établissant la présence de scories métalliques, la concentration des métaux lourds dans la solution de sol a été analysée.

L'étude de la pollution par les métaux lourds se doit d'envisager deux aspects :

1. la mise en évidence de teneurs élevées par rapport à un bruit de fond naturel ;
2. l'impact sur l'environnement (la nocivité potentielle).

L'interprétation des teneurs en métaux lourds requière l'estimation de la teneur naturelle en métaux lourds des sédiments étudiés. En effet, elles varient selon les roches-mères qui composent les sols (tableau 8)⁶⁵. Pour ce faire, nous nous référons au système d'estimation des bruits de fond VLAREBO, 1996⁶⁶ qui tient compte des teneurs en matière organique et de la texture.

60: Sachant que nous ne pouvons pas exclure qu'elles puissent être héritées des sédiments alluviaux locaux.

61: MACPHAIL & GOLDBERG, 2010.

62: Sachant que nous ne pouvons pas exclure qu'elles puissent être héritées des sédiments alluviaux locaux.

63: MATTHEWS *et al.*, 1997.

64: RENTZEL & NARTEN, 2000; MILLER *et al.* 2009.

65: VAN ROMPAEY, 1998; COLINET, 2003.

66: VLAREBO, 1996.

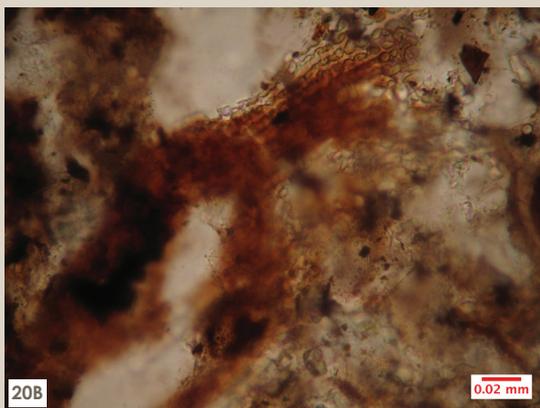
	Roche ultramafique	basalte	granite	schiste et argiles	calcaire	grès
Cd	0,05	0,2	0,1 - 0,15	0,25 - 1,4	0,05 - 0,1	< 0,04 - 0,05
Cu	15 - 40	90	12 - 15	45 - 50	4 - 6	2
Pb	0,05 - 1	4 - 6	18 - 20	20 - 22	5 - 9	10 - 12
Ni	2000	130 - 140	5 - 8	68 - 70	5 - 20	2
Zn	40 - 60	100 - 110	40 - 50	90 - 100	20 - 40	16 - 20

Tableau 8 : la moyenne des teneurs en métaux lourds observées dans différents roches (en ppm) (d'après Van Rompaey, 1998 référant à Adriano, 1986; Alloway, 2013.) (PPL, US 77).

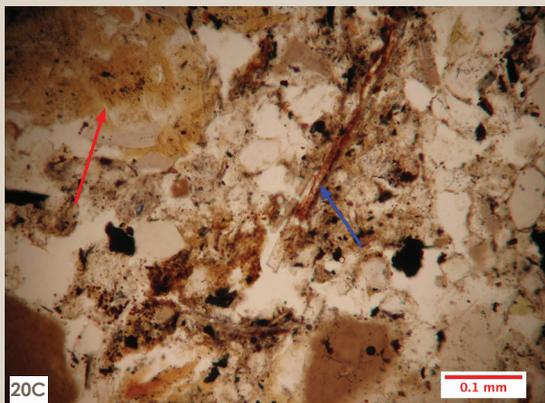
20A Fragment d'une inflorescence (flèche bleue). Notons également la présence d'un excrément (flèche rouge) (PPL, US 77).
© SPRB-DMS



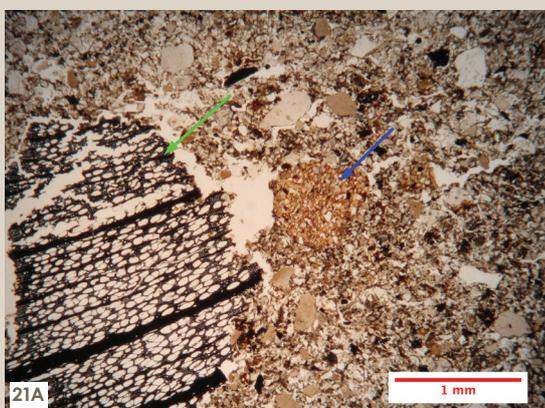
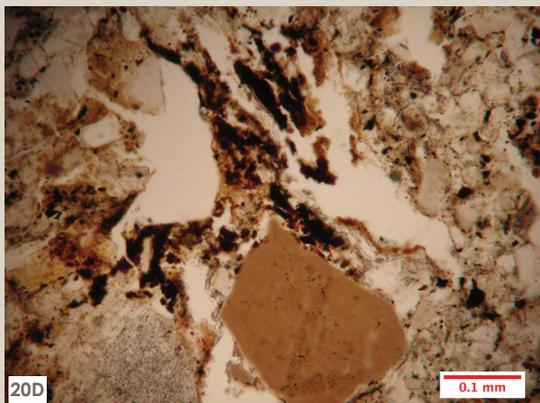
20B Détail d'une inflorescence. Notons la présence de phytolithes articulés (PPL, US 74).
© SPRB-DMS



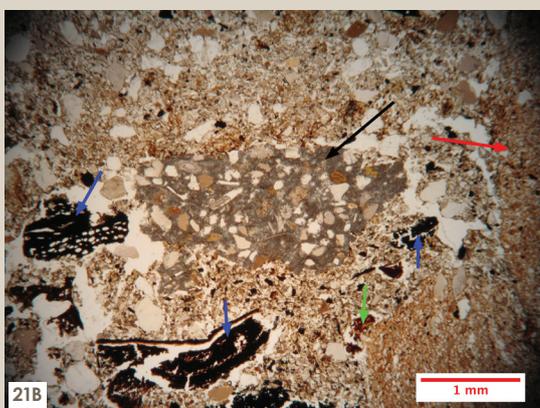
20C Excrément (flèche rouge) et tissu organique contenant des phytolithes articulés (flèche bleue) (PPL, US 76).
© SPRB-DMS



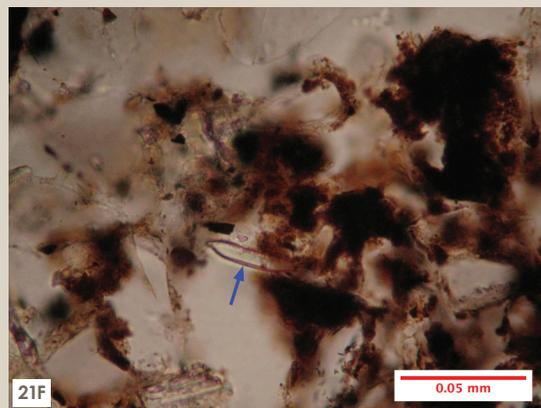
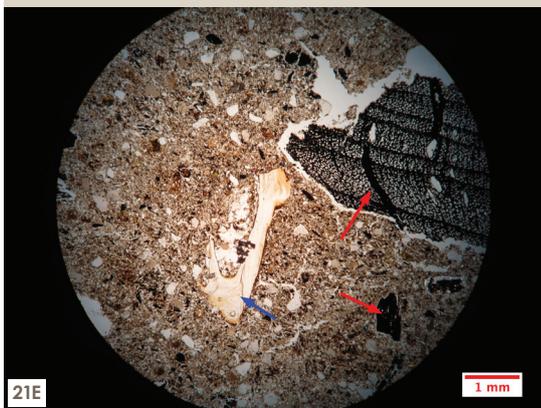
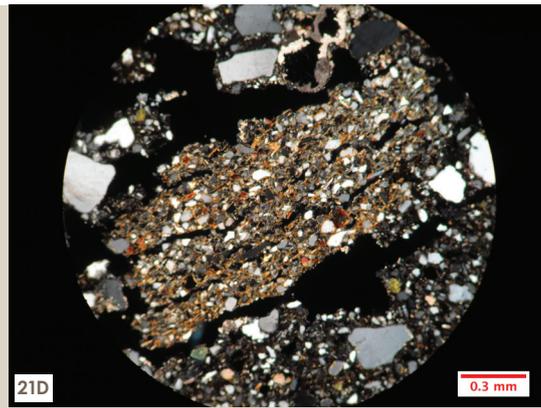
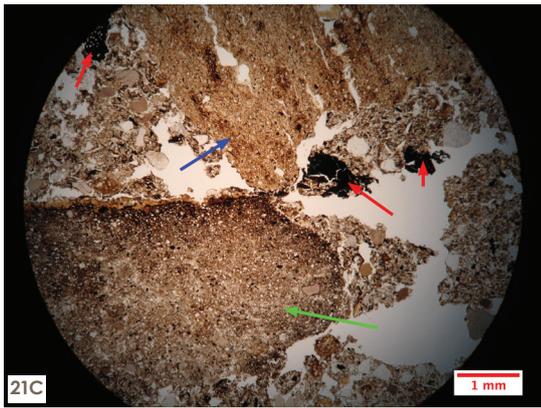
20D Ici la matière organique est moins bien préservé. Les phytolithes ont cependant préservé leur position anatomique (PPL, US 76).
© SPRB-DMS



21A Fragment de sol brûlé arrondi (flèche bleue) et charbon de bois (flèche verte), incorporés dans une matrice de quartz non trié. Notons également une importante fraction organique fine (PPL, US 109).
© SPRB-DMS



21B mélange de restes carbonisés (flèches bleues), de fragments végétaux ferrugineux (flèche verte), de mortier (flèche noire) et d'un fragment de sol arrondi brûlé (flèche rouge), dans une matrice de quartz non trié (PPL, US 109).
© SPRB-DMS



21C Tesson (flèche verte), charbon de bois (flèches rouges) et fragment de sol brûlé (flèche bleue) (PPL, US 76).
© SPRB-DMS

21D Détail de fragment de sol angulaire à structure lamellaire. La structure lamellaire suggère qu'il pourrait s'agir d'un fragment d'un sol en terre battue ou pisé (XPL, US 28).
© SPRB-DMS

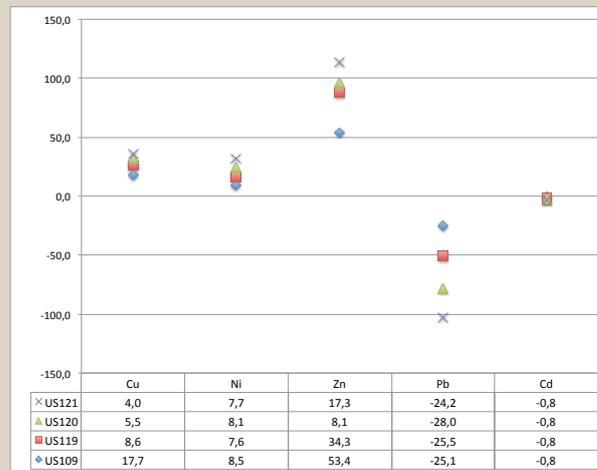
21E Distribution aléatoire de fragments de carbonisés (flèches rouges) et d'un fragment osseux (flèche bleue) au sein d'une matrice non triée. Notons également la présence de nodules de fer, indicatrices d'un environnement humide (PPL, US 119).
© SPRB-DMS

21F Diatomée (flèche bleue) provenant d'un environnement humide, entourée d'une masse organique fine (PPL, US 74).
© SPRB-DMS

Toute la séquence étudiée présente des teneurs élevées en cuivre, nickel et zinc (fig. 22).

Plusieurs hypothèses peuvent rendre compte de ces enrichissements :

- des variations dans le bruit de fond. Pour la vallée de l'Orneau, Colinet rapporte pour une série de sols non affectés par des activités anthropiques des teneurs en Nickel nettement plus élevées (tableau 9)⁶⁷.
- des pratiques de fumage ou une accumulation de déchets organiques : des teneurs de 17,5 ppm Cu, 9,6 ppm Ni et 7,5 ppm Pb dans les fumiers ont été enregistrées⁶⁸.



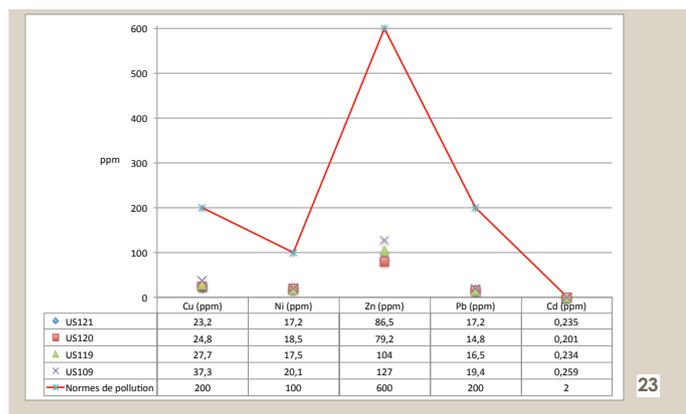
22

	schiste	calcaire	dolomie	grès calcaire	grès	argile	sable	colluvions	loess
Cu	31,8	9,4	5,8	9,4	9,5	26,4	3,7	12,6	14,4
Zn	107,5	31,6	32,0	55,6	32,6	82,0	22,3	46,9	52,1
Ni	66,4	21,5	30,7	ND	ND	40,4	22,9	19,1	28,3
Pb	24,5	4,6	ND	ND	ND	23,3	7,2	18,1	13,9

Tableau 9 : la moyenne des teneurs en métaux lourds observées dans différentes roches et sédiments de la vallée de l'Orneau en Hesbaye (d'après les données de Colinet, 2003).

67: COLINET, 2003.

68: VAN ROMPAEY, 1998, référant à RAVEN & LOEPPERT, 1997.



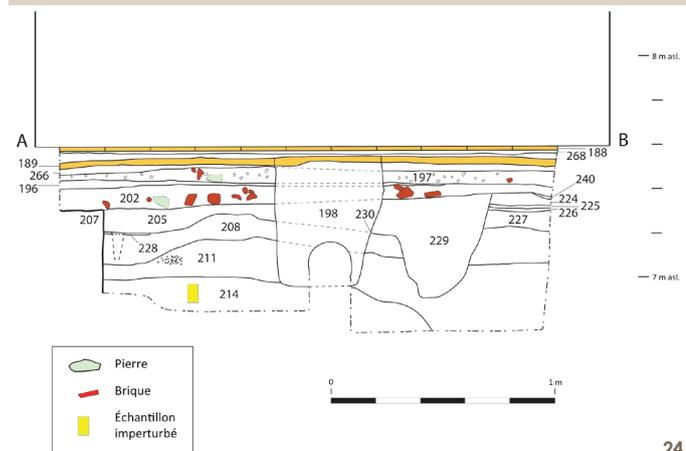
23

- la proximité d'une activité de type sidérurgie non-ferrique. En effet, des contaminations fort importantes associées à cette activité se marquent⁶⁹. Au vu de la présence de rares scories, la proximité d'une telle activité ne peut être exclue.

- une pollution récente. Le site étant scellé par le sol de la maison actuelle, cette hypothèse paraît peu vraisemblable.

Afin d'estimer la nocivité potentielle de ces teneurs en métaux lourds, nous nous référons à la législation actuelle⁷⁰ dans le domaine. Elles soulignent que les teneurs atteintes ne dépassent nullement les normes de pollution du sol (fig. 23). Elles ne présenteraient donc pas de risque de nocivité en termes de santé publique.

S07 : coupe A-B



24

La coupe A-B de la tranchée S07 expose des Terres Noires (fig. 24-25), argileuses, grisâtres et homogènes, riches en charbons de bois, datant des XIII^e-XV^e siècles⁷¹. Ici nos observations se sont également concentrées sur l'unité la plus ancienne de la séquence (**US 214**).

Malgré la distance latérale, l'**US 214** présente des caractéristiques très semblables aux unités de Terre Noire observées dans les tranchées S01 et S02.

Elle se compose également d'un mélange de matériaux de différentes origines. Nous relevons tout d'abord l'accumulation de matières fécales. En relèvement, les coprolithes de carnivores-omnivores, les nodules et remplissages phosphatés, l'imprégnation de la matrice sédimentaire avec une argile montrant un motif de biréfringence tacheté, potentiellement liée à la présence de phosphates isotropes. La présence combinée de restes osseux, d'écailles de poisson, de charbon de bois et de phytolithes vitrifiés et noircis reflète l'accumulation de déchets domestiques (cuisine et/ou foyer domestique). Les nombreux fragments de sol arrondis et les fragments de terre cuite soulignent également l'importance des déchets de construction. Finalement, nous avons également relevé la présence de nombreux vestiges végétaux, à différentes étapes de décomposition/humification. Notons également l'omniprésence de phytolithes (souvent articulés) associés à ces restes végétaux. Leur étude ultérieure aidera à mieux comprendre l'histoire et la signification de ces restes.



25

Des revêtements et des intercalations poussiéreux témoignent de l'infiltration de la fraction fine, suite à la présence d'une surface non-protégée, et/ou le versement de sédiments meubles⁷². En effet, la bioturbation par la mésofaune et/ou les racines, soulignée par la présence de galeries, confirme qu'il s'agit d'une accumulation dans un contexte extérieur. Mais, une fois de plus, son importance limitée témoigne d'une accumulation rapide.

Les cristaux emboîtés de vivianite, les hypo-revêtements ferreux autour des pores et les nodules de fer orthiques sont autant d'indices de conditions humides avec engorgement non-permanent. Nous avons également observé de spicules d'éponges et chrysophycées indicateur d'un environnement humide.

69: ALLOWAY, 2013.

70: Moniteur Belge, 13/01/2005.

71: PION, 2015.

72: COURTY et al., 1989; MACPHAIL & GOLDBERG, 2010.

SO 2 et SO 3 : carottages

À la base des tranchées SO 2 et SO 3, des carottages ont été réalisées (Tableau 5, p. 10).

Ces carottages démontrent la présence de dépôts limono-argileux. À leur base s'observe localement une fine couche tourbeuse, suivie de couches plus grossières (sables et graviers), confirmant la présence de dépôts alluviaux proposée par la carte géotechnique.

Le niveau tourbeux a été échantillonné pour une étude palynologique et datation ^{14}C , car les dépôts tourbeux se prêtent particulièrement bien à la reconstitution de la paléovégétation régionale⁷³.

73: Devos, 2010; Court-Picon, 2008.

74: Henne & Wauters, 1845.

75: Guillerme, 1983.

76: Henne & Wauters, 1845.

Discussion

L'ensemble des Terres Noires étudiées témoigne d'une accumulation rapide de différents types de déchets, avec quelques hiatus sans doute consécutif aux recoupements des dépôts. Malgré la vulnérabilité des restes organiques dans des conditions d'engorgement non continue, nous observons que ces dépôts contiennent une quantité considérable de restes fécaux. Ceci est également reflété par le teneur en phosphore rappelant les teneurs observées ailleurs à Bruxelles dans des latrines. En effet, la latrine sur le site de la rue Sainte-Catherine, 12-14, présente des teneurs de Ptot de plus de 10.000 ppm. Cependant, l'hypothèse d'une latrine paraît peu probable au vu de l'extension de ces Terres Noires (fig. 4). En effet, elles s'observent dans toutes les coupes étudiées. Considérant le mélange des restes fécaux aux déchets de cuisines, de foyer et de restes de construction/démolition, l'identification d'une zone extérieure où ces déchets étaient accumulés s'impose. Henne et Wauters mentionnent la présence d'une rue appelée « Pisstraetken » au xv^{e} siècle, vraisemblablement située dans la parcelle étudiée⁷⁴. Ceci pourrait correspondre aux « rues immondes » que Guillerme⁷⁵ mentionne pour la Renaissance. Il s'agit d'impasses où les déchets fécaux s'accumulaient. En outre les auteurs nous parlent de la présence d'une « stadheimelicheit », une espèce de marais ou conduite d'eau, dénommé égouts communs, construite vers la fin du xiv^{e} siècle et habitée par un grand nombre de filles publiques, sans qu'ils puissent préciser son emplacement exact⁷⁶.

La présence d'une fraction végétale importante peut refléter l'ajout de paille pour réduire les odeurs et/ou pour rendre cet environnement plus aisément praticable. Afin de confirmer (ou infirmer) cette hypothèse, nous attendons les résultats des études archéobotaniques (études des macrorestes, ainsi que l'étude des phytolithes en lames minces).

Conclusions

L'étude géoarchéologique a permis de confirmer et de préciser les données fournies par la *Carte géotechnique de Bruxelles*. Elle met en évidence un environnement caractérisé par d'épaisses couches d'origine alluviale. Du haut vers le bas nous avons pu observer la présence de dépôts limono-argileux, localement d'une mince couche tourbeuse, des limons, des sables et des graviers.

L'étude des Terres Noires démontre que toutes les activités se sont développées dans un environnement humide sans engorgement continu du sol. Ceci implique que les conditions de préservation des restes organiques sont loin d'être optimales. Ceci vaut particulièrement pour les pollen, facilement dégradés par l'oxydation du sol.

Malgré leur homogénéité macroscopique, l'étude micromorphologique a mis en évidence une accumulation progressive et rapide mais avec quelques hiatus, de déchets qui témoignent d'une activité intense dans le quartier. En effet, de nombreux restes de mortier et de fragments de sol arrondis témoignent d'activités de construction et/ou de démolition incessantes. Il faut également souligner l'importance de restes de terre crue dans l'ensemble de ces Terres Noires. Quant à la présence des nombreux restes fécaux, ils suggèrent l'utilisation du lieu comme 'rue immonde'. Ici, les analyses des restes fécaux (parasites et analyses biomoléculaires) doivent détailler d'avantage leur nature. En outre, elles peuvent documenter les maladies potentielles de la population.

Enfin, nous rappellerons également l'apport de déchets domestiques et l'omniprésence de restes végétaux. Quant à l'origine de ces dernières, les études macrobotaniques et l'étude des phytolithes en lames minces devraient apporter des données complémentaires.

Samenvatting

Geoarcheologische studie van de site Steenstraat nr. 18-20 en Henri Mausstraat nr. 33 - 47 in Brussel

Yannick Devos & Cristiano Nicosia

Bij de opgraving van de site van de Steenstraat in 2010, kwamen verscheidene zwarte lagen aan het licht. Dit zijn dikke donkerkleurige, homogene humusrijke pakketten, vaak rijk aan artefacten. Meerdere studies in het centrum van de stad hebben aangetoond dat deze zwarte lagen getuigen van verschillende menselijke activiteiten, die met behulp van conventionele technieken moeilijk aan te tonen zijn. Na hun ontdekking werd een geoarcheologische veldstudie uitgevoerd in het kader van de conventie ARC/CREA/2009-246. Vervolgens werden monsters genomen, zowel voor geoarcheologische als voor archeobotanische en archeozoologische studies. In het kader van de geoarcheologische studie werden zowel fysico-chemische analyses uitgevoerd als een micromorfologische studie.

Het geoarcheologisch onderzoek toont aan dat de zwarte lagen op het site van de Steenstraat getuigen van een snelle accumulatie van de verschillende soorten afval, met enkele hiaten die wijzen op het weggraven/doorsnijden van een deel van de pakketten. Ondanks de kwetsbaarheid van de organische resten in niet-permanent waterverzadigde contexten, stellen we vast dat deze lagen een aanzienlijke hoeveelheid fecale resten bevatten. Deze hoge concentratie aan uitwerpselen wordt ook weerspiegeld in het hoge fosforgehalte, vergelijkbaar met dat van latrines die elders in Brussel werden aangetroffen. Toch lijkt de hypothese van een latrine onwaarschijnlijk gezien de grote oppervlakte waarover de zwarte laag zich uitstrekt. Het vermengen van uitwerpselen, keuken-, haard-, en bouwafval wijst eerder op de accumulatie van deze resten in open lucht. Henne en Wauters maken melding van de aanwezigheid van een straat genaamd «Pisstraatken» in de vijftiende eeuw, gelegen in de onderzochte wijk. Dit zou kunnen overeenkomen met de «rues immondes» uit de renaissance waar André Guillerme het over heeft in zijn boek 'Les temps de l'eau'. Dit zijn steegjes waar uitwerpselen zich ophoopten. Henne en Wauters vermelden bovendien de aanwezigheid van een «stadheimelicheit», een soort moeras of open riool, gebouwd in de late veertiende eeuw, maar ze geven geen exacte locatie op. De aanwezigheid van een grote concentratie aan plantenresten is mogelijk te wijten aan het toevoegen van stro om de geurhinder te beperken en/of om de doorgang te vergemakkelijken. Om deze hypothese te bevestigen, is het wachten op de resultaten van de archeobotanische studies (macroresten, en fytoleten).

Conclusies

De geoarcheologische studie bevestigt het alluviale karakter van de site. Van boven naar beneden observeerden we de aanwezigheid van een lemige kleilaag, lokaal een dunne veenlaag, leem-, zand- en grindlagen.

De studie van de zwarte lagen toont voorts aan dat alle aangetroffen menselijke activiteiten plaatsvonden in een natte omgeving. Ondanks het vochtige karakter, was de bodem niet continu waterverzadigd. Dit impliceert dat de condities voor de bewaring van organische resten verre van optimaal zijn. Dit geldt in het bijzonder voor pollen die gemakkelijk aantasten bij oxidatie van de bodem.

Ondanks hun macroscopische homogeniteit, toonde de micromorfologische studie aan dat de zwarte lagen het resultaat zijn van een progressieve en snelle accumulatie, die getuigt van een intense activiteit in de wijk. Inderdaad, de vele overblijfselen van mortel en hutteleem wijzen op continue bouw- en sloopwerkzaamheden. De talloze resten van uitwerpselen suggereren een open riool. De studie van die fecale resten (zowel botanische en biomoleculaire analyses, als de studie van parasieten) zal ons meer kunnen vertellen over voedselconsumptie, ziekten en hygiëne van de toenmalige bevolking.

Bibliographie

- AFNOR, 1999. *Recueil de normes: qualité des sols*. Association Française de Normalisation, Paris.
- ALLOWAY, B.J., 2013. Sources of Heavy Metals and Metalloids in Soils. In : ALLOWAY, B.J. (éd.), *Heavy Metals in Soils : Trace Metals and metalloids in Soils and their Bioavailability*. Springer, Dordrecht, pp. 11-50. (=Environmental Pollution, 22).
- ARPIN, T.L., MALLOL, C. & GOLDBERG, P., 2002. A new method of analyzing and documenting micromorphological thin sections using flatbed scanners: Applications in geoarchaeological studies. *Geoarchaeology* 17, 3 : 305-313.
- BAIZE, D., 2000. *Guide des analyses en pédologie, choix – expression – présentation – interprétation*. INRA, Paris. (=Techniques et pratiques).
- BECKMANN, T., 1997. Präparation bodenkundlicher Dünnschliffe für mikromorphologische Untersuchungen. In: STAHR, K. (Ed.), *Mikromorphologische Methoden in der Bodenkunde, Hohenheimer Bodenkundliche Hefte, Heft 40*. Universität Hohenheim, Stuttgart.
- BORING kb31d88w-B1492. https://dov.vlaanderen.be/dov-intra/rapportservlet?connection=dov&proefid=86917&outputformat=PDF&rapportnaam=Ident_Boring&rapporttitel=Boring%20kb31d88w-B1492 (page consultée en décembre 2015).
- CABUY, Y. & DEMETER, S., 1995. *Brussel vijfhoek. Archeologisch potentieel*. Ministerie van het Brusselse Hoofdstedelijk Gewest/Koninklijke Musea voor Kunst en Geschiedenis, Bruxelles. (=Atlas van de archeologische ondergrond van het Gewest Brussel, 10.1)
- CAMMAS, C., 1994. Approche micromorphologique de la stratigraphie urbaine à Lattes: premiers résultats. *Lattara* 7 : 181-202.
- CAMMAS, C., 2010. Histoire microstratigraphique de structures d'habitat des îlots 1 et 27 de la ville de Lattara (-475/-375). *Lattara* 10 : 289-324.
- COLINET, G., 2003. *Éléments traces métalliques dans les sols. Contribution à la connaissance des déterminants de leur distribution spatiale en région linéaire belge*. Thèse de doctorat Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux inédit.
- COURT-PICON, M., 2008. *Résultats des analyses polliniques des sédiments archéologiques des sites de Treurenberg et Hôtel Lalain-Hoogstraeten (Région de Bruxelles-Capitale, Belgique)*. Rapport ROOTS inédit.
- COURTY, M.-A., GOLDBERG, P. & MACPHAIL, R., 1989. *Soils and Micromorphology in Archaeology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- DAM, J.P., NUYENS, J., PARENT, J. & THONNARD, R., 1976. *Carte géotechnique 31.3.7 Bruxelles*, Bruxelles.
- DAM, J.P., NUYENS, J., PARENT, J. & THONNARD, R., 1977. *Carte géotechnique 31.3.5 Bruxelles*, Bruxelles.
- DEGRAEVE, A., DEMETER, S., DEVOS, Y., MODRIE, S. & VAN BELLINGEN, S., 2010. Brussel voor 1200. Een archeologische bijdrage. In: DEWILDE, M., ERVYNCK, A. & BECUWE, F. (Eds.), *Cenulae recens factae. Een huldeboek voor John Demeulemeester*. Academia Press, Gent, p. 141-157.
- DEL CARMEN GUTIÉRREZ-CASTORENA, M. & EFFLAND, W.R., 2010. Pedogenic and Biogenic Siliceous Features. In: STOOPS, G., MARCELINO, V. & MEES, F. (Eds.), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, Amsterdam, p. 471-496.
- DEVOS, Y., 2001. *La pollution historique dans la ville : l'exemple du site de la rue d'Une Personne: Etude Archéopédologique du site de la rue d'Une Personne et synthèse*. Rapport ULB inédit.
- DEVOS, Y., 2002. *Étude archéopédologique du site de la rue d'Une Personne: Évaluation de la pollution ancienne*. Rapport ULB inédit.
- DEVOS, Y. 2003a. *Une perspective diachronique de l'environnement à Bruxelles et les nouvelles méthodes pour valoriser le patrimoine archéologique: Une liste de contrôle (checklist) adaptée : un outil efficace au service des archéologues*, rapport ULB inédit.
- DEVOS, Y. (éd.) 2010. *Une approche environnementale pour l'archéologie : Manuel pour l'échantillonnage pour les sciences environnementales à l'intérieur et autour des sites archéologiques*. Rapport CREA-Patrimoine (ULB) inédit.
- DEVOS, Y., 2013. *Manuel d'échantillonnage pour les sciences naturelles au sein et aux abords des sites archéologiques en Région de Bruxelles-Capitale (version : 15/07/2013)*. Rapport CREA-Patrimoine (ULB) inédit.
- DEVOS, Y., VRYDAGHS, L., LAURENT, C., DEGRAEVE, A. & MODRIE, S., 2007. L'anthropisation du paysage bruxellois au 10^e - 13^e siècle. Résultats d'une approche interdisciplinaire. In: *On the road again. L'Europe en mouvement. Medieval Europe Paris 2007. 4e Congrès international d'Archéologie Médiévale et Moderne, Session 7, Archéologies environnementales. 3 - 8 septembre Institut National d'Histoire de l'Art, Paris* (<http://medieval-europe-paris-2007.univ-paris1.fr/Y.Devos%20et%20al..pdf>).
- DEVOS, Y., VRYDAGHS, L., DEGRAEVE, A. & FECHNER, K., 2009. An archaeopedological and phytolitarian study of the "Dark Earth" on the site of Rue de Dinant (Brussels, Belgium). *Catena* 78 : 270-284. (<http://dx.doi.org/10.1016/j.catena.2009.02.013>)

- DEVOS, Y., VRYDAGHS, L., DEGRAEVE, A. & MODRIE, S., 2011a. Unravelling Urban Stratigraphy; the Study of Brussels' (Belgium) Dark Earth. An Archaeopedological Perspective. *Medieval and Modern Matters* 2 : 51-76.
- DEVOS, Y., FECHNER, K. & MIKKELSEN, J.H., 2011b. The application of phosphorus cartography to archaeological sites and structures: a state of the art and proposal of a protocol applicable for Belgium, Luxemburg and Northern France. In: FECHNER, K., DEVOS, Y., LEOPOLD, M. & VÖLKEL, J. (éds.), *Archaeology, Soil- and Life-Sciences Applied to Enclosures and Fields*. Archaeopress, Oxford, pp. 9-28 (=British Archaeological Reports, International Series, 2222).
- DEVOS, Y., NICOSIA, C., VRYDAGHS, L. & MODRIE, S., 2013. Studying urban stratigraphy: Dark Earth and a microstratified sequence on the site of the Court of Hoogstraeten (Brussels, Belgium). Integrating archaeopedology and phytolith analysis. *Quaternary International* 315 : 147-166.
- F.A.O., 1990. *Guidelines for Soil Description*. Food and Agriculture Organisation, Rome.
- FECHNER, K., LANGOHR, R. & DEVOS, Y., 2004. Archaeopedological checklists. Proposal for a simplified version for the routine archaeological record in Holocene rural and urban sites of Nord-Western Europe. In: CARVER, G. (éd.), *Digging in the dirt: Excavations in a new millennium*, Oxford: 241-256. (= British Archaeological Reports, International Series, S1256).
- FRENCH, C.A.I., 2003. *Geoarchaeology in Action : Studies in Soil Micromorphology and Landscape Evolution*. Routledge, London.
- GOBAT, J.-M., ARAGNO, M. & MATTHEY, W., 1998. *Le Sol vivant, Bases de pédologie, Biologie des sols*. Presses Polytechniques et Universitaires Romandes, Lausanne. (=Collection gérer l'environnement, 14).
- GUILLERME, A., 1983. *Les temps de l'eau. La cité, l'eau et les techniques*. Champ Vallon, Seyssel.
- HENNE, A., WAUTERS, A., 1845. *Histoire de la ville de Bruxelles*. Librairie encyclopédique de Périchon, Bruxelles.
- HOLLIDAY, V.T. & GARTNER, W.G., 2007. Methods of soil P analysis in archaeology. *Journal of Archaeological Science* 34 : 301-333.
- LANGOHR, R., 1994. Directives and rationale for adequate and comprehensive field soil data bases. In: *New Waves in Soil Science. Refresher Course for Alumni of the International Training Centre for Post-Graduate Soil Scientists of the Ghent University, Harare 1994*. Ghent University, Gent, p. 176-191. (= ITC-Gent, Publication series n° 5).
- LANGOHR, R., SCOPPA, C.O. & VAN WAMBEKE, A., 1976. The use of a comparative particle size distribution index for the numerical classification of soil parent materials : application to mollisols of the Argentinian pampa. *Geoderma* 15 : 305-312.
- MACPHAIL, R.I., 1994. The reworking of urban stratigraphy by human and natural processes. In: HALL, A.R., KENWARD, H.K. (Eds.), *Urban-rural Connexions: Perspectives from Environmental Archaeology*. Symposia of the Association for Environmental Archaeology n° 12, Oxbow Monograph, vol. 47. Oxbow, Oxford, p. 13-43.
- MACPHAIL, R.I., 2003. Soil microstratigraphy: a micromorphological and chemical approach. In: Cowan, C. (Ed.), *Urban Development in North-west Roman Southwark. Excavations 1974-90*. Museum of London Archaeology Service, London, p. 89-105 (= MoLAS Monograph, 16).
- MACPHAIL, R.I. & GOLDBERG, P., 2010. Archaeological materials. In: STOOPS, G., MARCELINO, V. & MEES, F. (Eds.), *Interpretation of Micromorphological Features of Soils and Regoliths*. Elsevier, Amsterdam, pp. 589-622.
- MACPHAIL, R.I., COURTY, M.-A. & GEBHARDT, A., 1990. Soil micromorphological evidence of early agriculture north-west Europe. *World Archaeology* 22, 1 : 52-69.
- MATTHEWS, W., FRENCH, C.A.I., LAWRENCE, T., CUTLER, D.F. & JONES, M.K., 1997. Microstratigraphic traces of site formation processes and human activities. *World Archaeology* 29, 2 : 281-308.
- MIKKELSEN, J.H., 1997. Laboratory method for determination of organic, inorganic and total phosphate. In: *Round Table I, Micromorphology and Phosphate. Report on workshop at institute of archaeology/department of geology, University College London, Monday 24th March to Wednesday 26th March 1997*. (<http://www.gre.ac.uk/at05/micro/soilmain/intro1.htm> accessed in 2001).
- MILLER, C.E., CONARD, N.J. & GOLDBERG, P., 2009. Dumping, sweeping and trampling: experimental micromorphological analysis of anthropogenically modified combustion features. In: THÉRY-PARISOT, I., CHABAL, L. & COSTAMAGNO, S. (Eds.), *The Taphonomy of Burned Organic Residues and Combustion Features in Archaeological Contexts. Proceedings of the Round Table, Valbonne, May 27-29 2008*. *P@lethnologie* 2, pp. 25-37.
- Moniteur Belge, 13/01/2005. 9 décembre 2004. Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale déterminant les normes de pollution du sol et des eaux dont le dépassement justifie la réalisation d'une étude de risque. *Moniteur Belge*, 13/01/2005 : 1001-1003.
- NICOSIA C. & DEVOS Y., 2014. Urban Dark Earth. In: Smith, C. (Ed.): *Encyclopedia of Global Archaeology*, Vol. 11. Springer, New York, p. 7532-7540.
- PION, C., 2015. *Fouille préventive rue des Pierres n°s 18-20, 30, 34-36 et rue Henri Maus n°s 33-47 à Bruxelles*. Bruxelles Développement urbain, Bruxelles. (=Archéologie à Bruxelles/ Archeologie in Brussel, 9/1).
- PROUDFOOT, B., 1976. The analysis and interpretation of soil phosphorus in archaeological contexts. In : DAVIDSON, D.A. & SHACKLEY, M.L. (éds.), *Geoarchaeology, Earth Science and the Past*. Westview Press, London, p. 93-113.
- RAVEN, K.P. & LOEPPERT, R.H., 1997. Trace element composition of fertilizers and soil amendments. *Journal of Environmental Quality*, 26 : 551-557.
- RENTZEL, P. & NARTEN, G., 2000. Zur Entstehung von Gehniveaus in sandiglehmigen Ablagerungen. Experimente und archäologische Befunde. *Archäologische Bodenforschung des Kantons Basel-Stadt*: 107-27.

- SIMPSON, I.A., 1997. Relict Properties of Anthropogenic Deep Top Soils as Indicators of Infield Management in Marwick, West Mainland, Orkney. *Journal of Archaeological Science* 24: 365-380.
- SIMPSON, I.A., DOCKRILL, S.J., BULL, I.D. & EVERSHED, R.P., 1998. Early anthropogenic soil formation at Tofts Ness, Sanday, Orkney. *Journal of Archaeological Science* 25 : 729-746.
- STOOPS, G., 2003. *Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections*. Soil Science Society of America, Madison.
- STOOPS, G. & ESWARAN, H., 1985. Morphological characteristics of wet soils. In: *Wetland Soils: Characterisation, Classification, and Utilization*, International Rice Research Institute, Los Baños, p. 177-189.
- STOOPS, G., CANTI, M. & KAPUR, S., in press. Calcareous mortars, plasters and floors. In : STOOPS, G. & NICOSIA, C. (éds.). *Atlas for archaeological soil and sediment micromorphology*.
- VAN ROMPAEY, K., 1998. *Het verband tussen achtergrondwaarden van zware metalen en bodemkenmerken in de bodems van de provincie Antwerpen*. Diss. Université Gand inédit.
- VAN VLIET-LANOË, B., 1991. Epifluorescence microscopy: micromorphological applications, *Invited lectures*, 3, 1990-1991, ITC-Ghent.
- VIKLUND, K., LINDERHOLM, J. & MACPHAIL, R.I., 2013. Integrated Palaeoenvironmental Study : Micro- and Macrofossil Analysis and Geoarchaeology (soil chemistry, magnetic susceptibility and micromorphology). In : GJERPE, L.E. (éd.), *E18-prosjektet Gullilangåker: Oppsummering og arkeometriske analyser*. Fagbokforlaget, Bergen, pp.25-83.
- VLAREBO, 1996. Besluit van de Vlaamse regering houdende de vaststelling van het Vlaamse reglement betreffende de bodemsanering. *Moniteur Belge*, 27/03/1996 : 7018-7058.
- WOUTERS, B., DEVOS, Y., MILEK, K., VRYDAGHS, L., BARTHOLOMIEUX, B., TYS, D., MOOLHUIZEN, C. & VAN ASCH, N., in press. Medieval markets : a soil micromorphological and archaeobotanical study of the urban stratigraphy of Lier (Belgium). *Quaternary International*.

Annexe :

micromorphological descriptions (by : Cristiano Nicosia)

S01 : coupe E-F

US 28 [observed in thin section Rue des Pierres US 28-10-74]:

This unit exhibits areas with a massive structure and its porosity is mostly given by pseudomorphic voids after the dissolution of mortar fragments. The sample shows a juxtaposition of fabrics, with areas with abundant organic matter (brown and reddish brown in PPL), next to others that are organic-poor. In some aggregates with rounded edges finely (<50 µm) comminuted charcoal is dominant.

Anthropic components include frequent brick and possible brickearth (rubefied Bt horizon fragments), frequent weathered mortar, displaying traces of dissolution of the binding agent, rare carnivore-omnivore excrement fragments, droplet-shaped metallurgical slags, and vitrified phytoliths. Articulated and non-articulated phytoliths are frequent, and occur as scatters in the groundmass or in association to decaying vegetal fragments. Pedofeatures include rare reworked and fragmented phosphatic nodules (anorthic/disorthic nodules often with vivianite crystal intergrowths) as well as rare phosphatic nodules that formed in situ.

US 10 [observed in thin section Rue des Pierres US 28-10-74]:

This unit is a 1-1.5 cm thick layer of mortar, containing medium sand of quartz with minor amounts of glauconite and frequent calcareous microfossils. Rare wood charcoal fragments are included in the mortar, which shows traces of localized dissolution.

US 74 [observed in thin sections Rue des Pierres US 74-75 and Rue des Pierres US 28 - 10-74]:

In thin section this unit is similar to US 78 and 77. It is in fact composed of large quantities of organic matter and decayed vegetal fragments, with dominant secondary phosphates deriving from the weathering of excrements. The porosity increases towards the top of the unit, with more abundant biogenic channels and a moderately to strongly developed channel microstructure.

Anthropic components include rare reworked Bt horizon fragments (brickearth?), rounded metal slags with vesicular porosity, bone and carnivore/omnivore excrement fragments, charcoal, and vitrified phytoliths. Weathered mortar fragments are widespread, and range from sand-sized to gravel-sized aggregated. The weathering (dissolution) of the calcareous binding agent is evident in thin section and it led to the release in the groundmass of medium sand grains of quartz.

Secondary phosphates are often fragmented and reworked, giving rise to disorthic nodules with rounded edges. Other secondary phosphates entail orthic nodules, coatings and infillings, often exhibiting a fan-like arrangement and acicular crystals. Vivianite crystal intergrowths, pyrite framboids and Fe-substituted organic matter are often superimposed on these pedofeatures, which can contain articulated phytoliths (dendriforms) and Chrysophytes.

US 74b [observed in thin section Rue des Pierres US 74-75]:

Above US 75 a microstratigraphic unit has been observed and labelled as US "74b". Its upper and lower boundaries are abrupt and clearly identifiable under the microscope. This unit is slightly less rich in organic material than the units immediately above (US 74) and below (US 75). It contains frequent secondary phosphates (infillings, coatings, nodules, vivianite crystal intergrowths). Anthropogenic inclusions include reworked Bt horizon fragments (brickearth?), charcoal, eggshell and vitrified phytoliths.

US 75 [observed in thin section Rue des Pierres US 74-75]:

This unit is composed of a mix of organic-rich materials and soil fragments that are dominantly mineral. Nevertheless the organic domains are more widespread than the mineral ones, and they become dominant in the top part of the unit. Here, some larger elongated vegetal tissue fragments and pseudomorphic pores after organic matter dissolution show parallel horizontal layering. The organic domains are characterized by very abundant dark brown or dark reddish brown (PPL) organic fine material, punctuations and by rare vegetal tissue fragments. In the mineral domains, traces of limpid clay accumulations can be observed around grains of the mineral coarse fraction. Phytoliths are frequent in the groundmass, and occur in both articulated and non-articulated form. Chrysophytes are also frequently observed.

Anthropogenic inclusions comprise common charcoal fragments (deciduous wood), reworked soil fragments, rare bone (occasionally showing traces of dissolution possibly due to digestion), rare vitrified phytoliths and rare carnivore-omnivore excrements, sometimes with superimposed pyrite framboids. The scarcity of unweathered excrements is compensated by dominant secondary phosphate accumulations. These comprise dense complete and incomplete infillings and coatings of yellowish (PPL) material, often with a fibrous aspect and with occasional vivianite crystal intergrowth.

The transition between US 75 and the overlying US 74 is abrupt at the scale of the thin section.

US 76 [observed in thin section Rue des Pierres US 76-77]:

Under the microscope the limit that separates this unit from the underlying US 77 is abrupt, with a lining of coarse charcoal fragments and one single charred cereal grain lined along it. The porosity is more strongly expressed than in the underlying units, and channels are frequent, giving rise to a channel microstructure type. The unit shows a juxtaposition of organic-rich domains (similar to the material making up US 77 and 78) and non-organic domains. In the latter, the fine groundmass is decarbonated and thin (<15 µm) coatings of limpid clay are frequent around mineral grains. The phytolith content appears lower than in US 77 and 78, and mostly phytoliths are non-articulated (many dendriforms were identified). Chrysophytes are still frequent and some very rare sponge spicules and possible diatoms are present. Carnivore and omnivore excrement fragments are here very rare, whereas we observe a dominance of secondary phosphates. These entail yellowish (PPL) coatings and dense complete and incomplete infillings, often with fibrous aspect or radiating structure. Crystal intergrowths of vivianite are often associated to these pedofeatures.

US 77 [observed in thin sections Rue des Pierres US 77-78 and Rue des Pierres US 76-77]:

The porosity and the mineral composition are the same as US 78, except for the presence of two medium sand-sized fragments of igneous volcanic rock (trachyte?). The quantity of organic material increases significantly compared to US 78, including brown, dark brown and blackish fine (<50 µm) organic matter, and larger (from 50 µm up to 2-4 mm) elongated vegetal tissue fragments in various stages of decomposition. At the base of the unit, there are traces of horizontal parallel orientation or "stacking" of elongated vegetal fragments.

Anthropogenic inclusions comprise the reworked soil fragments described for US 78, slightly less abundant, bone fragments, charcoal, vitrified phytoliths, metallurgical slags, one single brick fragment and a pottery fragment with a coating of glassy material. Carnivore-omnivore excrement fragments are dominant and tend to decrease significantly towards the top of the unit, in thin section Rue des Pierres US 76-77. These occur in a variety of forms, as

rounded and sub-rounded fragments with sharp edges, as irregularly-shaped aggregates, as deformed and fragmented “sludge”, or as siliceous plant material embedded in a yellowish (PPL) phosphatic matrix. Similarly to US 78, these excrement fragments contain mineral grains, articulated and/or vitrified phytoliths, chrysophytes, sponge spicules, seed coats, charcoal, dark brown organic material, and pyrite framboids. Mineral inclusions of biogenic origin include articulated phytoliths that occur in association to decomposed plant material, scattered in the groundmass, and inside coprolites, abundant chrysophytes, and rare sponge spicules. Pedofeatures entail frequent pyrite framboids on vegetal fragments and coprolites and, in the lower part of the unit (thin section Rue des Pierres US 77-78), the formation of a coating of jarosite, locally occurring in the form of spherulites, possibly as the result of the substitution of former pyrite framboids. Secondary phosphates are almost absent at the base of the unit, except for the substitution of phosphate – possibly calcium phosphate (apatite) – to calcium carbonate in a former eggshell fragment, and increase towards the top. Here, very frequent coatings and infillings of yellowish (PPL) material with radiating fan-like arrangement are present, together with orthic phosphatic nodules and very rare vivianite crystal intergrowths. Often, also charcoal fragments are embedded in yellowish phosphatic material.

US 78 [observed in thin section Rue des Pierres US 77-78]:

The moderately developed porosity is given by biogenic channels and by pseudomorphic voids. These are produced by the disappearance of vegetal tissue fragments and by their shrinking upon drying of the sample during thin section manufacture. The texture is silt loam with approx. 60% silt. The dominant mineral species is quartz with minor amounts of muscovite, glauconite, detrital calcite grains and siliceous sandstone fragments. The groundmass is non calcareous and mostly composed of brown, dark brown, and blackish (PPL) fine organic particles. Larger vegetal tissue/organ residues are frequent but in lesser amounts than in the overlying US 77. Anthropogenic components entail dominant reworked soil fragments with rounded edges. These appear as reddish brown or light yellowish grey (PPL) aggregates with a silty texture and traces of illuvial clay enrichment (Fig. 4a), occurring as clay coatings around grains (chitonic related distribution pattern) or as typical laminated coatings and infillings with sharp extinction lines inside larger pores. It is not possible to establish if the reddish brown colour derives from exposure to fire or is due to the presence of iron within illuvial clays. Another dominant inclusion of anthropic origin is carnivore-omnivore excrement fragments. These contain silt-sized mineral grains, articulated phytoliths, chrysophytes, seed coats, charcoal, dark brown organic material and, in some cases, bone fragments. In some rare occasions they contain pyrite framboids. Other anthropic inclusions are significantly less abundant and include deciduous wood charcoal, bone fragments and vitrified phytoliths. Articulated and non-articulated phytoliths (often dendriforms) are frequently encountered in association to vegetal tissue and organ fragments, as scattered elements in the groundmass and, as mentioned above, inside excrement fragments. Chrysophytes are frequent in the groundmass, whereas no earthworm granules were observed.

Pedofeatures comprise yellowish (PPL) phosphatic nodules and infillings. These are very frequent and are often associated to vivianite crystal intergrowths. Coatings of yellowish (PPL) phosphatic material are frequently observed around coarse charcoal grains.

S02 : coupe A-B

US 109 [observed in thin section US 109-119-120]:

This unit is composed of a mixture of two different materials. The first one corresponds to fragments of organic-rich soil similar to US 119 and US 120. The second is more dominantly mineral, with scarce fine (<50 µm) organic punctuations and no decomposed plant tissues. Very rare weathered mortar fragments are scattered in the groundmass. Other anthropic inclusions are the same in type and frequency as in US 119 and 120. Pedofeatures include secondary phosphates, dominantly disorthic nodules with superimposed vivianite crystal intergrowths. Dusty clay infillings within pores and around medium sand grains are present.

US 119 [observed in thin section Rue des Pierres US 119-120-121 and US 109-119-120]:

The composition and fabric of US 119 are largely the same of US 120. There is a slight decrease in the amount of reworked soil fragments (including possible brickearth aggregates) and a slight increase of carnivore-omnivore excrements.

US 120 [observed in thin section Rue des Pierres US 119-120-121]:

In thin section Rue des Pierres US 119-120-121 the unit has the same composition and fabric of the underlying US 121 except for: (a) A high content of burned soil fragments with rounded or subrounded edges. These fragments correspond to reworked Bt horizon aggregates or, more rarely, clay or silty clay aggregates showing traces of lamination. In both cases the rubefaction is severe.

(b) The presence of fragments of peaty material, composed of dark red (PPL) massive organic material with vesicular porosity and intersecting zigzag planes, containing some sand grains. Pedofeatures are the same as US 121, except with a slightly lower amount of iron nodules formed of Fe-substituted organic matter.

In thin section Rue des Pierres US 109-119-120, the amount of fine (<50 µm) blackish and dark reddish brown organic material in the groundmass increases significantly.

US 121 [observed in thin section Rue des Pierres US 119-120-121]:

The porosity is dominated by channels, giving rise to a channel microstructure type. The texture is slightly richer in medium and fine sands than the samples observed in profile "Coupe E-F" (S01), and the amount of organic matter is significantly lower. In US 121 brown (PPL) organic matter is frequently clustered and Fe-substituted, giving rise to weakly impregnated orthic typic iron nodules. The groundmass is non-calcareous. Anthropogenic components include bone fragments (burn and unburnt), carnivore-omnivore excrement fragments, vitrified phytoliths and rare coarse (50-1500 µm) charcoal fragments. Non-articulated phytoliths are frequent in the groundmass and can be found within excrement fragments and inside secondary phosphates. These pedofeatures are dominant and occur as dense complete and incomplete infillings, coatings and nodules. Fan-shaped and radial arrangements of crystals are frequently observed, as well as vivianite crystal intergrowths. Very rare thin (15-25 µm) dusty clay coatings occur in the pores.

S07 : coupe A-B

US 214 [observed in thin section Rue des Pierres US 214]:

The moderately developed porosity is mainly given by biogenic channels. The coarse mineral fraction is dominated by unsorted quartz (silt to very coarse sand). The fine material is dotted, organic rich. Anthropogenic components entail bone fragments, fish bones, charcoal, molten and blackened phytoliths and rounded soil fragments. Articulated and non-articulated phytoliths are frequent, and occur as scatters in the groundmass or in association to decaying vegetal fragments. Several coprolites are preserved. Pedofeatures comprise yellowish (PPL) phosphatic nodules and infillings. These are very frequent and are often associated to vivianite crystal intergrowths. Locally iron hypocoatings and orthic iron nodules are observed. Rare dusty clay coatings and intercalations occur in the pores. We also noted the presence of sponge spicules and chrysophyceae.