

Bulletin d'information édité par
Informatieblad uitgegeven door
Informationsheft herausgegeben von

S t u d i a P r a e h i s t o r i c a
B e l g i c a
L i è g e - B r u s s e l s - L e u v e n

Brussels 36 2016

N O T A E
P R A E H I S T O R I C A E

36ste Prehistoriedag
36. Tag der Urgeschichte
36ème Journée de Préhistoire
Brussels - 17.12.2016



Groupe de Contact FNRS
« Préhistoire »
Kontaktgruppe FNRS
« Urgeschichte »
Contactgroepe
« Prehistorie »

Organisation



Royal Museums of Art and History
Nicolaas Cauwe
Cinquantenaire Museum
10, Cinquantenaire Park
BE - 1000 Brussels
n.cauwe@kmg-mrah.be
www.kmg-mrah.be



Coördinatie / Koordination / Coordination

Marcel Otte
Veerle Rots

Philippe Crombé
Marc De Bie
Ivan Jadin
Michel Toussaint
Philip Van Peer

I S S N 0 7 7 4 - 3 3 2 7

Étude de la séquence stratigraphique des lœss de la carrière de Romont (Eben-Emael, Belgique) par une campagne géotechnique

Simon DELVOIE, Stéphane PIRSON,
Robert CHARLIER & Frédéric COLLIN

1. Introduction

La stratigraphie des lœss de Moyenne Belgique est devenue de plus en plus détaillée grâce aux nombreuses études qui lui sont consacrées depuis plus d'un siècle (Gullentops, 1954 ; Pirson, 2007). Bien que depuis de nombreuses années il n'y ait plus de doute quant à l'origine éolienne des limons quaternaires de Moyenne Belgique, ce ne fut pas toujours le cas au cours de l'Histoire. En effet, ce sujet fut fort débattu dans la littérature scientifique de la fin du XIX^e et du début du XX^e siècle. C'est E. Van den Broeck (1887) qui fut le premier à proposer une origine éolienne pour les lœss de Moyenne Belgique, comme cela avait déjà été démontré par F. von Richthofen en 1870 pour d'importants dépôts éoliens rencontrés en Chine (Smalley *et al.*, 2001). Une avancée majeure dans la compréhension du schéma stratigraphique des limons quaternaires de Moyenne Belgique fut ensuite apportée par les travaux de F. Gullentops (1954) au moyen d'une approche paléoclimatique. L'auteur définit ainsi trois unités (lœss hennuyen, lœss hesbayen et lœss brabantien) délimitées par deux paléosols majeurs : le Sol de Rocourt (appelé plus tard Pédocomplexe de Rocourt) et le Sol de Kesselt. Ce dernier marqueur stratigraphique sera par la suite abandonné car il correspond à l'horizon de décalcification du Sol de Rocourt, comme ce fut démontré sur le site éponyme par Juvigné *et al.* (1996). Il a été remplacé par l'Horizon à Langues de Nagelbeek (Haesaerts *et al.*, 1981), antérieurement connu sous le nom de « Horizon à langues de Kesselt » dont la confusion avec le « Sol de Kesselt » a été signalée (Haesaerts *et al.*, 1981). Dans le courant de la seconde moitié du XX^e siècle, d'autres auteurs ont largement contribué à l'amélioration des connaissances de la séquence lœssique de Moyenne Belgique. Ainsi, R. Paepe est le premier à dater la séquence par des âges C14 (Paepe, 1967 ; Paepe & Vanhoorne, 1967). B. Bastin (1969 ; 1971) précisa les connaissances paléoenvironnementales de la séquence par des analyses polliniques. Par la suite, É. Juvigné étudia la composition minéralogique des lœss et son évolution stratigraphique (Juvigné, 1978) et fit grandement progresser la connaissance des deux niveaux de téphra (Téphra de Rocourt et Téphra d'Elville) au sein de la séquence lœssique de Hesbaye (Juvigné, 1977 ; Juvigné & Semmel, 1988 ; Pouclet *et al.*, 2008 ; Pouclet & Juvigné, 2009 ; Juvigné *et al.*, 2013). Les nombreux travaux de P. Haesaerts permirent d'affiner encore les connaissances de la séquence lœssique et d'établir des corrélations stratigraphiques entre de nombreuses coupes situées en Moyenne Belgique et dans les pays limitrophes, au moyen d'approches sédimentaire, pédologique et paléoenvironnementale (Haesaerts & Van Vliet-Lanoë, 1981 ; Haesaerts, 1985 ; Haesaerts *et al.*, 1999 ; Haesaerts & Mestdagh, 2000). Plus récemment, des travaux de datation par thermoluminescence ont permis de préciser les âges des différentes unités composant la séquence lœssique de Moyenne Belgique (Frechen *et al.*, 2001 ; Van den Haute *et al.*, 2003).

Dans la séquence des lœss, le Début Glaciaire weichselien est l'une des périodes les plus recherchées par les archéologues. En effet, une dizaine de sites de cette période

ont été identifiés, en particulier au sein du Pédocomplexe de Rocourt, notamment Rocourt, Remicourt, Veldwezelt/Hezerwater ou Liège/Mont Saint-Martin (Pirson & Di Modica, 2011). Le Complexe Humifère de Remicourt sus-jacent est également un horizon recherché car, d'une part il constitue une couche repère aisément identifiable visuellement, et d'autre part des artefacts y ont été découverts dans deux localités, Harmignies et Sainte-Walburge (Pirson & Di Modica, 2011). Quelques sites de plein air situés en Moyenne Belgique ont également offert du matériel archéologique attribué au Pléniglaciaire weichselien, mais de manière nettement moins abondante que durant le Début Glaciaire weichselien (Pirson & Di Modica, 2011).

Les différentes approches utilisées pour étudier la séquence lœssique demandent de disposer d'affleurements recoupant les différentes couches de limon. Ces affleurements sont malheureusement peu fréquents en Moyenne Belgique, souvent temporaires et peu profonds. Les affleurements qui ont été étudiés en contexte lœssique résultent essentiellement de la présence d'une carrière (p. ex. Rocourt, Harmignies, Hélin, Kesselt, Lixhe, Romont, Veldwezelt) ou de la réalisation d'ouvrages de génie civil et de projets immobiliers (p. ex. Remicourt, Mont Saint-Martin [Toussaint et al., 2011]). Pour pallier ce manque d'affleurements, les archéologues et les géologues ont souvent recours à des investigations au moyen de forages à la tarière manuelle. Cet outil est en effet peu coûteux et permet d'investiguer, via des échantillons remaniés rapportés à la surface, des dépôts jusqu'à une profondeur de l'ordre de 6-7 m. Cette profondeur n'est cependant pas suffisante pour investiguer des séquences lœssiques plus épaisses, qui peuvent localement atteindre près de 20 m en Hesbaye (Delvoie et al., sous presse). En outre, la tarière manuelle est inopérante lorsque les dépôts deviennent relativement compacts ou en présence de niveaux de graviers.

Une approche complémentaire aux forages manuels est proposée dans cette étude. Il s'agit de l'essai de pénétration statique (aussi appelé *Cone Penetration Test*, CPT). C'est un essai très courant en géotechnique, largement utilisé en Belgique mais également partout dans le monde. Il est très souvent employé lors d'études d'investigation du sous-sol afin d'évaluer la nature des couches et de mesurer certaines propriétés mécaniques de celles-ci. Son principal domaine d'application est lié à la construction d'ouvrages. L'essai consiste à enfoncer dans le sous-sol, à vitesse constante, une pointe conique fixée à l'extrémité d'un train de tiges. Il permet ainsi de mesurer la résistance nécessaire pour enfoncer le cône (appelée résistance au cône, q_c). L'essai permet également de mesurer la résistance au frottement latéral total (Q_{st}) ou local (f_s), en fonction du type de pointe employée. Ces paramètres sont utilisés dans les calculs de capacité portante, de stabilité de pente et éventuellement de déformabilité des couches recoupées (Lunne et al., 1997). L'avantage principal de l'essai de pénétration statique par rapport aux forages à la tarière réside dans la profondeur d'investigation. Il permet d'atteindre relativement aisément la base des dépôts éoliens de Moyenne Belgique et, plus modestement, peut également traverser des petits niveaux de graviers. C'est aussi un essai rapide et répétitif.

L'étude présentée ici a pour objectif d'analyser les résultats de CPT en vue d'identifier des horizons repères au sein de la séquence de limon éolien de Moyenne Belgique. Une campagne d'essais de pénétration statique a ainsi été réalisée en arrière du front de taille de la carrière CBR de Romont (Eben-Emael, Belgique). Les résultats de la campagne d'investigation géotechnique sont d'abord comparés entre eux afin de vérifier si les paramètres mesurés permettent d'identifier certains horizons repères. La position stratigraphique de ces derniers est ensuite comparée à celle des couches recoupées au niveau du front de taille afin de tenter d'établir des repères stratigraphiques. Si cette démarche aboutissait à la définition de repères stratigraphiques, elle s'inscrirait comme

une façon de caractériser en première approche une séquence loëssique de Moyenne Belgique, complémentarément aux forages à la tarière manuelle. Elle permettrait d'investiguer les loëss depuis la surface et de vérifier relativement rapidement la présence ou l'absence d'horizons repères, leur profondeur, ainsi que leur extension. Grâce à ces horizons repères, la méthodologie permettrait d'affiner l'évaluation stratigraphique par la présence ou l'absence de certaines unités (p. ex. Pédocomplexe de Rocourt, Complexe Humifère de Remicourt), et par extension de préciser les potentialités archéologiques qu'offre ce site. Elle trouve un intérêt particulier aux endroits où les forages manuels sont inopérants et où les sites sont accessibles au camion servant à la réalisation des essais.

Dans ce qui suit, une synthèse du contexte régional au niveau de la carrière de Romont est proposée. Ensuite, la campagne géotechnique ainsi que l'équipement utilisé et son fonctionnement sont présentés. Les résultats traitent d'une part du levé géologique de la section du front de taille étudiée, et d'autre part de l'analyse des données recueillies lors de la campagne géotechnique. La combinaison des deux approches est ensuite discutée. Les principaux résultats de cette étude sont finalement synthétisés.

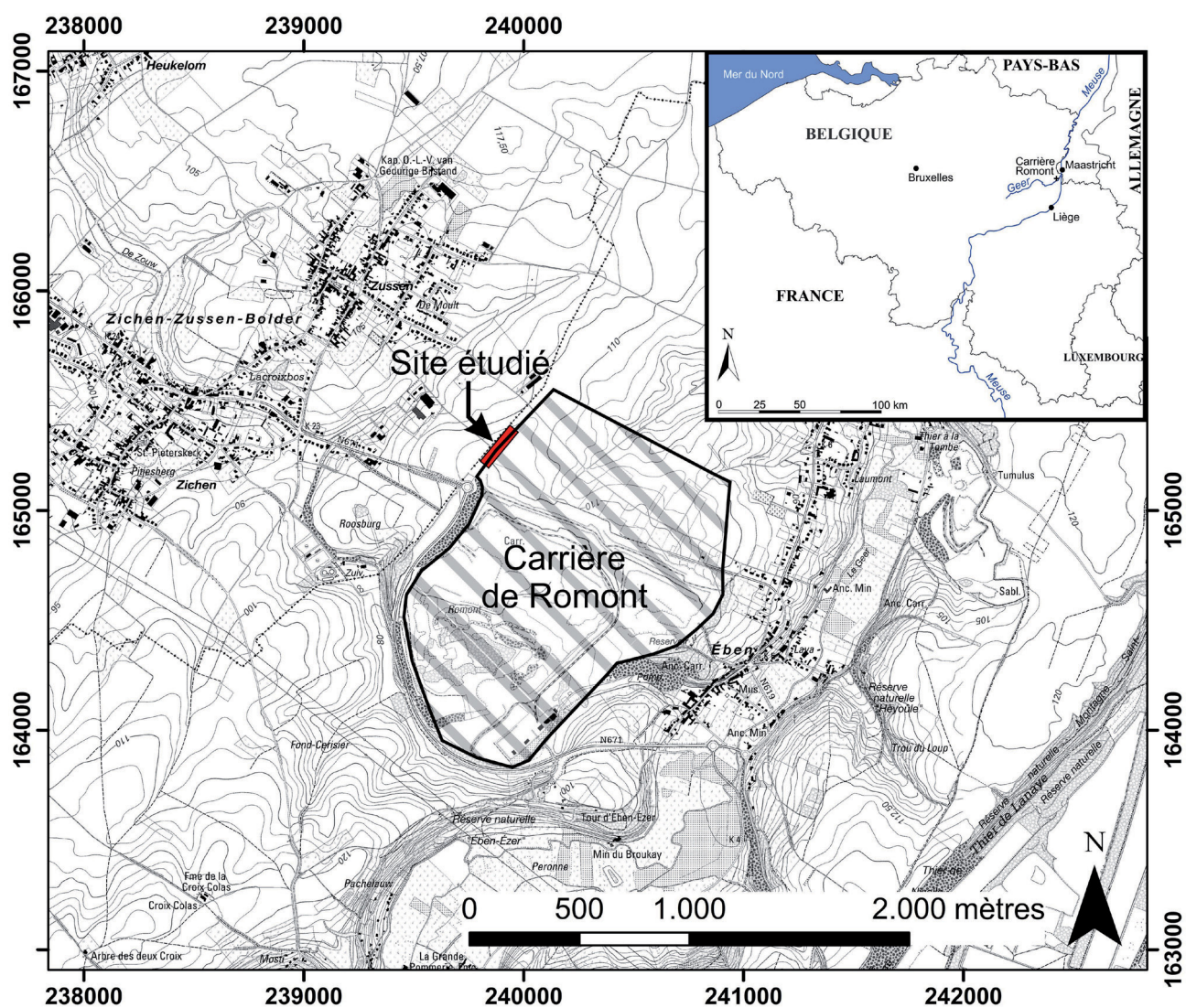


Fig. 1 – Localisation de la carrière CBR de Romont (Eben-Emael, Belgique), ainsi que du site étudié, en bordure nord-ouest de la carrière.

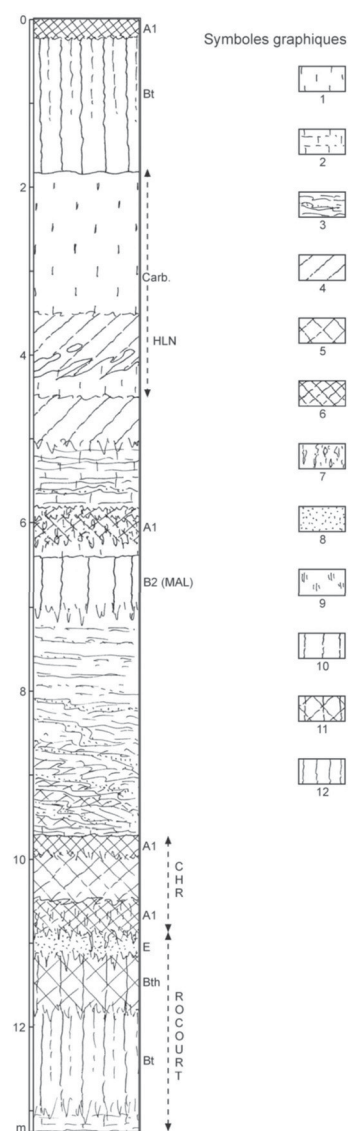


Fig. 2 – Colonne lithostratigraphique synthétique des lœss de la carrière de Romont, établie à proximité du site étudié (modifié, d'après Juvigné *et al.*, 2008). Abréviations : carb. = limon carbonaté ; HLN = Horizon à Langues de Nagelbeek ; MAL = Sol de Malplaquet ; CHR = Complexe Humifère de Remicourt ; ROCOURT = Pédocomplexe de Rocourt. Légende des symboles : 1 = lœss ; 2 = lœss finement lité ; 3 = lœss hétérogène lité ; 4 = horizon brunifié ; 5 = limon humifère ; 6 = horizon humifère ; 7 = horizon bioturbé ; 8 = horizon blanchi ; 9 = hydroxyde de fer ; 10 = sol brun (horizon B2) ; 11 = sol gris forestier (horizon Bth) ; 12 = sol lessivé (horizon Bt).

2. La carrière de Romont

La carrière de Romont (commune d'Eben-Emael) est exploitée par la société CBR depuis 1974 pour y extraire la calcarénite et la craie. Elle se localise sur le plateau situé dans l'interfluve entre la Meuse et le Geer, à l'extrémité est de la Hesbaye (Fig. 1).

2.1. Contexte géologique

La carrière de Romont recoupe depuis sa base le Membre de Lanaye récemment classé dans la Formation de Maastricht (Mottequin & Marion, 2012). Celui-ci se compose de craie grossière blanchâtre, lithologiquement très proche d'une calcarénite, incluant de nombreux lits sub-horizontaux de silex bleu-gris (Robaszynski, 2006 ; Mottequin & Marion, 2012). Le sommet du Membre de Lanaye est habituellement caractérisé par un amoncellement de nodules de silex suite à la dissolution de la matrice carbonatée. Le conglomérat à silex n'est pas clairement présent dans la carrière de Romont, probablement car la calcarénite a été surmontée, rapidement après son dépôt, par les autres membres de la Formation de Maastricht (Robaszynski, 2006). Ceux-ci se composent d'environ 5 m d'épaisseur de calcarénite jaunâtre incluant également des nodules de silex. La Formation de Maastricht s'est mise en place au cours du Maastrichtien supérieur. La calcarénite est surmontée par une couche de sable fin marin oligocène (Juvigné, 1992) qui s'est mis en place lors de la dernière transgression marine ayant recouvert l'est de la Belgique (Boulvain & Pingot, 2015). Ces dépôts appartiennent à la Formation de Sint-Huibrechts-Hern (Laga, 1988 ; Laga *et al.*, 2001). Au droit de la coupe étudiée, la couche représente une épaisseur de quelques mètres, alors qu'à l'emplacement actuel de la carrière, la couche atteignait jusqu'à 22 m d'épaisseur (Juvigné, 1992). Après le retrait de la mer vers la fin de l'Oligocène, le réseau hydrographique commença à s'installer. Des dépôts lenticulaires de terrasses fluviales qui surmontent les dépôts oligocènes et qui parfois reposent directement sur la calcarénite, sont rencontrés de manière discontinue à l'emplacement de la carrière de Romont. Ces dépôts ont été attribués à la présence du Geer et de la Meuse et se composent essentiellement de graviers plus ou moins bien roulés (Juvigné, 1992 ; Juvigné & Renard, 1992 ; Juvigné *et al.*, 2008). De nombreuses évidences de dissolution de la calcarénite et plus localement du sommet de la craie sont également présentes (Juvigné, 1992 ; Willems *et al.*, 2010).

Les dépôts oligocènes et les dépôts de terrasses ont ensuite été recouverts par une couche de limon éolien d'une dizaine de mètres d'épaisseur à l'emplacement de la carrière de Romont. Les lœss appartiennent essentiellement au Pléistocène supérieur. Des lœss du Pléistocène moyen ont également été rapportés ; en dehors de certains secteurs spécifiques, ils se cantonnent essentiellement dans les têtes de vallons et les poches de dissolution qui affectent les dépôts maastrichtiens (Juvigné, 1992). La séquence lœssique correspondant à la fin du Pléistocène moyen et au Pléistocène supérieur est particulièrement bien développée à Romont. Plusieurs horizons de référence y sont observables : Pédocomplexe de Rocourt, Complexe Humifère de Remicourt (CHR), Sol de Malplaquet, Horizon à Langues de Nagelbeek (HLN) (Juvigné *et al.*, 2008 ; Fig. 2). Par ailleurs, le front de taille situé en bordure NO de la carrière a atteint son extension maximale. Il en résulte que la paroi actuellement visible devrait perdurer pendant de nom-

breuses années. Ces différents facteurs font de cette paroi un affleurement de référence pour les lœss de Moyenne Belgique (Haesaerts et al., 2011a).

2.2. Campagne d'investigation géotechnique

Une campagne de 16 essais de pénétration statique (CPT) a été réalisée en arrière d'une section du front de taille de 100 m de longueur (Fig. 3). Cette section se localise à proximité de celle qui avait déjà fait l'objet d'une étude approfondie de la séquence lœssique et dont les résultats ont été publiés par É. Juvigné et al. en 2008. Les essais sont situés à une distance de 15 à 30 m en arrière de la paroi. Afin de permettre une comparaison des valeurs mesurées par les CPT avec la stratigraphie des lœss, la section investiguée du front de taille a également été relevée et décrite pour cette étude. Une rampe d'accès au front de taille depuis le sommet de la paroi recoupe la section étudiée. Cette tranchée engendre la formation de deux parois perpendiculaires au front de taille et recoupe la partie sommitale des lœss du Pléistocène supérieur.

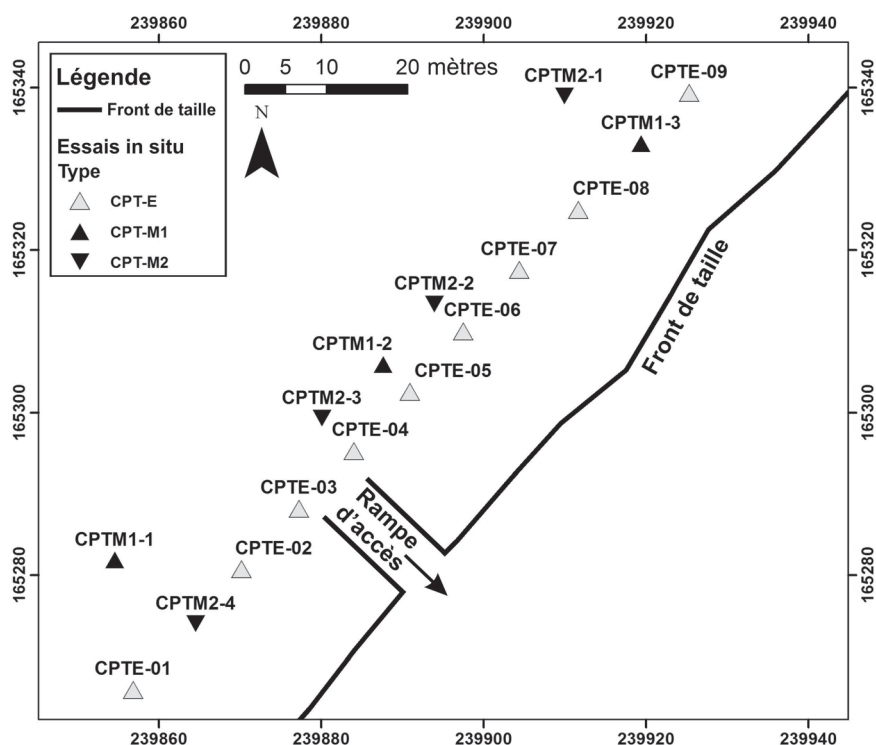


Fig. 3 – Localisation de la campagne d'essais de pénétration statique en bordure du front de taille de la carrière CBR de Romont (Eben-Emael, Belgique). Une rampe recoupe le front de taille et permet d'accéder aisément au pied de la séquence lœssique à partir du sommet de la paroi.

L'essai de pénétration statique consiste à enfoncer une pointe conique et un train de tiges et de tubes dans le sous-sol, à vitesse constante de 2 cm/s. Cette campagne d'essais a été réalisée au moyen de l'équipement dont dispose le Laboratoire de Géotechnologies de l'Université de Liège. Il se compose d'un camion d'une masse approximative de 25 T équipé d'un pénétromètre HYSON pouvant atteindre une force à l'enfoncement de 200 kN, développé par A. P. van den Berg. La force nécessaire pour enfoncer la pointe et les tubes est exercée par un système hydraulique qui utilise le poids propre du camion. La pression du système hydraulique est alors mesurée au moyen de deux manomètres 0-20 MN/mm² et 0-200 MN/mm². Les pointes utilisées possèdent des dimensions standardisées. Leur section est de 10 cm² et l'angle au sommet vaut 60°.

Différentes pointes ont été développées depuis que le CPT a été inventé, au début du XX^e siècle (Lunne et al., 1997). La campagne d'essais a été réalisée au moyen de trois pointes différentes, couramment utilisées lors de campagnes de reconnaissance classiques. Les différentes parties de chacune des pointes sont illustrées à la figure 4. Deux d'entre elles consistent en des pointes mécaniques. La plus fréquente est la pointe M1 (appelée également cône à jupe). Elle permet de mesurer de manière discontinue, tous les 20 cm, la résistance à la pointe (q_c) et la résistance de frottement latéral total (Q_{st}) qui s'exerce

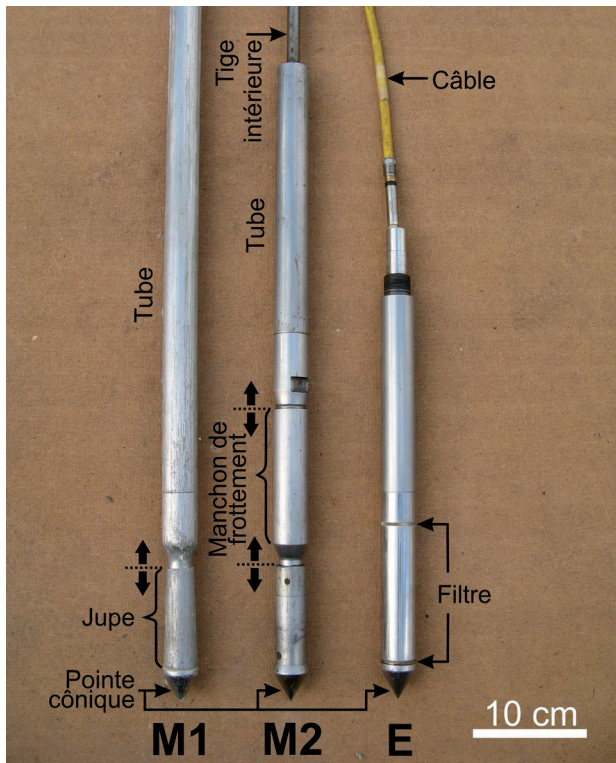


Fig. 4 – Illustration et description des différentes parties qui composent les pointes utilisées lors de la campagne d’essais de pénétration statique. Légende : M1 = cône mécanique de type M1 (cône à jupe) ; M2 = cône mécanique de type M2 (cône de Begemann) ; E = cône électrique.

au niveau du train de tubes situé en arrière de la pointe. La seconde pointe mécanique utilisée est la pointe M2 (appelée également cône de Begemann). Elle permet de mesurer en plus du q_c , la résistance de frottement latéral local (f_s) grâce à un manchon de frottement d’une surface de 150 cm^2 situé juste en arrière du cône. Les mesures se réalisent également de manière discontinue, tous les 20 cm. La troisième pointe utilisée est une pointe électrique. Elle possède comme principal avantage de mesurer de manière continue, tous les centimètres, les paramètres q_c et f_s . Dans ce cas, l’acquisition des données se fait de manière automatique. Les modes opératoires des essais utilisant une pointe mécanique ou une pointe électrique sont définis dans les normes internationales ASTM D3441-05 ou ASTM D5778-12, respectivement. Au terme de chaque essai, les valeurs des paramètres mesurés sont reportées sur un graphique normalisé représentant l’évolution de q_c et, de Q_{st} ou f_s en fonction de la profondeur.

3. Résultats

Les résultats concernent d’une part le levé géologique du front de taille et d’autre part l’analyse de la campagne d’essais de pénétration statique.

3.1. Levé géologique du front de taille

Le relevé du front de taille a permis de mettre en évidence les variations latérales des différentes cou-

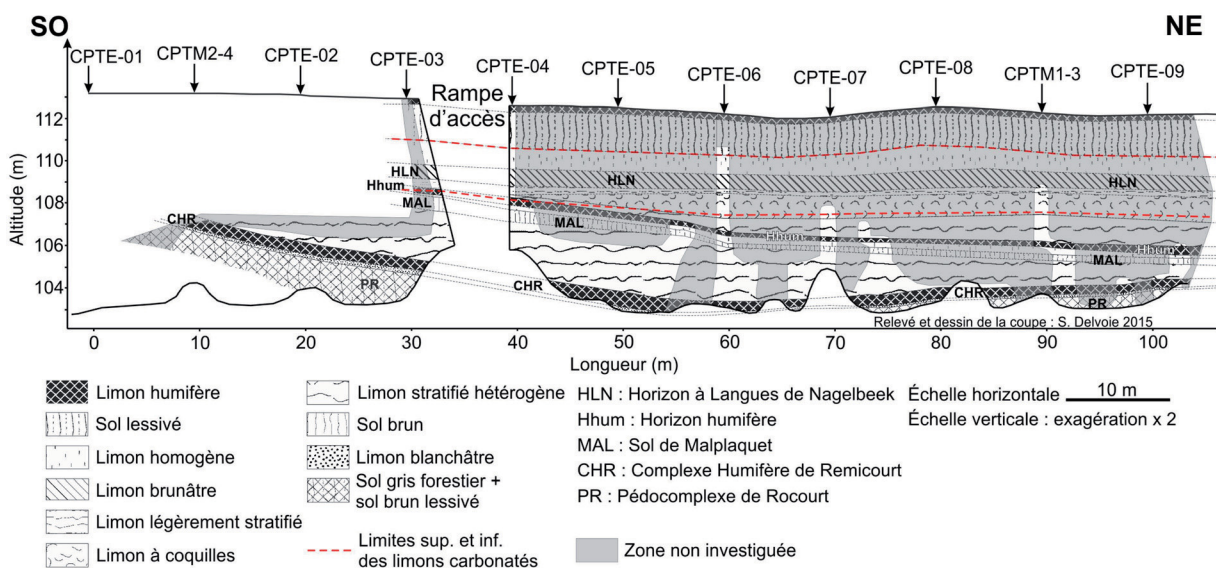


Fig. 5 – Relevé géologique de la section étudiée du front de taille de la carrière CBR de Romont (Eben-Emael). Les essais géotechniques les plus proches de la paroi sont également localisés sur la coupe. Relevé et dessin de la coupe : S. Delvoie, 2015.

ches décrites dans la colonne lithostratigraphique synthétique (Fig. 2) réalisée par Juvigné *et al.* (2008). Ce travail a été réalisé sur une section de 100 m de longueur, au cours de la campagne d'essais CPT. La figure 5 reprend les résultats des relevés et observations réalisés. Les zones grisées sur la figure indiquent les endroits de la paroi qui n'ont pas été observés. Une interpolation à l'échelle de la section est toutefois proposée mais doit être considérée prudemment étant donné la variabilité spatiale importante des loëss.

Le Pédocomplexe de Rocourt sert de niveau de base à cette étude. Il se caractérise par des limons argileux compacts bruns à brun-rouge, particulièrement bien développés à Romont. Au sein de ce pédocomplexe, trois pédogenèses distinctes, avec illuviation, ont été décrites dans plusieurs séquences de Moyenne Belgique (Haesaerts & Van Vliet-Lanoë, 1981 ; Haesaerts *et al.*, 1999, 2011b ; Pirson *et al.*, 2009 ; Meijs *et al.*, 2011). À la base, le Sol d'Harmignies est un sol brun lessivé attribué à l'Eemien (SIM 5e ; Haesaerts *et al.*, 2011b). Le Sol de Villers-Saint-Ghislain A, dont les caractéristiques pédologiques sont intermédiaires entre un sol brun lessivé et un sol gris forestier, est attribué au premier interstade du Début Glaciaire weichselien (Saint-Germain I ; SIM 5c). Quant au Sol de Villers-Saint-Ghislain B, il s'agit d'un sol gris forestier typique attribué au second interstade du Début Glaciaire weichselien (Saint-Germain II ; SIM 5a). Le sommet du Pédocomplexe de Rocourt est caractérisé par un horizon décimétrique blanchâtre. Cet horizon a été dénommé Horizon blanchâtre de Momalle depuis la fouille du site de Remicourt (Haesaerts *et al.*, 1997, 1999, 2011b).

Le Complexe Humifère de Remicourt (CHR) représente l'unité la plus aisément identifiable à l'affleurement. Il se caractérise par une couleur noire à brun foncé. Ce pédocomplexe est attribué à la fin du Début Glaciaire weichselien et positionné entre 78 et 80 ka (fin du SIM 5a ; Haesaerts *et al.*, 2011b), ce qui est compatible avec les dates thermoluminescence disponibles, entre 100 et 70 ka (Van den Haute *et al.*, 2003). À l'emplacement de la coupe étudiée, le CHR s'est formé dans un paléovallon asymétrique. Le flanc NE possède une inclinaison moyenne de 2,5 % alors que le flanc opposé est incliné de 8,5 %. L'épaisseur du CHR n'est pas constante le long de la section du paléovallon. Elle atteint une valeur maximale de 85 cm dans le creux du paléovallon, alors qu'elle possède une épaisseur assez constante au niveau du flanc SO, équivalant à 55 cm. Au niveau du flanc NE, l'épaisseur du CHR décroît progressivement depuis le fond du paléovallon pour n'atteindre plus que 40 cm à l'extrémité NE de la section étudiée. D'autres observations réalisées en direction du NE, légèrement au-delà de la section étudiée, indiquent que l'épaisseur du CHR continue de décroître jusqu'à disparaître à une distance de 75 m par rapport à la tête du paléovallon.

Ensuite, le CHR est directement surmonté par un complexe lité (complexe lité inférieur) caractérisé par des loëss et paléosols remaniés. La partie inférieure du complexe lité inférieur se compose d'ailleurs des horizons pédologiques sous-jacents érodés et remobilisés, représentés par le Pédocomplexe de Rocourt et le CHR. Ce complexe lité se présente sous une forme lenticulaire. Son épaisseur est maximale au droit de la tête du paléovallon où elle atteint près de 3 m, alors qu'elle ne représente plus que 70 cm à l'extrémité NE de la section étudiée. Comme le CHR, le complexe lité inférieur tend à disparaître vers le NE. Sa présence comble pratiquement totalement le paléovallon mentionné précédemment.

Le Sol de Malplaquet repose au-dessus du complexe lité inférieur. Il s'agit d'un sol brun positionné dans la première partie du Pléniglaciaire inférieur, vers 76 ka (Haesaerts *et al.*, 2011b). Par ailleurs, des datations par thermoluminescence obtenues dans ce sol ont donné des âges vers $80,2 \pm 8,2$ ka (Frechen *et al.*, 2001). Il possède une épaisseur relativement constante, entre 30 et 60 cm, sur l'ensemble de la section étudiée, et une légère inclinaison vers le NE, qui s'accroît toutefois dans la moitié SO de la section. Le petit

horizon humifère qui le surmonte suit assez fidèlement le sommet du Sol de Malplaquet. Plus haut dans la séquence, cet horizon humifère est surmonté par un second complexe lité (complexe lité supérieur), qui n'est présent que dans la moitié NE de la section étudiée. Son épaisseur maximale atteint 1,3 m. Un horizon caractérisé par des limons essentiellement brunâtres et incluant de nombreuses coquilles de petits gastéropodes est ensuite présent. Il présente une épaisseur relativement constante aux alentours de 1 m dans la moitié NE de la section étudiée, alors que vers le SO il diminue pour ne plus être présent sur la paroi sud de la rampe d'accès. Cette unité incluant les coquilles de petits gastéropodes est ensuite surmontée par une couche de quelques décimètres d'épaisseur de limon légèrement stratifié.

Toujours plus haut dans la séquence lœssique, l'Horizon à Langues de Nagelbeek (HLN, Haesaerts *et al.*, 1981) est particulièrement bien développé. Il correspond à un horizon grisâtre dont la base cryoturbée est marquée par une série de langues. L'HLN est daté vers 22 ka uncal BP (C14, Haesaerts *et al.*, 1981). Il constitue un horizon repère dans la séquence lœssique du Nord de l'Europe (Lautridou, 1985). Au niveau de la section étudiée, l'HLN possède une épaisseur constante de 70 cm jusqu'à la base des langues. L'horizon est légèrement incliné vers le NE, au même titre que la topographie de surface. Enfin, l'horizon de décarbonatation se rencontre vers 2 m sous la surface.

3.2. Campagne géotechnique

L'analyse des résultats issus de la campagne géotechnique réalisée sur le site de la carrière de Romont permet de mettre en évidence la présence de différents marqueurs stratigraphiques. Ces derniers sont établis suite aux variations du comportement mécanique du limon en fonction de la profondeur. Les analyses se sont portées sur les variations de la résistance à la pointe (q_c) et celles du rapport de frottement (R_f). Ce dernier correspond à un rapport de deux contraintes et s'exprime habituellement en %. Il se calcule comme suit :

$$R_f = \frac{f_s}{q_c}$$

La résistance à la pointe est le paramètre inhérent à l'essai de pénétration statique. La figure 6 permet d'analyser ce paramètre selon une coupe située 15 m en arrière du front de taille, parallèlement à celui-ci. D'une manière générale, la résistance à la pointe caractérisant la séquence lœssique se situe majoritairement dans une gamme de valeurs

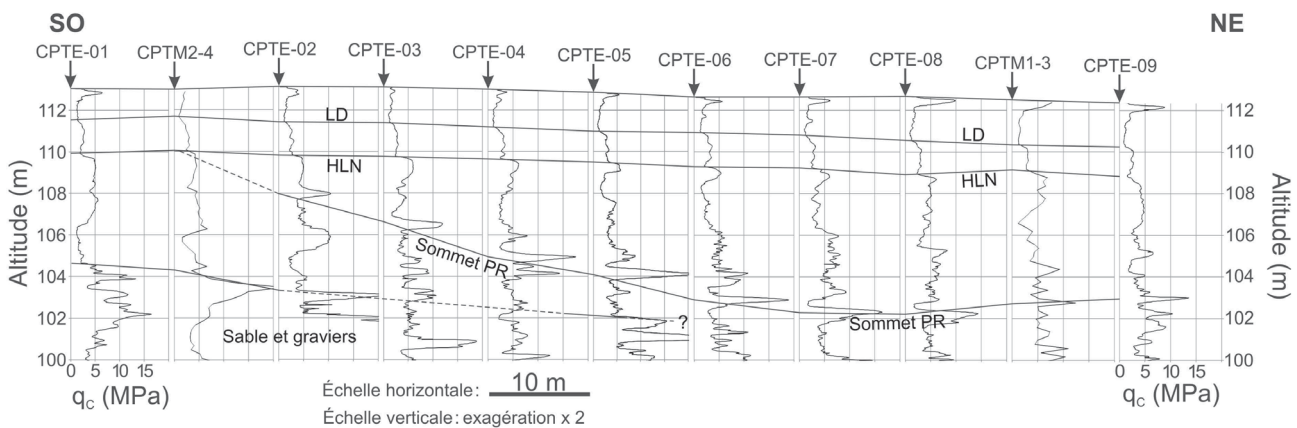


Fig. 6 – Interprétation des valeurs de résistance à la pointe (q_c) en termes d'horizons repères dans la séquence lœssique de la carrière de Romont (Eben-Emael). Abréviations : HLN = Horizon à Langues de Nagelbeek ; LD = limite de décarbonatation ; PR = Pédocomplexe de Rocourt.

entre 0,5 et 5 MPa. Trois horizons sont relativement aisément identifiables. Partant de la surface, le premier horizon se localise vers 2 m de profondeur. Il se caractérise par une légère et rapide augmentation du q_c . Cet horizon suit assez fidèlement la surface topographique. Sa position stratigraphique se raccorde à l'horizon de décarbonatation repéré au niveau du front de taille. Le second horizon se situe aux alentours de 3-3,5 m de profondeur, à l'emplacement stratigraphique de l'HLN. Il est également relativement parallèle à la surface topographique. Il se marque clairement par une augmentation brutale du q_c , atteignant une résistance d'environ 5 MPa. Cette augmentation correspond approximativement au doublement de la valeur du q_c . Le troisième horizon constitue le marqueur stratigraphique le plus remarquable. Il est représenté par un maximum franc de la résistance à la pointe, sur une épaisseur de quelques décimètres. Ce maximum local correspond souvent à la valeur maximale atteinte pour l'ensemble de la séquence loëssique. Il est précédé par une couche présentant de faibles valeurs de la résistance à la pointe, correspondant à 1-2 MPa. Cet horizon se corrèle stratigraphiquement avec le sommet du Pédocomplexe de Rocourt, aux alentours de l'Horizon blanchâtre de Momalle. La couche sus-jacente à l'horizon, caractérisée par de faibles valeurs de q_c , est le CHR. Le troisième horizon possède une forme incurvée similaire au paléovallon décrit au niveau du front de taille (Fig. 5).

Le calcul du rapport de frottement (R_f) n'est possible qu'avec les pointes capables de mesurer le frottement latéral local (pointes M2 et E). Ce paramètre permet d'accéder notamment aux systèmes de classification des sols (correspondant ici à des matériaux granulaires meubles d'un point de vue géomécanique) en milieu non saturé (p. ex. Robertson *et al.*, 1986 ; Robertson, 1990). Les trois horizons décrits suite à l'analyse du q_c se retrouvent également dans l'analyse du R_f (Fig. 7). Le premier horizon est clairement identifiable avec une diminution rapide du R_f . Le second horizon se caractérise par une légère augmentation du R_f sur 30 à 40 cm d'épaisseur. Ensuite, deux horizons supplémentaires peuvent être mis en évidence par la présence de deux minima locaux. Le troisième horizon correspond approximativement au sommet du CHR, alors que le quatrième horizon se localise au niveau du sommet du Pédocomplexe de Rocourt. La couche située entre ces deux niveaux repères est donc constituée du CHR. Ces deux derniers horizons soulignent également la présence d'un paléovallon à la base des loëss weichseliens.

L'analyse du q_c et du R_f montre par ailleurs que les horizons illustrant le paléovallon à la base de la séquence weichselienne ne sont plus observables sur les graphiques des

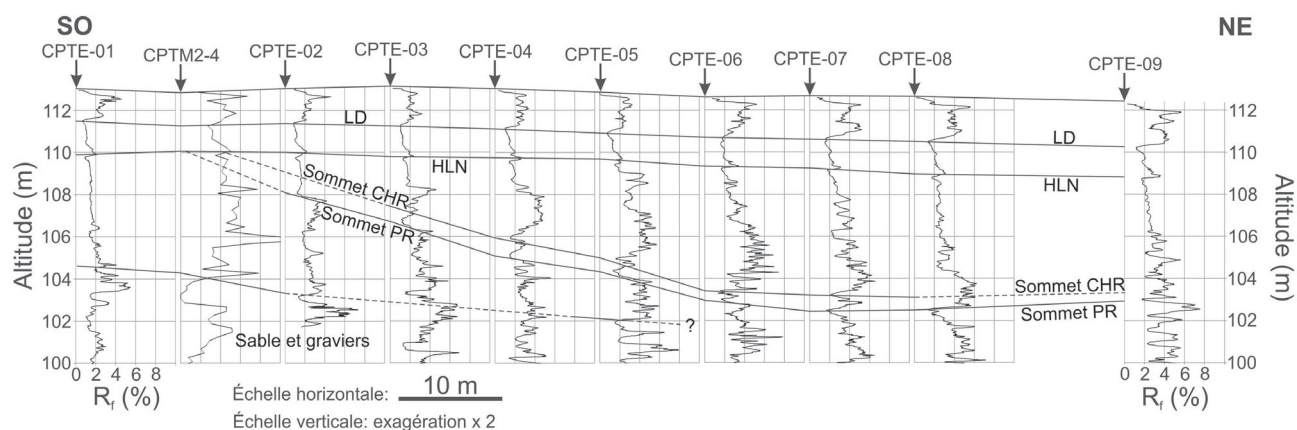


Fig. 7 – Interprétation des valeurs de rapport de frottement (R_f) en termes d'horizons repères dans la séquence loëssique de la carrière de Romont (Eben-Emael). Abréviations : CHR = Complexes Humifères de Rémicourt ; HLN = Horizon à Langues de Nagelbeek ; LD = limite de décarbonatation ; PR = Pédocomplexe de Rocourt.

CPTM2-4 et CPTÉ-01 situés au SO de la coupe. L'HLN semble par contre continu sur l'ensemble des essais réalisés. Il en résulte l'existence d'une importante surface de discordance à proximité de l'HLN.

4. Discussion

Les résultats obtenus à l'issue de l'approche lithostratigraphique (description du front de taille) et de l'approche mécanique (essais de pénétration statique) sont très concordants et complémentaires. La coupe étudiée est constituée, depuis la surface, d'environ 4 m de limon réparti de manière continue et relativement parallèle à la surface topographique. Cette séquence supérieure s'individualise du reste inférieur de la séquence lœssique par une importante surface de discordance, comme l'indique l'analyse des résultats des essais de pénétration statique. La base de la séquence lœssique weichselienne est quant à elle marquée par un paléovallon à versants asymétriques. L'existence de l'importante discordance et du paléovallon avait déjà été identifiée par des relevés antérieurs de cette partie de la carrière (Pirson & Spagna, inédit ; Meijs, s.d.). Ce paléovallon a progressivement été comblé au cours du Weichselien par une séquence lœssique composée de deux principaux complexes lités lenticulaires et d'autres horizons plus continus, notamment le Sol de Malplaquet et le petit horizon humifère le surmontant. La présence des complexes lités complique l'analyse des résultats issus de la campagne géotechnique. Il est toutefois possible de définir différents horizons sur base des variations du q_c et du R_f en fonction de la profondeur. L'horizon le plus aisément identifiable correspond au sommet du Pédocomplexe de Rocourt. L'utilisation de la pointe électrique permet d'analyser la séquence bien plus finement qu'avec les pointes mécaniques. Ce degré de précision s'avère particulièrement utile dans l'analyse d'un matériau présentant de telles variabilités stratigraphiques.

L'analyse conjuguée du relevé du front de taille et des résultats de la campagne géotechnique permet également de préciser la géométrie du paléovallon présent au sommet du Pédocomplexe de Rocourt. Ce paléovallon possède un axe orienté N-S et l'écoulement se dirige en direction du Nord (Fig. 8). Ce résultat concorde avec la description morphologique de la topographie présente au droit de la carrière de Romont au moment du dépôt des lœss weichseliens. En effet, É. Juvigné (1992) renseigne l'existence d'une importante butte résiduelle de sable marin oligocène dans la moitié sud de la carrière, connue sous le nom de « colline du Romont ». Cette colline résulte de l'évolution du réseau hydrographique, dont les traces sont conservées sous forme de terrasses fluviales (Juvigné, 1992 ; Juvigné *et al.*, 2008 ; Willems *et al.*, 2010). La présence de ce relief engendre la présence d'une pente topographique orientée globalement du Sud vers le Nord à l'emplacement de la coupe étudiée. Cette surface a ensuite été recouverte par le limon éolien. La butte sableuse a aujourd'hui pratiquement totalement disparu par l'exploitation de la carrière.

Les corrélations stratigraphiques des différents horizons repères issus de la campagne d'investigation géotechnique sont établies par comparaison avec les horizons relevés au niveau du front de taille. Des mesures complémentaires des propriétés mécaniques réalisées directement au niveau du front de taille permettraient de lever toutes incertitudes sur les positions stratigraphiques des horizons repères. Ces relevés peuvent être réalisés au moyen d'un pénétromètre de poche dont l'objectif est d'évaluer la résistance à la pénétration d'une tige sur une profondeur de quelques millimètres, comme cela a déjà été réalisé dans des dépôts de plaines alluviales (Amorosi *et al.*, 2014). Il sera alors possible de désigner très précisément les couches responsables des changements de propriétés mécaniques observés au moyen des essais de pénétration statique.

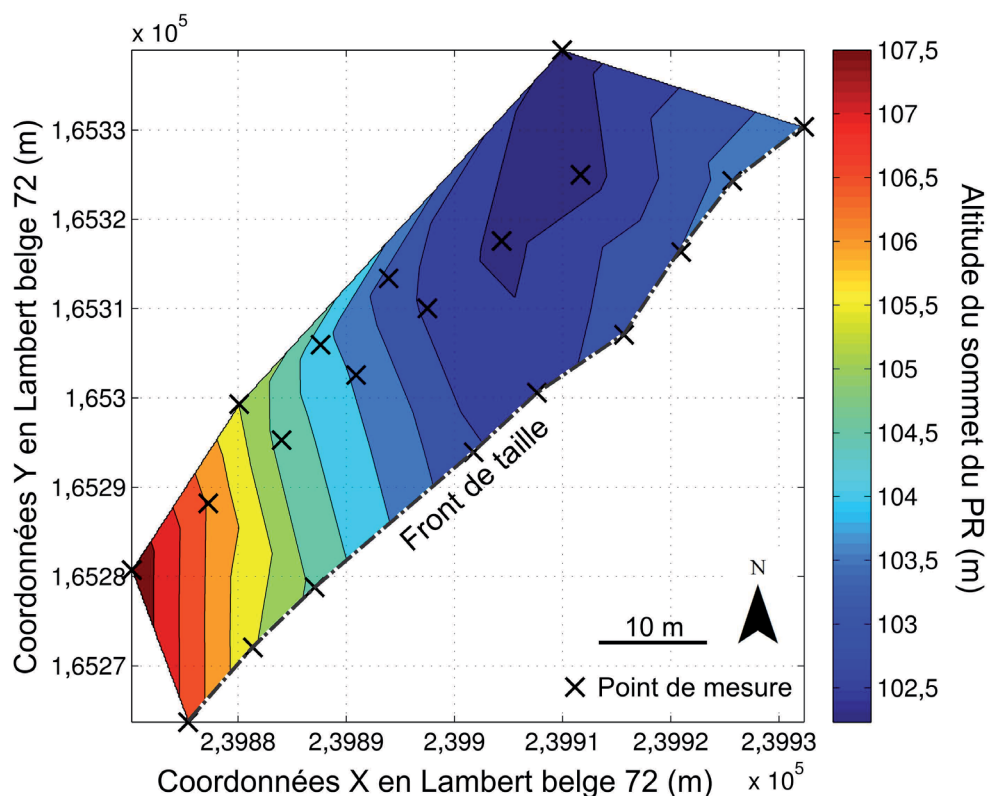


Fig. 8 – Représentation géoréférencée de l'altitude du sommet du Pédocomplexe de Rocourt (PR) au niveau du site étudié (Carrière de Romont, Eben-Emael). Uniquement les points de mesure recoupant cet horizon sont représentés sur la figure.

5. Conclusions

L'étude détaillée d'une séquence loëssique se base habituellement sur des observations et des mesures réalisées à partir d'affleurements. De telles coupes sont malheureusement très peu fréquentes en Moyenne Belgique. Pour prospecter un site dépourvu d'affleurements, les archéologues et les géologues ont souvent recours à des forages à la tarière manuelle. Cette technique a l'avantage d'être peu coûteuse, mais possède toutefois quelques limitations, notamment en termes de profondeur d'investigation. La carrière CBR de Romont (Eben-Emael, Belgique) constitue un site offrant simultanément une coupe pérenne dans une importante séquence loëssique du Pléistocène supérieur et un accès aisé au véhicule nécessaire à la réalisation d'essais de pénétration statique en arrière de la coupe. Pour ces raisons, la carrière représente un site particulièrement intéressant permettant une comparaison des données stratigraphiques de la séquence loëssique issues d'une part de la coupe, et d'autre part des essais de pénétration statique.

Une section de 100 m de longueur du front de taille de la carrière de Romont a été décrite et les positions stratigraphiques des différentes unités litho- et pédostratigraphiques ont été reportées sur une coupe synthétique. Il en ressort la présence d'un paléovallon asymétrique dans lequel s'est notamment mis en place le Complexe Humifère de Remicourt. Ce paléovallon a été progressivement comblé par une succession de différentes couches. Les plus importantes en termes d'épaisseur sont représentées par deux complexes lités lenticulaires pouvant localement atteindre près de 3 m d'épaisseur.

Une campagne de 16 essais de pénétration statique a également été réalisée juste en arrière de la section étudiée du front de taille. L'analyse de la résistance à la pointe et du rapport de frottement a permis de mettre en évidence trois horizons repères.

Par comparaison avec la description du front de taille, ces horizons correspondent très probablement, depuis la surface, à la limite de décarbonatation, à l'Horizon à Langues de Nagelbeek et au sommet du Pédocomplexe de Rocourt. Ce dernier est l'horizon le plus remarquable. Il se caractérise par une importante et brève augmentation de la résistance à la pointe sur quelques décimètres d'épaisseur. Cette augmentation atteint des valeurs comprises entre 10 et 20 MPa, ce qui représente souvent la valeur maximale de la résistance à la pointe atteinte pour l'ensemble de la séquence lœssique. La forme de paléovallon de la base de la séquence ressort également de l'analyse des résultats issus de la campagne géotechnique. Par ailleurs, la combinaison des deux approches permet de préciser la morphologie du paléovallon. Ce dernier possède un axe orienté N-S avec un sens d'écoulement en direction du Nord, en accord avec la présence d'une épaisse butte de sable oligocène présente dans la partie sud de la carrière. Les essais de pénétration statique ont également mis en évidence la présence d'une importante surface de discordance qui recoupe les couches composant le versant ouest du paléovallon. Cette surface de discordance se localise à proximité de la base des langues de l'Horizon à Langues de Nagelbeek.

Ces résultats démontrent les potentialités qu'offre l'essai de pénétration statique en vue d'évaluer la présence ou non de certains horizons repères, leur extension ainsi que leur morphologie. L'essai permet d'atteindre relativement aisément la base de la séquence lœssique. Il peut dès lors intervenir avantageusement en complément aux forages à la tarière manuelle. Il est particulièrement intéressant de remarquer que l'horizon le plus caractéristique sur base de l'essai de pénétration statique correspond à la transition entre le Complexe Humifère de Remicourt et le Pédocomplexe de Rocourt, deux unités qui revêtent un intérêt majeur pour le Paléolithique de Moyenne Belgique.

Remerciements

Nous tenons à remercier Messieurs Ph. Delporte, T.-M. Bolland et S. Wittemans de la société CBR pour nous avoir autorisé l'accès à la carrière de Romont et pour l'intérêt porté à notre étude, et ce dès la présentation du projet. Nous remercions également l'ensemble du personnel de la société CBR de Romont pour son accueil. Nous souhaitons aussi remercier le Laboratoire de Géotechnologies de l'Université de Liège pour son important soutien logistique. Notre gratitude s'adresse particulièrement à Messieurs A. Geurts et P. Illing, travaillant au sein du Laboratoire de Géotechnologies, pour leur aide technique lors de l'acquisition des données géotechniques. Nous remercions également le service d'Hydrogéologie de l'Université de Liège pour la mise à disposition du DGPS indispensable à cette étude. Enfin, nous remercions Monsieur É. Juvigné pour sa collaboration dès le début de cette étude et pour le grand intérêt qu'il porte à notre approche.

Bibliographie

ASTM D3441-05, 2005. *Standard Test Method for Mechanical Cone Penetration Tests of Soil (Withdrawn 2014)*, ASTM International, West Conshohocken, PA, United-States : www.astm.org.

ASTM D5778-12, 2012. *Standard Test Method for Electric Friction and Piezocone Penetration Testing of Soils*, ASTM International, West Conshohocken, PA, United-States : www.astm.org.

AMOROSI A., BRUNO L., CAMPO B. & MORELLI A., 2014. The value of pocket penetration tests for the high-resolution palaeo-soil stratigraphy of late Quaternary deposits. *Geological Journal*, 20 : 670-682.

BASTIN B., 1969. Premiers résultats de l'analyse pollinique des loëss en Belgique. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 18 : 3-11.

BASTIN B., 1971. *Recherche sur l'évolution du peuplement végétal en Belgique durant la glaciation de Würm*. Acta Geographica Lovaniensia, 9 : 136 p.

BOULVAIN F. & PINGOT J. L. (éd.), 2015. *Genèse du sous-sol de la Wallonie*. Académie royale de Belgique, Bruxelles : 208 p.

DELVOIE S., BOULVAIN F., CHARLIER R. & COLLIN F., sous presse. Detailed characterization of the Late Pleistocene loess sequence stratigraphy of Remicourt (Hesbaye Region, Belgium) with cone penetration tests. *Geologica Belgica*.

FRECHEN M., VAN VLIET-LANOË B. & VAN DEN HAUTE P., 2001. The Upper Pleistocene loess record at Harmignies/Belgium - high resolution terrestrial archive of climate forcing. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 173 : 175-195.

GULLENTOPS F., 1954. Contribution à la chronologie du pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mémoires de l'Institut géologique de l'Université Catholique de Louvain*, 18 : 125-252.

HAESAERTS P., 1985. Les loëss du Pléistocène supérieur en Belgique, comparaison avec les séquences d'Europe centrale. *Bulletin de l'Association française pour l'étude du Quaternaire*, 2-3 : 105-115.

HAESAERTS P., DI MODICA K. & PIRSON S., 2011b. Le gisement paléolithique de la Sablière Gritten à Rocourt (province de Liège). In : Toussaint M., Di Modica K. & Pirson S. (éd.), *Le Paléolithique Moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulrix-Closset*, Hors-série n° 4 du *Bulletin de la Société royale belge d'Études géologiques et archéologiques* Les Chercheurs de la Wallonie (A.S.B.L.) – ERAUL, 128, Flémalle - Liège : 359-374.

HAESAERTS P., JUVIGNE É., KUYL O., MUCHER H. & ROEBROEKS W., 1981. Compte rendu de l'excursion du 13 juin 1981, en Hesbaye et au Limbourg néerlandais, consacrée à la chronostratigraphie des loëss du Pléistocène supérieur. *Société géologique de Belgique*, 104 : 223-240.

HAESAERTS P. & MESTDAGH H., 2000. Pedosedimentary evolution of the last interglacial and early glacial sequence in the European loess belt from Belgium to central Russia. *Netherlands Journal of Geosciences*, 79 : 313-324.

HAESAERTS P., MESTDAGH H. & BOSQUET D., 1997. La séquence de Remicourt (Hesbaye, Belgique). *Notae Praehistoricae*, 17 : 45-52.

HAESAERTS P., MESTDAGH H. & BOSQUET D., 1999. The sequence of Remicourt (Hesbaye, Belgium): new insights on the pedo- and chronostratigraphy of the Rocourt soil. *Geologica Belgica*, 2 : 5-27.

HAESAERTS P., PIRSON S. & MEIJS E. P. M., 2011a. *Revised lithostratigraphy of the aeolian loess deposits. Addition to Gullentops, F., Bogemans, F., De Moor, G., Paulissen, E. & Pissart, A., 2001: Quaternary Lithostratigraphic Units (Belgium)*, publié en ligne par la "National Commission for Stratigraphy of Belgium" : <http://www2.ulg.ac.be/geolsed/GB/SCQ.htm>

HAESAERTS P. & VAN VLIET-LANOË B., 1981. Phénomènes périglaciaires et sols fossiles observés à Maisières-canal, à Harmignies et à Rocourt. *Biuletyn peryglacjalny*, 28 : 291-324.

JUVIGNE É., 1977. Zone de dispersion et âge des poussières volcaniques du Tuf de Rocourt. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 100 : 13-22.

JUVIGNE É., 1978. Les minéraux denses transparents des loëss de Belgique. *Zeitschrift für Geomorphologie, Neue Folge*, 22 : 68-88.

JUVIGNE É., 1992. Les formations cénozoïques de la carrière C.B.R. du Romont (Eben/

- Bassange, Belgique). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 115 : 159-165.
- JUVIGNE É., HAESAERTS P., MESTDAGH H. & BALESU S., 1996. Révision du stratotype lœssique de Kesselt (Limbourg, Belgique). *Compte-rendu de l'Académie des Sciences, Paris, série IIa : Sciences de la Terre et des Planètes*, 323 : 801-807.
- JUVIGNE É., POUCKET A., HAESAERTS P., BOSQUET D. & PIRSON S., 2013. Le téphra de Rocourt dans le site paléolithique moyen de Remicourt (Province de Liège, Belgique). *Quaternaire*, 24, 279-291.
- JUVIGNE É. & RENARD F., 1992. Les terrasses de la Meuse de Liège à Maastricht. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, 115 : 167-186.
- JUVIGNE É. & SEMMEL A., 1988. Un tuf volcanique semblable à l'Eltviller Tuff dans les loëss de Hesbaye (Belgique) et du Limbourg néerlandais. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 31 : 83-90.
- JUVIGNE É., TALLIER E., HAESAERTS P. & PIRSON S., 2008. Un nouveau stratotype du Téphra de Rocourt dans la carrière de Romont (Eben/Bassenge, Belgique). *Quaternaire*, 19 : 133-139.
- LAGA P., 1988. Formatie van Sint-Huitbrechts-Hern. In : Maréchal R. & Laga P. (éd.), *Voorstel lithostratigraphische indeling van het Paleogeen*, Belgische Geologische Dienst, Brussel : 164-169.
- LAGA P., LOUWY S. & GEETS S., 2001. Paleogene and Neogene lithostratigraphic units (Belgium). *Geologica Belgica*, 4 : 135-152.
- LAUTRIDOU J.-P., 1985. *Le cycle périglaciaire pléistocène en Europe du nord-ouest et plus particulièrement en Normandie*. Thèse de doctorat d'État, Université de Caen, Centre de Géomorphologie du CNRS : 907 p.
- LUNNE T., ROBERTSON P. K. & POWELL J. J. M. (éd.), 1997. *Cone Penetration Testing in Geotechnical Practice*. Spon Press, London : 312 p.
- MEIJS E. P. M., 2011. The Veldwezelt site (province of Limbourg, Belgium): environmental and stratigraphical interpretations. *Netherlands Journal of Geosciences (Geologie en Mijnbouw)*, 90 : 73-94.
- MEIJS E. P. M., s.d. *ArcheoGeolab. Paleolithic and Quaternary Research in the European loess Belt*. Version 26/06/2011 : www.archeoGeolab.nl
- MOTTEQUIN B. & MARION J.-M., 2012. *Carte géologique Tongres-Herderen (34/5-6) : notice explicative*. Version provisoire du 05/09/2012 : 29 p.
- PAEPE R., 1967. Séquences litho-stratigraphique du Pléistocène supérieur - Datations au C14. *Bulletin de la Société belge de Géologie, Paléontologie et Hydrologie*, 76 : 171-182.
- PAEPE R. & VANHOORNE R., 1967. *The stratigraphy and paleobotany of the Late Pleistocene in Belgium*. Mémoires pour servir à l'explication des cartes géologiques et minières de la Belgique, Service Géologique de Belgique, 8, Bruxelles : 96 p.
- PIRSON S., 2007. *Contribution à l'étude des dépôts d'entrée de grotte en Belgique au Pléistocène supérieur. Stratigraphie, sédimentogenèse et paléoenvironnement*. Thèse de doctorat, Université de Liège et Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Liège - Bruxelles : 436 p.
- PIRSON S. & DI MODICA K., 2011. Position chronostratigraphique des productions lithiques du Paléolithique ancien en Belgique : un état de la question. In : Toussaint M., Di Modica K. & Pirson S. (éd.), *Le Paléolithique Moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulrix-Closset*, *Bulletin de la Société royale belge d'Études géologiques et archéologiques* Les Chercheurs de la Wallonie, Hors-série n° 4 – ERAUL, 128, Flémalle - Liège : 105-148.
- PIRSON S., HAESAERTS P. & DI MODICA K., 2009. Cadre chronostratigraphique des principaux gisements du Paléolithique moyen du bassin de la Haine : un état de la question. In : Di Modica K. & Jungels C. (éd.), *Paléolithique moyen en Wallonie. La collection Louis Éloy*, Collections du Patrimoine culturel de la Communauté française, n° 2 : 58-77.
- POUCLLET A. & JUVIGNÉ É., 2009. The Eltville tephra, a late Pleistocene widespread tephra layer in Germany, Belgium and The Netherlands; symptomatic compositions of the minerals. *Geologica Belgica*, 12 : 93-103.
- POUCLLET A., JUVIGNÉ É. & PIRSON S., 2008. The Rocourt Tephra, a widespread 90-74 ka stratigraphic marker in Belgium. *Quaternary Research*, 70 : 105-120.
- ROBASZYNSKI F., 2006. Maastrichtian. *Geologica Belgica*, 9 : 63-72.

- ROBERTSON P. K., 1990. Soil classification using the cone penetration test. *Canadian Geotechnical Journal*, 27 : 151-158.
- ROBERTSON P. K., CAMPANELLA R. G., GILLESPIE D. & GREIG J., 1986. *Use of piezometer cone data. Proceedings of the ASCE Specialty Conference In Situ '86 : Use of In Situ Tests in Geotechnical Engineering*. Blacksburg, American Society of Engineers (ASCE) : 1263-1280.
- SMALLEY I. J., JEFFERSON I. F., DIJKSTRA T. A. & DERBYSHIRE E., 2001. Some major events in the development of the scientific study of loess. *Earth-Science Reviews*, 54 : 5-18.
- TOUSSAINT M., DI MODICA K. & PIRSON S. (éd.), 2011. *Le Paléolithique Moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ullix-Closset. Bulletin de la Société royale belge d'Études géologiques et archéologiques* Les Chercheurs de la Wallonie, Hors-série n° 3 : 115-130.
- chéologiques Les Chercheurs de la Wallonie, Hors-série n° 4 – ERAUL, 128, Flémalle - Liège : 416 p.
- VAN DEN BROECK E., 1887. Note préliminaire sur l'origine probable du limon hesbayen ou limon non stratifié homogène. *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 1, 151-159.
- VAN DEN HAUTE P., FRECHEN M., BUYLAERT J. P., VANDENBERGHE D. & DE CORTE F., 2003. The Last Interglacial palaeosol in the Belgian loess belt: TL age record. *Quaternary Science Reviews*, 22 : 985-990.
- WILLEMS L., RODET J., EK C., PIRSON S. & JUVIGNE É., 2010. Karsts des calcarénites de la carrière du Romont (Eben – Belgique). *Bulletin de la Société royale belge d'Études géologiques et archéologiques* Les Chercheurs de la Wallonie, Hors-série n° 3 : 115-130.

Résumé

La carrière de Romont s'est récemment inscrite comme le nouveau stratotype des lœss de Moyenne Belgique. Le site expose plus de 10 m de lœss datant essentiellement du Pléistocène supérieur. Le Pédocomplexe de Rocourt, le Complexe Humifère de Remicourt, le Sol de Malplaquet et l'Horizon à Langues de Nagelbeek y sont notamment particulièrement bien développés. Les approches classiques visant à étudier la stratigraphie des lœss nécessitent l'existence d'une coupe directement observable. De telles sections sont malheureusement peu fréquentes en Moyenne Belgique, et souvent temporaires et peu profondes. Pour identifier les horizons repères, les archéologues et les géologues ont souvent recours à la réalisation de forages à la tarière manuelle. L'investigation des lœss par des essais de pénétration statique pourrait apporter une alternative au manque d'affleurements, et intervenir complémentirement aux forages. Cette étude s'inscrit comme une façon d'aborder en première approche la séquence lœssique afin d'identifier la présence ou non de certaines couches ainsi que leur extension. La campagne d'investigation réalisée sur le site de Romont vise à vérifier l'existence d'horizons repères sur base des propriétés mécaniques, par comparaison avec la paroi visible de la carrière. Ainsi, 16 essais de pénétration statique ont été réalisés directement en arrière de la paroi. Leur analyse a permis de mettre en évidence l'existence d'horizons au sein de la séquence lœssique. La transition entre le Complexe Humifère de Remicourt et le Pédocomplexe de Rocourt représente l'horizon le plus marqué. Ces deux unités pédostratigraphiques sont importantes car elles ont livré plusieurs assemblages archéologiques en Moyenne Belgique et dans les pays limitrophes. Plus proche de la surface, l'Horizon à Langues de Nagelbeek et la limite de décarbonatation sont également visibles sur base des résultats de la campagne géotechnique.

Mots-clés : Moyenne Belgique, horizon, stratigraphie, Pléistocène supérieur, essai de pénétration statique, lœss.

Abstract

The Romont quarry has been recently proposed as a new type section for the Middle Belgium loess deposits. The site displays more than 10 m thick loess sequence mainly dating from the Upper Pleistocene. The Rocourt Pedocomplex, the Humiferous Complex of Remicourt, the Malplaquet Soil and the Nagelbeek Tongued Horizon are especially well developed. Classical approaches to study the loess sequence need observable sections. Unfortunately these sections are rare in Middle Belgium, often temporary and not deep enough. To identify reference horizons, archaeologists and geologists use to resort to hand auger sampling techniques. Investigation of loess by cone penetration tests could offer an alternative to the lack of outcrops and could be used complementary to hand drilling techniques. This study focuses on a methodology to approach as a first step the loess sequence to identify the presence or not of some layers and their extension. The investigation campaign performed on the site of Romont aims to define reference horizons based on mechanical properties by comparison with an observable outcrop. Then 16 cone penetration tests have been realized behind the working face. The campaign results reveal the existence of some horizons into the loess sequence. The transition between the Humiferous Complex of Remicourt and the Rocourt Pedocomplex is the most noticeable horizon. These two pedostratigraphic units are important due to the presence of archaeological materials in Middle Belgium and borderlands. Closer to the surface the Nagelbeek Tongued Horizon and the decarbonation limit are also highlighted from results of the geotechnical campaign.

Keywords: Middle Belgium, horizon, stratigraphy, Upper Pleistocene, cone penetration test, loess.

Simon DELVOIE
Robert CHARLIER
Frédéric COLLIN
Université de Liège
Département d'Architecture
Géologie, Environnement et Construction (ArGEnCo)
Service de géomécanique et géologie de l'Ingénieur
B52/3, Sart-Tilman
BE - 4000 Liège
S.Delvoie@ulg.ac.be

Stéphane PIRSON
Service public de Wallonie, DGO4
Direction de l'archéologie
1, rue des Brigades d'Irlande
BE - 5100 Jambes
Stephane.Pirson@spw.wallonie.be

De monitoring van de Neanderthalsite in Veldwezelt-Hezerwater (prov. Limburg, BE) Een samenwerking tussen de gemeente Lanaken en Monumentenwacht

Katelijne BEERTEN & Nele GOEMINNE

1. Beheershistoriek

Het verhaal van de Neanderthalsite begint in 1995. In dat jaar wordt de leemgroeve in gebruik genomen door baksteenfabrikant Vandersanden NV. Tijdens de afgraving worden paleolithische artefacten aangetroffen. Door de gunstige ligging van de vondstlocatie binnen het geëxploiteerde gebied kan er parallel aan de ontgraving ook wetenschappelijk onderzoek uitgevoerd worden. De onderzoekscampagnes gebeuren door de Eenheid Prehistorische Archeologie van de KU Leuven. Van 1998 tot 2003 worden er zes opgravingscampagnes opgezet (Bringmans, 2006a, 2006b; Bringmans et al., 2000, 2001, 2003; Bubel et al., 1999; Vanmontfort et al., 1998). Deze onderzoeken leveren, naast informatie over de evolutie van het klimaat en het landschap, archeologische resten op van een vijftal jachtkampen van Neanderthals en twee openlucht extractieplaatsen van vuursteen. De sites dateren uit het Midden-Paleolithicum.

Omwille van de uitzonderlijke waarden, zowel wetenschappelijk als maatschappelijk, van de site – de vondsten behoren tot de oudste bewoningssporen van Vlaanderen – worden in de jaren volgend op de opgravingen drie trajecten opgestart. Patrick Bringmans verwerkt de onderzoeksresultaten in zijn doctoraatsonderzoek (Bringmans, 2006a). Voor de gemeente Lanaken is het van meet af aan een doel geweest om de site open te stellen voor het publiek en toeristisch te exploiteren. Hiervoor wordt een opdracht gegeven aan het Nederlandse ADC Heritage. Zij krijgen de opdracht te onderzoeken op welke wijze de site fysiek beschermd kan worden. Uit de vijf onderzochte mogelijkheden komt een overkapping van het leemprofiel als beste naar voren. Ze verwijzen hiervoor onder meer naar de site van La Micoque (Frankrijk).

Een laatste traject gebeurt onder impuls van het Provinciaal Gallo-Romeins Museum in Tongeren. In 2004 wordt daar de tentoonstelling ‘Neanderthals in Europa’ georganiseerd. Voor het bijhorende congres is de wereldtop naar Tongeren gekomen. Er worden handtekeningen verzameld, en de petitie wordt aan toenmalig Vlaams minister van Ruimtelijke Ordening (en Onroerend Erfgoed) Dirk Van Mechelen overhandigd met de vraag om de site als archeologisch erfgoed te beschermen. Vanuit het ministerie vraagt men een aanvraagdossier. Op 7 december 2007 wordt de site uiteindelijk beschermd bij Ministerieel Besluit.

In de daaropvolgende jaren blijft de intentie behouden om de site verder te ontwikkelen en in te richten. Het slabakkende economisch klimaat strooit echter roet in het eten, met als gevolg dat de site verloederd geraakt. Zo erg dat zelfs een herstellvordering wordt opgemaakt. Achter de schermen blijven echter de onderhandelingen tussen de gemeente en de toenmalige eigenaar verder lopen. Dit resulteert uiteindelijk in een restauratiedossier, waarvoor in augustus 2013 de eerste restauratiepremie voor een beschermde archeologische site wordt toegekend. De werken vangen nog datzelfde jaar aan: de schadelijke begroeiing en vegetatie wordt verwijderd en er worden drie profielwanden geselecteerd



Fig. 1 – Zicht op de dichtst bij de ingang gelegen profielwand. Het bezoek van de Neanderthalers situeert zich hier rond 55.000 jaar geleden. Op het informatiepaneel werden de verschillende geologische lagen gemarkeerd.



Fig. 2 – Maandelijks inspectie door Monumentenwacht.

om geconsolideerd en overkapt te worden. Er wordt een bezoekersparcours aangelegd met een betonnen looppad, zitbanken en informatieborden. In september 2014 wordt de officiële opening gepland. Door een spijtige samenloop van weersomstandigheden (uitzonderlijk hevige regenval) en het feit dat nog niet alle werken (waaronder de afwatering) volledig afgewerkt zijn, wordt de site op twee plaatsen beschadigd. Daardoor vindt de plechtige opening uiteindelijk pas plaats op 12 juni 2015. Enkele maanden later start Monumentenwacht archeologie¹ haar maandelijkse monitoring van de site. In 2016 wordt de site Laureaat van de Onroerendergoedprijs, ingericht door het agentschap Onroerend Erfgoed.

2. Maandelijks monitoring door Monumentenwacht

2.1. Werkwijze nulmeting en monitoring

Op 15 oktober 2015 start Monumentenwacht met een eerste toestandsinspectie (“nulmeting”) van de Neanderthalersite. Deze wordt gevolgd door een maandelijkse vervolgininspectie (“monitoring”). De inspecties worden uitgevoerd door een multidisciplinair team, samengesteld uit twee ingenieurs en één archeoloog. Wanneer nodig, wordt beroep gedaan op externe specialisten.

Er vindt in de loop van het monitoringtraject regelmatig overleg plaats met de gemeente Lanaken en het agentschap Onroerend Erfgoed.

De nulmeting en monitoring hebben in eerste instantie betrekking op de drie geconsolideerde en door een luifel overkapt profielwanden. Deze wanden hebben naast

¹ Monumentenwacht wordt 25 jaar geleden opgericht om eigenaars en beheerders van bouwkundig erfgoed, gelegen in Vlaanderen, te ondersteunen in het behoud ervan. Aan de hand van periodieke inspecties brengen de monumentenwachters de toestand van het erfgoed in kaart en formuleren ze beheersaanbevelingen, met een focus op instandhoudings- en onderhoudswerkzaamheden, gekoppeld aan een urgentie en een frequentie. Gaandeweg vindt er een verbreding van de dienstverlening plaats naar historische interieurs (1997), varend erfgoed (2008), archeologisch erfgoed (2009) en tot slot ook kostprijsindicatie (2011).

hun hoge archeologische waarde ook een educatieve belevingswaarde: de historische/geologische gelaagdheid van het profiel moet leesbaar zijn voor gidsen en bezoekers. Daarnaast wordt tijdens elke inspectie ook de toestand van de niet overdekte tussenprofielen bekeken.

Aan de hand van visuele waarnemingen en vochtmetingen wordt de toestand van de profielwanden maandelijks nagekeken op wijzigingen en opgetreden schade. Monumentenwacht probeert daarbij steeds de oorzaken te achterhalen en mogelijke risico's op verdere aantasting in te schatten. De fotogrammetrische opnames, die in oktober 2015 door de afdeling "Algemene Technische Ondersteuning" van de Vlaamse overheid van de drie overkapte profielwanden en tussenliggende wanden gemaakt werden, vormen een handig referentiekader voor de monitoring. Tijdens de terreininspecties worden telkens overzichtsfoto's en detailfoto's van de profielen en omgevende site gemaakt.

Wanneer mogelijk, worden tijdens de inspecties kleine werkjes uitgevoerd, zoals het verwijderen van beginnende begroeiing.

2.2. Eerste resultaten van de monitoring

Momenteel is het eerste jaar monitoring bijna afgerond. Gaandeweg wordt, door telkens eenzelfde set schadeparameters (bv. scheurvorming, begroeiing, dierlijke activiteit, erosie, drainage...) te monitoren, een eerste inzicht verkregen in de aanwezige degradatieprocessen. Aanvullende vormen van gespecialiseerde monitoring (bv. biochemische metingen van het bodemmilieu) kunnen deze vaststellingen verder bijsturen en verfijnen.

2.2.1. Continue schadefactoren / degradatieprocessen

Eenzijds zijn er de geleidelijke degradatieprocessen, waaraan de site logischerwijze onderhevig is. De site is een "natuurlijk" gegeven en staat in relatie tot haar omgeving. Uit het voorbije jaar monitoring komen volgende schadefactoren naar voor, al dan niet in combinatie met elkaar.

Fysische krachten: De profielen zijn vrij hellend en onderhevig aan erosie. De drie geconsolideerde profielen worden door luifels afgeschermd van neerslag. Toch is het de natuurlijke gang van zaken dat er regelmatig stukken afvallen. Uiteraard moet dit, zeker voor wat de overkapte profielwanden betreft, zoveel mogelijk voorkomen worden of onder gecontroleerde omstandigheden gebeuren. In de overkapte profielwanden worden kleine en grotere scheuren vastgesteld, vooral daar waar plantenwortels groeien of groeiden. Ook het uitdrogen van de leemwanden, door inwerking van wind en zon, werkt scheurvorming in de hand. Op sommige plekken zijn ter hoogte van de scheuren kleine stukjes grond losgekomen in de overdekte profielwanden. Dit is tot nog toe zeer plaatselijk en beperkt in omvang, maar moet op systematische basis goed opgevolgd worden. De niet overdekte tussenwanden zijn door hun blootstelling aan de weersomstandigheden, veel gevoeliger voor fysische degradatie. Het is de bedoeling dat deze na verloop van tijd begroeid geraken met een oppervlakkig wortelende vegetatie.



Fig. 3 – Monumentenwacht verwijdert kleine, beginnende plantjes tijdens de maandelijkse monitoring.

Vocht en water: Één van de drie overkapte profielwanden heeft te leiden onder een hoge vochtbelasting. Er is veel mosgroei, op enkele plekken is er oppervlakkige afschilfering en er zijn één grote en twee beginnende geulen zichtbaar. Dit is te wijten aan een combinatie van factoren: het profiel had schade ondervonden door de hevige regenval (zie hoger) en het is het laagst en het langst in de schaduw gelegen profiel. Bovendien is er geen drainage onmiddellijk achter het profiel, waardoor het regenwater dat op het hoger gelegen betonnen plateau valt in de grond achter het profiel dringt en een extra vochtbelasting vormt. Pas wanneer het drainageprobleem opgelost is, kan de wand langzaam uitdrogen en kan vervolgens de mosgroei verwijderd worden. Tijdens de restauratiewerkzaamheden in 2014-15 zijn de overkapte profielwanden behandeld om de kleuren en wanden te fixeren en mos- en algengroei te ontmoedigen. Deze laag is van dit profiel verwijderd kort na het ontstaan van de watergeul om het vochtbelaste profiel vlotter te laten uitdrogen. Tijdens de inspecties worden telkens alle infiltratiegrachten nagekeken.

Begroeiing: Alle drie de overkapte profielwanden hebben in min of meerdere mate te maken met mos- en plantengroei. Op de hoogst gelegen profielwand is er een sterke begroeiing met opslag van abeel. De aanwezigheid van deze soort is niet verwonderlijk aangezien de dreef bovenaan de site langs weerszijden aangeplant is met abelen. De begroeiing heeft een schadelijk effect door haar wortelwerking, maar vormt ook een visuele belemmering. Momenteel worden er tests uitgevoerd met betrekking tot het op een archeologievriendelijke manier verwijderen van de begroeiing (vooral dan van de snel opschietende opslag van abelen). Zo wordt op een testvlak geëxperimenteerd met het insmeren of injecteren van de afgezaagde stobbe met verschillende samenstellingen van bestrijdingsmiddelen. Het afzagen van de opslag zorgt voor een stressreactie, waardoor er des te sneller nieuwe wortelscheuten zullen gevormd worden. Een nabehandeling dringt zich dan ook op. Er wordt gezocht naar zo ecologisch mogelijke middelen met zo min mogelijke impact op de bodemeigenschappen.

Dieren: In alle drie de overkapte profielwanden zijn zowel grotere dierenholten als kleinere dierenholletjes en gaatjes zichtbaar (o.a. van konijnen, muizen en bijen). In de omgeving van de profielen zijn ook veel molshopen zichtbaar. De dierlijke ingraveningen moeten goed opgevolgd worden. Wanneer ze niet meer actief zijn, kunnen ze opgevuld worden met uitgevallen/uitgeworpen grond om te vermijden dat ze hergebruikt worden. Er huist ook een beschermde bijensoort in de profielwanden. In de maand juni is er tijdens de inspecties veel bijenactiviteit waargenomen, waarbij er buisvormige uitstulpingen rond de gaatjes gevormd werden. Deze problematiek en het effect ervan op de erfgoedwaarden wordt momenteel verder onderzocht.

Vandalisme en verlies aan informatie: Op de profielwanden zijn oude graveringen zichtbaar, die nog dateren van voor de inrichting en ontsluiting van de site. Er is tijdens de monitoring geen schade vastgesteld aan de profielen die gerelateerd kan worden aan de bezoekers van de site. Wel worden er tijdens elke inspectie golfballen gevonden van het naast de site gelegen golfterrein. Deze liggen soms tot tegen de overkapte profielwanden en er zijn zelfs enkele inslagen van golfballen zichtbaar in deze wanden. Als oplossing wordt voorgesteld om het net tussen de site en het golfterrein nog wat te verhogen.

2.2.2. Plots optredende schade

Daarnaast heeft de site in de loop van de monitoring ook te maken gekregen met plots optredende, niet-verwachte schade (“calamiteiten”). Zo is er na hevige regenval bijvoorbeeld een gedeelte van een profielwand naar beneden gespoeld. Dit situeerde zich net naast de overkapping en betrof een tussenwand. Monumentenwacht herbekijkt met de gemeente Lanaken en de restauratiearchitect het drainageplan.

3. Vervolg / toekomst

Momenteel worden de resultaten van het eerste jaar monitoring verder verwerkt en vertaald naar beheersmaatregelen. Er is door de gemeente Lanaken besloten de monitoring verder te zetten, om de toestand van de site goed te kunnen opvolgen en tijdig te kunnen anticiperen en ingrijpen wanneer nodig. Tijdens de vervolgmonitoring zullen ook bijkomende tests gedaan worden in functie van de verdere concretisering van de beheersmaatregelen: bijvoorbeeld met betrekking tot het op een archeologievriendelijke manier verwijderen van de opslag van abelen en andere planten- en mosgroei op de profielwanden. Tot slot zullen de resultaten van de monitoring gebruikt worden voor het beheersplan, dat in 2016-2017 zal opgemaakt worden voor de volledige, als archeologische site beschermde Neanderthalsite.

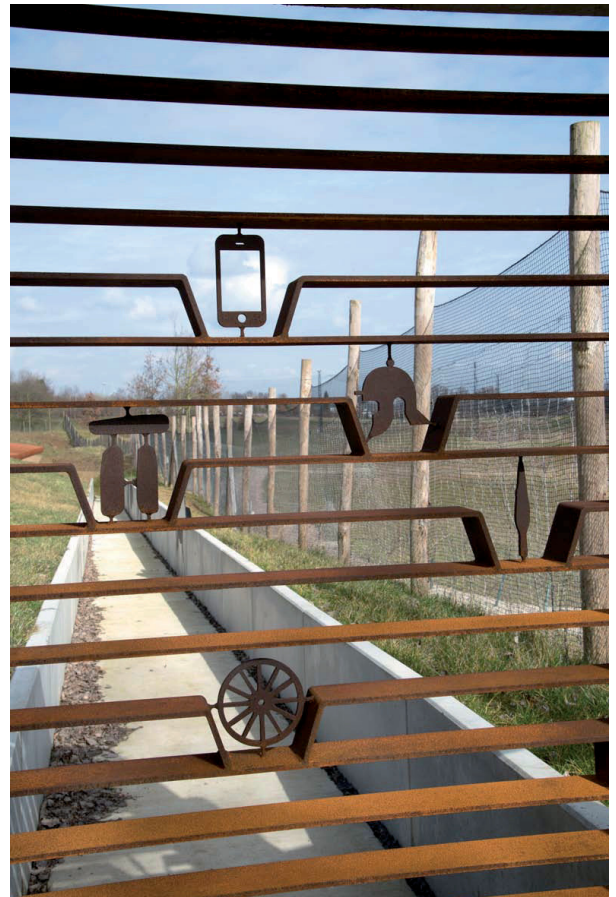


Fig. 4 - De toegangspoort van de Neanderthalsite.

Bibliografie

BRINGMANS P., 2006a. *Multiple Middle Palaeolithic Occupations in a Loess-soil Sequence at Veldwezelt-Hezerwater*, Limburg, Belgium. PhD thesis, KU Leuven, Leuven.

BRINGMANS P., 2006b. Seven well-preserved in-situ Middle Palaeolithic open-air sites in a loess-soil “climate-calender” sequence at Veldwezelt-Hezerwater, Belgium. *Notae Praehistoricae*, 26/2006: 9-18.

BRINGMANS P. M. M. A., BUBEL S., GROENENDIJK A. J., MEIJS E. P. M., DE WARRIMONT J.-P., GULLENTOPS F. & VERMEERSCH P. M., 2000. The Middle palaeolithic Valley Settlements at Veldwezelt-Hezerwater, (Limburg, Belgium): Excavation Campagne 2000. *Notae Praehistoricae*, 20/2000: 7-19.

BRINGMANS P. M. M. A., VERMEERSCH P. M., GROENENDIJK A. J., MEIJS E. P. M., DE WARRIMONT J.-P. & GULLENTOPS F., 2001. The Middle Palaeolithic Valley Settlements at Veld-

wezelt-Hezerwater (Limburg, Belgium): Excavation Campaign 2001. *Notae Praehistoricae*, 21/2001: 7-17.

BRINGMANS P. M. M. A., VERMEERSCH P. M., GULLENTOPS F., GROENENDIJK A. J., MEIJS E. P. M., DE WARRIMONT J.-P. & CORDY J.-M., 2003. Preliminary Excavation Report on the Middle Palaeolithic Valley Settlements at Veldwezelt-Hezerwater (Limburg, Belgium). *Archeologie in Vlaanderen*, VII/1999-2000: 9-30.

BUBEL S., VERMEERSCH P. M., GROENENDIJK A. J., MEIJS E. P. M., DE WARRIMONT J.-P. & GULLENTOPS F., 1999. The Middle Palaeolithic Site of Hezerwater at Veldwezelt, (Limburg, Belgium): Second Excavation Campaign. *Notae Praehistoricae*, 19/1999: 13-19.

VANMONTFORT B., VERMEERSCH P. M., GROENENDIJK A. J., MEIJS E. P. M., DE WARRIMONT J.-P. & GULLENTOPS F., 1998. The Middle Palaeolithic Site of Hezerwater at Veldwezelt, (Limburg, Belgium). *Notae Praehistoricae*, 18/1998: 5-11.

Samenvatting

In oktober 2015 heeft Monumentenwacht op vraag van de gemeente Lanaken een eerste toestandinspectie (“nulmeting”) uitgevoerd van de Neanderthalsite in Veldwezelt-Hezerwater. Kort voordien is de ingerichte en gerestaureerde site plechtig geopend voor het grote publiek. Om het vervolgbeheer in goede banen te leiden, doet de gemeente beroep op Monumentenwacht. Er wordt een maandelijkse monitoringovereenkomst afgesloten voor de periode van één jaar, te starten met een nulmeting. Aan de hand van de maandelijkse monitoring van een vaste set parameters worden de belangrijkste schadefactoren en -processen (“behoudsrisico’s”) in kaart gebracht en wordt er onderzoek gedaan naar geschikte beheersmaatregelen. De resultaten van de monitoring zullen eveneens aangewend worden voor de opmaak van het beheersplan. De toestand van de site zal ook in de toekomst op regelmatige en systematische wijze verder opgevolgd worden door Monumentenwacht.

Trefwoorden: Monumentenwacht, monitoring, beheersplan, Neanderthalsite, Veldwezelt “Hezerwater”, gemeente Lanaken, provincie Limburg, België.

Résumé

C’est en octobre 2015 que le Vlaamse *Monumentenwacht* a effectué un premier état des lieux du site néandertalien de Veldwezelt demandé par la commune de Lanaken. Auparavant, le site aménagé et restauré avait été inauguré pour le grand public. Pour garantir une bonne gestion à long terme, la commune a fait appel aux services du *Monumentenwacht*. Un contrat de suivi mensuel a été conclu pour une période de minimum un an. Les comparaisons se feront à partir de la première inspection, « l’inspection de référence ». Sur base d’une surveillance de paramètres fixes, le *Monumentenwacht* est capable d’identifier les facteurs et les processus clés causant des dégâts (les « risques de conservation »). En plus, le *Monumentenwacht* étudie les mesures de gestion et leur efficacité pour ce site spécifique. Les résultats de la surveillance mensuelle seront également utilisés pour l’élaboration du « plan de gestion ». Le *Monumentenwacht* poursuivra à plus long terme la surveillance régulière et systématique de ce site unique.

Mots-clés : Vlaamse Monumentenwacht, surveillance mensuelle, risques de conservation, plan de gestion, site néandertalien, Veldwezelt “Hezerwater”, commune de Lanaken, province de Limbourg, Belgique.

Katelijne BEERTEN
Gemeente Lanaken
1, Jan Rosierlaan
BE - 3620 Lanaken
Katelijne.Beerten@Lanaken.be

Nele GOEMINNE
Monumentenwacht Vlaanderen vzw
Erfgoedhuis Den Wolsack
27, Oude Beurs
BE - 2000 Antwerpen
Nele.Goeminne@monumentenwacht.be

Contactgegevens Monumentenwacht:
www.monumentenwacht.be

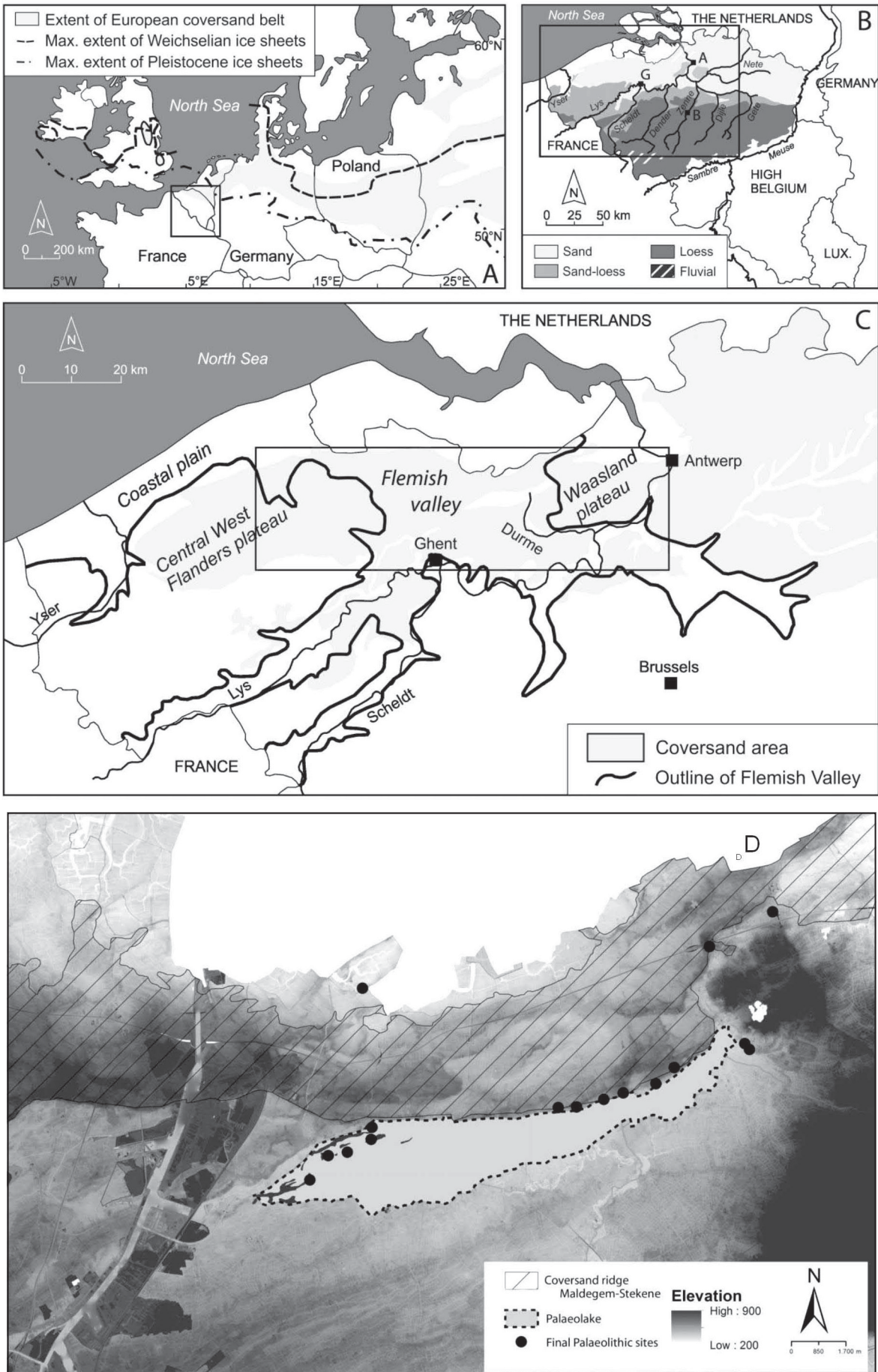
Diatom-based palaeoecology of a late-glacial palaeolake in the Moervaart area (northwestern Belgium) in relation to its prehistoric occupation

Hendrik DEMIDDELE, Peter FINKE & Philippe CROMBÉ

1. Introduction

Assessing past climate-human-environment interactions at local and regional scales is particularly relevant in the evaluation of factors controlling the behaviour and mobility of prehistoric human societies. To gain new insight about the variability of the nature of these complex interactions, we need to tackle issues concerning simple causation, scale mismatch between social and ecological processes and conflicting conclusions about the effects of environmental change on human adaptation (Dearing, 2006). The reliable assessment of environmental change itself, with adequate reference to spatial entities such as lakes and other landscape elements, is then of paramount importance. All over north-western Europe, lake sediment archives from the Late Pleistocene and Holocene have provided a large number of proxy records, which enable reconstructions of past climatic conditions and processes (e.g., Harrison & Digerfeldt, 1993; Digerfeldt, 1998; Rühland *et al.*, 2008). However, lakes with sediments suitable for climate change reconstruction may vary strongly according to differences in age, in origin, in biotic composition (e.g., local and regional species pool), in chemistry and in the climate events encompassed by each biological proxy (e.g., cyanobacteria, diatoms, chironomids, cladocera and ostracods) (Battarbee, 2000). Moreover, only few lake-sediment archives (e.g., Bos & Janssen, 1996; Bos *et al.*, 2013) originate from a locality and time period of archaeological interest (Charles, 1985; Demiddele & Ervynck, 1993; Denys, 1992; Dean *et al.*, 1984; Digerfeldt, 1986; Lotter, 1988). Due to the high variability in natural landscape elements (e.g., topography, hydrology, soil conditions, and food resources) and human occupation patterns, the Moervaart area in northwestern Belgium is a very suitable region from which to assess the response of hunter-gatherers to abrupt climate change. Over the past 20 years, archaeological fieldwork has yielded numerous prehistoric sites, dating back to different chronological stages (Crombé & Sergant, 2008; Crombé & Verbruggen, 2002; Crombé *et al.*, 2011; Crombé *et al.*, 2013). Given the temporal and spatial gradients of prehistoric settlements on a large cover sand ridge across the area, it seems that local hunter-gatherers strongly depended on the resources provided by a large palaeo-lake, bordering the slightly elevated cover sand ridge to the south (Heyse, 1979; Bats *et al.*, 2009, 2010; Crombé *et al.*, 2012).

A recently recovered high-quality sediment sequence from the deepest part of the palaeo-lake offered the opportunity to collect valuable proxy data concerning the climate and palaeoenvironment in this region and to -ultimately- assess more comprehensively human response to climate-driven ecosystem shifts. Among biological proxy indicators studied in lake sediments, diatoms have proven to be good indicators for reconstructing past changes in salinity, water depth and water quality (Battarbee, 2000; Cumming & Smol, 1993). Shifts in moisture regimes from closed-basin lakes in arid and semi-arid regions can lead to the concentration or dilution of dissolved salts and oxygen, visible through changes in the composition of fossil diatom assemblages. However, reconstructing precipitation-evaporation changes in open drainage freshwater lakes from temperate and high-latitude regions is far more difficult due to basin-related thresholds and ground-



water outlets (Battarbee, 2000). As a result, the use of regionally-developed diatom-based regression and calibration models may considerably enhance the reconstruction of past environmental conditions and facilitate bio-chronological correlation of fossil diatom assemblages. In this paper, we report on a new high-resolution, late-glacial record of lake ecosystem responses to natural climate variability in the Moervaart area (northwestern Belgium). We studied shifts in the composition of the diatom community occupying the late-glacial palaeolake to elucidate its development. Compared to other organism groups, the potential of diatoms as palaeoclimatic and palaeoenvironmental indicators is hardly investigated within archaeology. However, particularly in arctic regions, diatoms have shown to be a valuable proxy for past climatic shifts. The objective of the research was therefore to identify the potential of diatoms as palaeoclimatic indicators in an area that now has a temperate climate.

2. Geomorphological and archaeological setting

The Moervaart area is situated in a long-stretched palaeovalley, known as the Flemish Valley, which laterally extends from the coastal plain and polder areas in the west to the clayey *cuestas* of Boom and Waasland in the east (Tavernier, 1946; De Moor, 1963; Tavernier & De Moor, 1974; Fig. 1a-c). This palaeovalley developed during several periods of fluvial incision and infilling, caused by extreme climatic fluctuations and corresponding sea level changes in the (Late) Pleistocene (De Moor, 1963; De Moor & Van De Velde, 1995). The largest fluvio-periglacial infilling occurred during the Last Glacial, the Weichselian (115-11.5 ka ago) (De Moor & Heyse, 1973), which resulted in a ~25 m-high accumulation of mainly sandy sediments in the central part of the valley. From the Late Pleniglacial (ca 27-11.5 ka ago) onwards, drier climatic conditions followed by increased aeolian activity in this sandy area resulted in the development of east-west oriented coversand ridges, of which the sand ridge extending from Maldegem to Stekene is the most apparent (De Moor & Heyse 1973; Heyse 1979) (Fig. 1d). This coversand ridge (length: ~80 km, width: 1.5 to 3 km, height: ~5 m on average above present sea level) is characterised by a complex microrelief of small dunes and irregularly elongated depressions and dune slacks. During the late-glacial, a large palaeolake (length: ~15 km, width: ~2.5 km) was formed in the low-lying Moervaart depression, located to the south of the coversand ridge Maldegem-Stekene (De Moor & Heyse, 1973; Verbruggen, 1971, 2005) (Fig. 1d). The depression itself has an asymmetrical north-south profile, and currently consists of a ~2 m-high moderately sloping northern edge, bordering the coversand ridge, and a more gently sloping southern edge.

Numerous prehistoric sites, dating from the late-glacial (Final Palaeolithic) and the (early) Holocene (Mesolithic), have been discovered in the Moervaart area. Most typical for the late-glacial period is the high density of *Federmesser* occupation patterns (Crombé & Verbruggen, 2002; Crombé *et al.*, 2011), forming an almost continuous site-complex stretching along the coversand ridge Maldegem-Stekene (over ca 15 km) and some small interfluvial levees on the northern side of the depression (Fig. 1d). The site-clustering and uniformity between the lithic assemblages (e.g., backed points, bladelets and burins) throughout the study area may indicate that temporary campsites were frequently (re-) occupied by small groups of hunter-gatherers. Probably, the contemporaneous presence of a large water resource in the Moervaart depression formed a principal component in the subsistence strategies of hunter-gatherers communities in Sandy Flanders (Sergant *et al.*, 2009; Crombé *et al.*, 2011).

Fig. 1 - (opposite page) Location of the Moervaart depression in Europe (A), Belgium (B), Sandy Flanders (C) and on a digital elevation model (cm above reference sea level TAW) with indication of Final Palaeolithic *Federmesser* sites (D).

3. Materials and methods

3.1. Fieldwork

During 2008, several longitudinal transects of boreholes (468 boreholes in total) were drilled along the Moervaart depression, permitting a preliminary documentation of the lateral and vertical sedimentological properties of the study area (Bats *et al.*, 2009; Crombé *et al.*, 2013). Based on the results of this survey, in 2009 (Bats *et al.*, 2010) a 70-m long trench was excavated across the deepest part of the depression, which allowed us to study the lateral variation in sediment composition and morphology in more detail (Fig. 2). The different sedimentary units were macroscopically/visually described with the following parameters: (i) lithology (including colour and grain-size determination), (ii) sedimentological features and post-depositional formation, (iii) thickness and form, and (iv) lower and upper boundaries of sediment horizons, and the presence of internal ravination surfaces. The lithological sequence (Fig. 3) described in this paper has been selected because it represents the most complete and best preserved section of the trench profile at Moerbeke.

3.2. Diatom sampling and analysis

A master sequence, consisting of two subsequent sample sections, P3 (for microscopic analyses) and M3 (for macroscopic analyses; Fig. 3), was selected for further palaeoecological research.

The sediment profile P3 was subsampled for quantitative diatom analysis at 2 cm interval, resulting in a total of 80 contiguous depth increments. The wet sediment samples (1 g)



Fig. 2 - Sampled trench in Moervaart depression (overview). Photo P. Crombé, UGent.

were prepared according to the standard diatom extraction technique described by Batarbee *et al.* (2001). Diatom counting was performed at 1000 x magnification with an oil immersion objective of 100 x, using an Optika B 500 Tpl. light microscope equipped with a CMEX 5000 digital USB camera. Diatoms were identified with reference to the identification guides of Krammer and Lange-Bertalot (1997a-b, 2004a-b), Spaulding *et al.* (2010), Hofmann *et al.* (2013). Although long pennate diatoms were often broken and fragmented, particularly in the upper layers, the diatoms were in general abundant and well-preserved (Counting procedure broken valves after Schrader & Gersonde, 1978). Per stratigraphic level more than 500 valves were counted, except for the levels: 1.98 m (293), 1.96 m (396), 1.9 m (409) 1.88 m (289), 1.86 m (447) and 1.84 m (289). When a single taxon (mainly *Fragilaria*, *Staurosira*, *Pseudostaurosira*) dominated the diatom assemblage, we continued counting until 700 to 900 valves were identified.

3.3. Explorative data analysis

Diversity indices were employed to explore how diatom community structure has changed throughout the lakes history. Diatom counts were first transformed to relative abundances. The diatom assemblages from the Moervaart section were stratigraphically plotted using C2 version 1.5 software (Juggins, 2007). Biological communities are often characterised by their diversity, abundance and ecological groups. Diversity measurements play an important role in bio assessment because it relates to environmental characteristics. To compare the different assemblages, we calculate for each depth interval the species richness and Berger-Parker Dominance (Hammer & Harper, 2006). Diversity indices can be plotted as a function of time in order to identify events and trends (Hammer & Harper, 2006). Diversity can also be used to characterize different types of communities.

The Berger-Parker index is not totally independent of species richness (S) because the minimum value of the index (at minimal dominance) is $1/S$. It only takes into account the abundance of the single most dominant species. Still the Berger-Parker index is attractive because of its simplicity. Zonation of the diatom profile is based on the results of a constrained incremental sum of squares (Grimm, 1987; Grimm, 2004) cluster analysis.

Because of the appearance of some abundant diatom species (ie. *Fragilaria* spp., *Pseudostaurosira* spp., *Staurosira* spp., *Mastogloia* spp.) and a large number of uncommon taxa in the diatom set, a square root transformation was applied. If diatom species show a strong relation to a particular environmental vari-

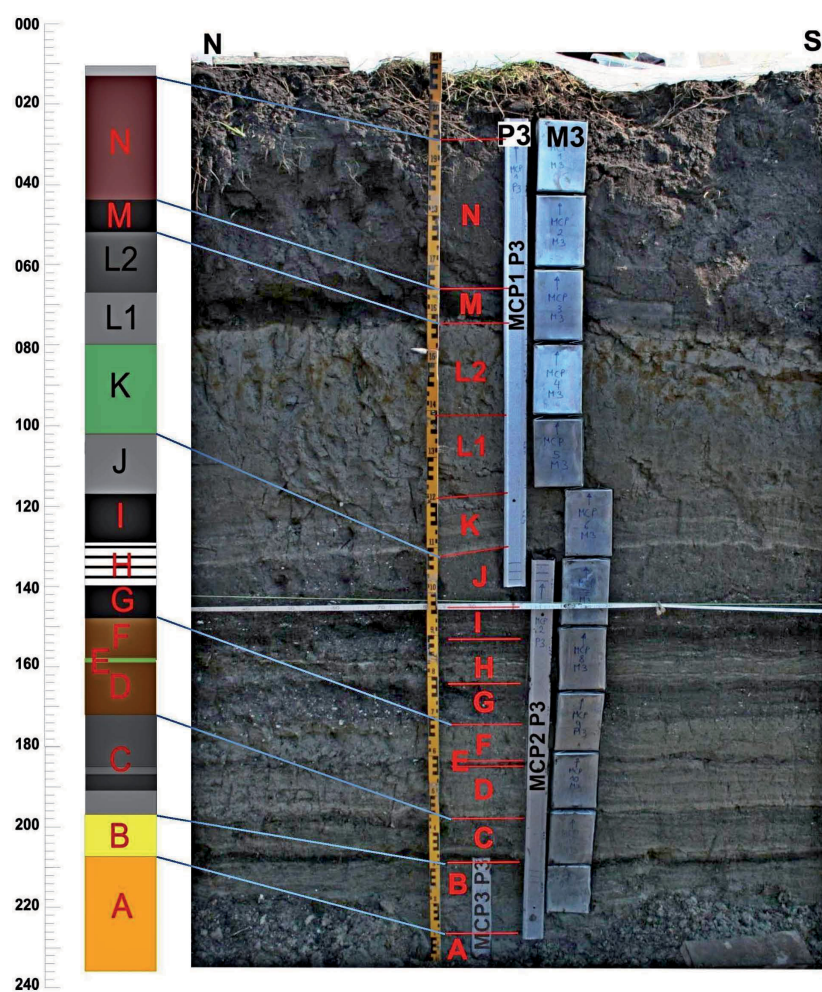
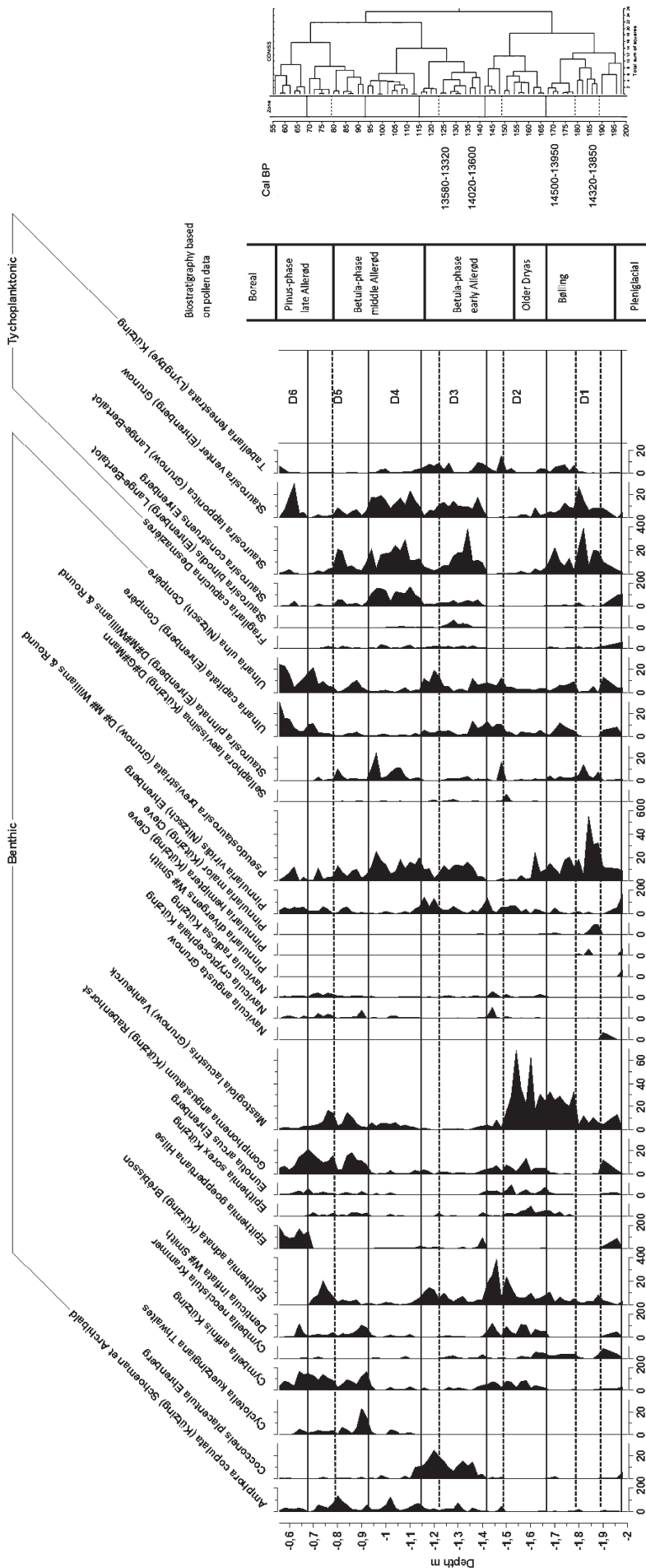


Fig. 3 - Detail of sampled strata indicating profiles P3 and M3. Depths in cm below surface. Photo P. Crombé, UGent.



able, then realistic inferences should be possible from diatom assemblages preserved in a sediment sequence.

3.4. Ecological indicators

The sampled section was quantitatively expressed using values of ecological indicators (their apparent ecological requirements) for all diatom species observed. Species-specific optimum values for these indicators were taken from Denys (1991) and van Dam *et al.* (1994). Denys (1991) defined the auto ecology of 980 fossil diatom taxa based on 800 samples taken mainly from cores and also from some outcrops of Holocene deposits along the western Belgian coastal plain. The recent diatom flora of the area, however, was not considered, while re-worked diatoms derived from older deposits were included. van Dam *et al.* (1994) on the other hand used for his check-list all recent and fossil freshwater diatoms, which have been encountered in the Netherlands, with ecological indicator values for those environmental variables which are considered to be the most important ones in aquatic and wetland ecosystems in the Netherlands.

For each sample an average value of each ecological indicator was calculated using observed species abundances as weights (Bijkerk, 2010). We applied weighted averaging, as it is one of the most used and most effective methods for the development of diatom indicators (Roberts & Mc Minn, 1998; Denys, 2006). The diatom zones are not considered as chronozones, but are based on the main qualitative changes of the diatom taxa. For the current

Fig. 4 - Depth distributions (left, m relative to surface) of the counts of the most important taxa grouped by habitat; pollen biozones (Bos *et al.*, submitted), ¹⁴C-dates (Crombé *et al.*, 2014) and CONISS clusters (right). Calibration of the radiocarbon dates according to Reimer *et al.*, 2013.

study, we assumed that the characteristics of a species in the fossil record are the same as for that species today. Denys (1991) and van Dam *et al.* (1994) have proposed ranges in salinity, trophic conditions, pH, nutrient availability, saprobity, oxygen requirement, habitat or moisture, and lifeform for diatoms found in Belgium and the Netherlands. Van Dam *et al.* (1994) estimated pH, nitrogen, oxygen, salinity, saprobity preferences and trophic state of 948 diatom taxa of fresh and weakly brackish water in the Netherlands. In the diatom diagrams curves for the respectively ecological parameters were plotted in accordance with the diatom taxa used by Denys (1991) and van Dam *et al.* (1994). Many extant diatoms only occur in a restricted range of environmental conditions. Equations for inferring lake water pH were derived from the EDDI database (The European Diatom Database).

4. Results

4.1. Lithostratigraphy and chronology

The sampled sequence (Fig. 3) starts at the base with a ca 0.25 m thick stratified layer (C) of humic calcareous gyttja with intercalated thin organic to peaty lenses. This layer is followed by two deposits of laminated lake marl (D and F), separated by a thin humic to peaty horizon (E). These lower lake marls are covered by two layers of (highly) organic calcareous gyttja (G and I); in between these, a layer of white sands is present (layer H), which increases in thickness towards the eastern part of the palaeolake. Micromorphological analyses suggest an aeolian origin for these sands, which were most likely blown into the palaeolake from the adjacent Great Sand Ridge by northern winds. The roundness, size and mineralogy (dominance of quartz and some calcium carbonate) of the sand grains are very similar to the deeper, non-decalcified sand layers of the ridge. Most likely these sediments were deposited as lake infill beds on the lake surface during episodes of freezing (Crombé *et al.*, 2013). The gyttja layer I is followed by a second horizon of lake marl deposits (J-L), varying from organic (J) over clayey (K) to finely laminated with traces of oxidation (L). At the top of the sequence the lake sediments are covered by peat (M). The latter is relatively thin and discontinuously preserved at the sampled site. Further east in the palaeolake, however, it is much thicker (ca. 0.5 m) and better preserved, thanks to the deposition of overlying sediments dating back to the Medieval period (13th-14th century). Elsewhere in the Moervaart depression the upper peat has disappeared almost entirely due to extraction and subsequent ploughing (Jongepier *et al.*, 2011).

According to the pollen (Bos *et al.*, submitted) and radiocarbon evidence (Crombé *et al.*, 2013; 2014) the Moervaart sequence represents a continuous sedimentation from the Bølling or Greenland Interstadial 1e (GI-1e) till the late Allerød or GI-1a/b. Ultimately at the onset of the Younger Dryas or GS-1 the lake dried out and disappeared permanently.

4.2. Diatom counts and diversity

A total of 107 species and intra-specific taxa were identified¹. Figure 4 shows depth distributions of the (square root-transformed) counts of the most common taxa, classified into two groups by lifeform: tychoplanktonic and benthic. Figure 5 shows the species counts and the diversity indices. Taxa that could not be identified to the species level were excluded in the analysis of diversity. Species counts and diversity indices show distinct variations over depth, but an increasing trend is observable in diatom community diversity with time. Furthermore, changes in the diatom assemblages indicate that the lake has undergone environmental changes.

1 A detailed list of all found taxa is available on demand to the corresponding author.

4.3. Diatom zonation

The cluster analysis with CONISS revealed 6 clusters at a threshold value of 14 for the total sum of squares (Fig. 4, solid horizontal lines). These clusters are firmly related to lithostratigraphic units and therefore served as strata in the diatom zonation D1-D2-D3-D4-D5-D6. A further division (Fig. 4, dotted horizontal lines) can be made following the threshold value of 8; this leads to sub-zones within D1, D2, D3 and D5.

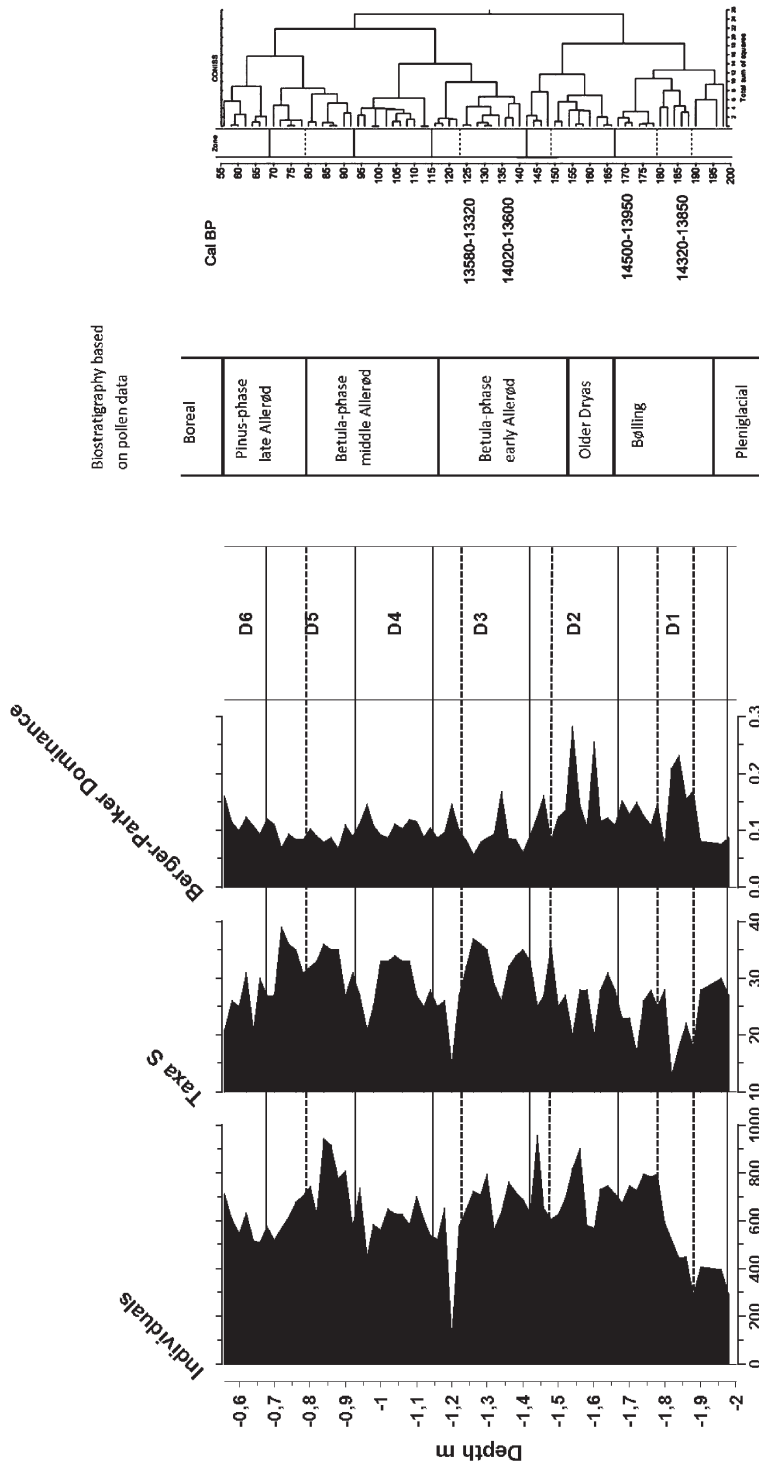


Fig. 5 - Results of species counts (individuals), diversity indices (number of taxa and Berger-Parker index). Results of cluster analysis (CONISS) in biozones and ¹⁴C-dates are added for reference. Depths in m below surface.

In general (Fig. 5), the species count and the species diversity are less in diatom zones D1 and D2 than in D3-D4-D5 and D6. Below follows a brief summary of species composition of the diatom zones. Based on the available pollen evidence (Bos et al., submitted) these can be roughly attributed to the biozones Bølling (D1), the Older Dryas (lower part of D2), the early Allerød (upper part of D2 and D3), the *Betula*-phase of the middle Allerød (D4 and lower part of D5) and the *Pinus*-phase of the late Allerød (upper part of D5 and D6).

Diatom zone D1 198-167 cm: the diatom composition of this zone is dominated by benthic and tychoplanktonic taxa *Staurosira* and *Pseudostaurosira*. Limited presence was observed of *Cymbella*, *Epithemia* taxa, *Denticula inflata* and *Ulnaria*. At the end of D1 *Mastogloia lacustris* strongly increases, a trend which continues into D2.

Diatom zone D2 167-142 cm: in this biozone nearly all benthic and tychoplanktonic *Staurosira* taxa disappear after the start of D2. Besides *Mastogloia lacustris*, other benthic species like *Cymbella affinis*, *Denticula inflata*, *Epithemia adnata*, *E. sorex*, *Eunotia arcus* and *Gomphonema angustatum* dominate.

Diatom zone D3 142-115 cm: at the start of D3 there is a remarkable increase in benthic and tychoplanktonic *Staurosira* and *Staurosirella* taxa, *Cocconeis placentula* and *Epithemia adnata*. *Mastogloia lacustris* completely disappears, a process which started already at the end of D2. Benthic and tychoplanktonic *Staurosira* s.l. taxa are highly abundant throughout this zone.

Diatom zone D4 115-93 cm: from the start of D4, the benthic and tychoplanktonic *Staurosira* and *Staurosirella* taxa further increases after a short but abrupt dip in the top of D3. *Mastogloia lacustris* reappears at 111 cm though at much lower abundance than in D2.

Diatom zone D5 93-68 cm: from 92 cm onwards benthic species dominate (*Cymbella affinis*, *Epithemia adnata*, *Pinnularia viridis*, *Ulnaria ulna*, *Ulnaria capitata*, *Gomphonema angustatum*, *Epithemia goeppertiana*). At 90 cm there is a maximum in *Cyclotella kuetzingiana* as well as in cold-resistant *Cymbella affinis*.

Diatom zone D6 68-55 cm: cold-resistant forms as *Cymbella affinis* persist and dominate D6. At a depth of 62 cm *Staurosira* taxa reappears. At a depth of 58 cm a strong decrease of the *Staurosira* taxa occurs. The diatom concentration values are very low throughout the end of diatom zone D6 sediments. The very few diatoms found in this section were well preserved so their absence cannot be explained by dissolution but maybe due to a higher sedimentation rate. This is also corroborated by the massive abundance of *Ulnaria* species at the transition from D5 to D6.

5. Discussion

5.1. Ecological characterization of the diatom zones

Diatom zone D1: the values of the ecological variables (Fig. 6) indicate high oxygen levels in a mesotrophic environment, especially in the early part of D1. Species are predominantly benthic and tychoplanktonic (*Staurosira* and *Staurosirella*). Tychoplanktonic species are free-living or attached benthic organisms, that are carried into the plankton through a disturbance of their benthic habitat, or by winds and currents. This can occur by direct turbulence or by disruption of the substrate and subsequent entrainment in the water column. Tychoplankton are, therefore, a primary subdivision for sorting planktonic diatoms by duration of lifecycle spent in the plankton, as neither their entire lives nor particular reproductive portions are confined to planktonic existence. The small benthic and tychoplanktonic taxa are known to be competitive in shallow, mesotrophic, alkalic and cold environments with possible periods of ice-cover (Pienitz & Smol, 1993; Lotter & Bigler, 2000). This fits with the Bølling age deduced from the pollen biozonation and radiocarbon dates (Fig. 4).

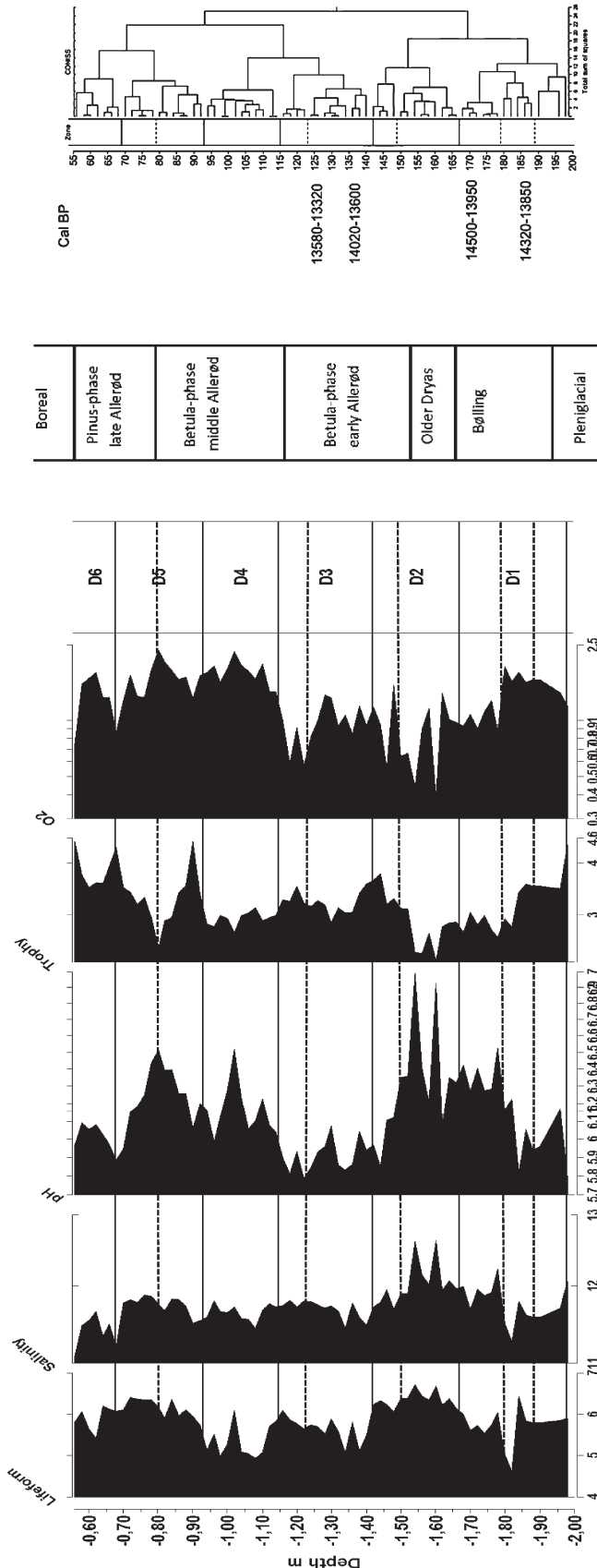
Diatom zone D2: the ecological variables indicate a clear change in salinity starting at the end of D1 and continuing throughout D2. At the same time, oxygen levels decrease, the water becomes more eutrophic and the lifeform becomes epontic (taxa that normally live firmly attached to any kind of substratum [macrophytes, rocks, sand grains...]). The higher salinity is indicated by an increase of the BF-FB species like *Mastogloia lacustris* (salinity according to van Dam et al. (1994) of CI 1000-5000 mg dm⁻³, 1.8-9 ‰). Biozone D2 is dominated by brackish fresh-brackish taxa (particularly *Mastogloia lacustris*).

In closed basins like the Moervaart, an evolution towards a lower precipitation surplus or even a deficit causes salinization to occur in carbonate-rich waters. The leaching of the still calcareous coversands in the Moervaart area produced these carbonate-rich waters, which is also indicated by the higher values for the ecological variable pH (Fig. 6) when salinity is high. The shallowness and the shape (shoreline length) of the lake will cause its volume and extension to respond strongly to changes in the precipitation-evaporation regime, which is supported by fairly strong pH-fluctuations starting in D1 and continuing over D2. The same phenomenon was also observed in inland lakes in the Netherlands (Hoek & Bohncke, 2002; Bohncke et al., 1988). A decreasing precipitation surplus will have caused increased salinity by increased salt concentration and decreased lake vol-

ume with associated shore line changes. In Switzerland this mechanism was identified as well. Several studies (Straub, 1993; Gasse et al., 1997; Roberts et al., 2006) therefore used salinity and electrical conductivity as proxies for climate change. In summary, the increase in salinity indicated by *Mastogloia lacustris* likely corresponds to a shallower lake (or swamp) during D2 caused by drying (see also Cumming et al., 1995; Laird et al., 1998; Pienitz et al., 2000).

This might be caused by a cooling event, as indicated by the presence in D2 of the cold-resistant species *Cymbella affinis*. This corresponds perfectly with the Older Dryas attribution of the lower part of D2. As a consequence of a shallower lake, the turbidity will have increased (Nöges et al., 1999). At the onset of the Allerød (top part of D2) the abrupt decrease of *Mastogloia lacustris* likely indicates the onset of a water level rise.

Biostratigraphy based on pollen data



Diatom zone D3: relative to D2, this zone is characterized by a lower salinity, a tycho-planktonic lifeform and more bentic species, a fairly constant but more mesotrophic regime and a higher but varying oxygen status (Fig. 6). D3 shows a strong likeness to D1, except for the almost entire absence of *Mastogloia lacustris*. However, the species richness and the number of individuals is higher compared to D1 (Fig. 5). This is mainly caused by tycho-planktonic species and probably relates to increasing habitat diversity in the lake. A shallow lake under the warming climate of the early Allerød will have increased colonization of shoreline plants. According to the available pollen evidence (Bos et al., submitted) these plants strongly increased at the onset of D3, pro-

Fig. 6 - Result values for environmental variables. Depths (left) are in m relative to surface. Scales of lifeform, salinity, trophic level, oxygen demand variables.
Lifeform: 4 = tycho-planktonic, benthic origin; 5 = tycho-planktonic, both epontic and benthic origin; 6 = epontic; 7 = epontic and benthic.
Salinity: 14 = BF to FB (CI 500-1000 mg/L); 13 = FB (CI < 500 mg/L); 12 = FB-F (CI 100-500 mg/L); 11 = CI < 100 mg/L).
pH: pH 5, acidobiontic; pH 6, acidophilous; pH 7, circumneutral.
Trophic level: 2 = eutrophic (P 35-200 µg/L); 3 = eutrophic to mesotrophic; 4 = mesotrophic (P 10-35 µg/L).
Oxygen demand: 1 = irrelevant; 2 = high (above 75 % saturation).

viding habitats for epiphytic diatom taxa and possibly increasing the relative abundance of acidophilic diatoms. The strong decrease in salinity and the strong increase of tycho planktonic species (like *Staurosira*, *Pseudostaurosira* and *Staurosirella*) at the beginning of D3 indicate a clearly increasing lake depth during that period. *Staurosira* taxa are fast-growing highly adaptable species associated to disturbances or strongly varying environments (Denys et al., 1990), and are often dominating lake environments in the early Holocene and late-glacial (Pienitz et al., 1991; Lotter et al., 1997; Seppä & Weckström, 1999; Bigler et al., 2002; Solovieva & Jones, 2002; Rosén et al., 2004). Another abundant (143-110 cm) opportunistic species is *Cocconeis placentula*, whose abundance is likely due to biotic interactions (Veres et al., 1995) such as its preference for substrates rich in macrophytes. The presence of *Cocconeis placentula* is connected with the presence of macrophytes, probably *Nymphaea* and *Nuphar*. Leaves of these plants probably supported diverse epiphytic diatoms, which are usually very abundant during the plant growing seasons. *C. placentula* is found throughout the year, however, it is most abundant in summer when it can form one of the most abundant individuals present in an epilithic sample. Furthermore, it is tolerant to moderate, but not severe organic pollution.

In the top of D3 a temporal decrease in the tycho planktonic species *Staurosira*, *Pseudostaurosira* and *Staurosirella* is clearly observable. This might indicate a temporal lowering of the lake level at the transition from the early to the middle Allerød, as shown also by other proxies (Bos et al., submitted).

Diatom zone D4: during D4, lake deposits change from humic, calcareous gyttja (Layer J) into clayey, calcareous gyttja (Layer K). This change in lithology is also reflected in a decrease in the organic matter values. The disappearance of the diatom *Cocconeis placentula* is probably connected with a decrease of these macrophytes.

Diatom zone D5: relative to zone D4, changes in trophic level and salinity are minor. The oxygen levels gradually decrease towards the end of D5. Both the number of individuals and species initially increase but this is temporal (Fig. 5). *C. placentula* gradually disappears. This phase is mainly characterized by an increase of cold resistant species like *Cymbella*, which continues into D6. This lets us presume that D5 corresponds to a colder stage at the transition between the middle and late Allerød, probably before the expansion of *Pinus*. This is also corroborated by the abundance of *Ulnaria* species at the transition from D5 to D6. *Ulnaria* species need a high Si value and a low P value (van Dam, 1994). Such species match with the cyclic bloom in the lake. *Ulnaria* growth (bloom) peaks under the ice. An increase of the oligotrophication at the end of this zone, is deduced from the increased waterplants from a shallow eutrophic and carbon rich water, also plants that live with a low P value. This is also the reason for the high abundance of the *Ulnaria* taxa in this layer. When the ice has disappeared, nutrients like Phosphor and Silica, released during winter, are used during the short productivity pulse of the planktonic algae. In absence of radiocarbon dates it remains unclear whether this colder event can be correlated with the Intra Allerød Cold Period or GI-1b (Donnelly et al., 2005), as reflected in the oxygen isotope record of the Greenland ice-cores (GI 1b; Blockley et al., 2012).

Synchronic with this increase of cold species, the reappearance of *Mastogloia lacustris* and the strong reduction of tycho planktonic species *Staurosira*, *Pseudostaurosira* and *Staurosirella* at the onset of D5 suggest a decrease in water level. The increase of *Cymbella affinis* also indicates a more shallower lake.

Diatom zone D6: in zone D6 *Epithemia goeppertiana*, a more aquatic species, appears abruptly. At the same level there is a sharp peak in *Staurosira venter*. Together these might indicate a short but weak increase of the lake level during the *Pinus* stage of the Allerød. This is also suggested by the pollen evidence, which indicates a temporary re-occurrence

of aquatics, such as *Potamogeton natans*, *Nymphaea*, *Nuphar* and *Characeae* (Bos et al., submitted).

Near the end of D6, species richness decreases and above 56 cm no more diatoms were found. This indicates that water levels went down and the lake probably disappeared altogether or became a swamp.

5.2. Lake evolution in relation to the human occupation

Earlier archaeological studies (Crombé & Verbruggen, 2002; Crombé et al., 2011) have pointed out a much denser site distribution during the late-glacial around the Moervaart palaeolake compared to other areas within Sandy Flanders. This is most apparent for the Allerød, when the northern border of the Moervaart palaeolake was intensively occupied by hunter-gatherers belonging to the *Federmesser* Culture (Fig. 1d). The Moervaart landscape with its dry soils adjacent to one of the largest lakes in Sandy Flanders must have offered a great diversity and density of resources, such as game, waterplants and drinking water. The diatom proxy data show that certainly from the early Allerød (end of D2) onwards the Moervaart depression evolved into a shallow lake until at least the middle Allerød (D4), with a possible temporal lowering at the transition from early to middle Allerød. Afterwards (D5-D6) the lake level fluctuated probably in response to changing climate but most likely never reached the same level as before. It finally disappeared permanently towards the end of the Allerød or the start of the Younger Dryas. The scarcity of archaeological evidence related to the Younger Dryas (Crombé & Robinson, in press) indicates that the area was much less attractive for hunter-gatherers probably due to a lack of open water and the prevailing cold conditions. It is not until the start of the Boreal that man returned to the former Moervaart lake area, now settling along the dry banks of a meandering river called the Kale/Durme (Crombé et al., 2011).

The lack of human activity prior to the Allerød probably results from the too shallow character of the lake during the Bølling (D1) and the Older Dryas (D2). During the latter a drop of temperature and a lowering of the water level occurred albeit not leading to a total desiccation of the lake.

6. Conclusions

The diatom stratigraphy of the palaeolake Moervaart shows a clear shift in diatom composition during the late-glacial. The differences in relative abundance of specific taxa show a variation in climatological conditions during this period. The different zones show a complex composition due to changing environmental factors. It seems that the diatom assemblages were most strongly regulated by physical factors, such as the influence of high rates of minerogenic erosion and abundant supply of eponitic habitats and corresponding low light availability.

The changes in life-form (benthic vs tychoplanktonic diatoms) likely reflect changes in water depth. Lake water transparency and species diversity increases with the occurrence of macrophytes. In the diatom assemblage, one can clearly see a connection between the eutrophy, lifeforms, acidity and saprobity in zones with no or few macrophytes. Zones with predominantly benthic species are more turbid and more eutrophic and this in more extreme environmental conditions. The acidity points to a fluctuating level as well (especially in zone D2). Inland lakes often have lots of archaeological remains. Results of the investigation help to resolve some of the uncertainties about the water level and climatic circumstances of the Moervaart depression. The prehistoric development can be explained by the changing environment shown in the different bio zones. The intense

exploitation of the area by hunter-gatherers of the *Federmesser* Culture clearly coincides with a high water level of the Moervaart lake during the Allerød, making the area highly attractive for both animals and humans. The absence of deep open water before and after the Allerød most likely hindered prehistoric man to settle along the Moervaart depression. The patterns of limnological and environmental change reconstructed from fossil diatoms demonstrate the important links between aquatic and terrestrial environments.

Acknowledgments

We thank Stefaan Demiddele and Koen Sabbe. We also acknowledge the land owners and leaseholders for giving the permission to access and work on their lands, as well as colleagues and students that helped us out in the field. Project was funded by Special Research Fund (BOF) of Ghent University: "Prehistoric settlement and land-use systems in Sandy Flanders (NW Belgium): a diachronic and geo-archaeological approach" (BOF08/GOA/009).

Bibliografie

- BATS M., DE REU J., DE SMEDT P., ANTROP M., BOURGEOIS J., COURT-PICON M., DE MAEYER P., FINKE F., VAN MEIRVENNE M., VERNIERS J., WERBROUCK I., ZWERTVAEGHER A. & CROMBÉ P., 2009. Geoarchaeological research of the large palaeolake of the Moervaart (municipalities of Wachtebeke and Moerbeke-Waas, East Flanders, Belgium): from Late Glacial to Early Holocene. *Notae Praehistoricae*, 29/2009: 105-112.
- BATS M., DE REU J., DE SMEDT P., ANTROP M., BOURGEOIS J., COURT-PICON M., DE MAEYER P., FINKE F., VAN MEIRVENNE M., VERNIERS J., WERBROUCK I., ZWERTVAEGHER A. & CROMBÉ P., 2010. Continued geoarchaeological research at the Moervaart palaeolake area (East Flanders, Belgium): preliminary results. *Notae Praehistoricae*, 30/2010: 55-61.
- BATTARBEE R. W., 2000. Palaeolimnological approaches to climate change, with special regard to the biological record. *Quaternary Science Reviews*, 19: 107-124.
- BIGLER C., LAROCQUE I., PEGLAR S. M., BIRKS H. J. B. & HALL R. I., 2002. Quantitative multiproxy assessment of long-term patterns of Holocene environmental change from a small lake near Abisko, northern Sweden. *Holocene*, 12(4): 481-496.
- BIJKERK R. (ed.), 2010. *Handboek Hydrologie, Biologisch onderzoek voor de ecologische beoordeling van Nedrandse zoete en brakke wateroppervlakken*. Rapport 2010, 28, Stichting Toegepast Onderzoek Waterbeheer, Amersfoort.
- BLOCKLEY S. P. E., LANE C. S., HARDIMAN M., RASMUSSEN S. O., SEIERSTAD I. K., STEFFENSEN J. P., SVENSSON A., LOTTER A. F., TURNEY C. S., BRONK RAMSEY C. & INTIMATE members, 2012. Synchronisation of palaeoenvironmental records over the last 60,000 years, and an extended INTIMATE event stratigraphy to 48,000 b2k. *Quaternary Science Reviews*, 36: 2-10.
- BOHNCKE S. J. P., WIJMSTRA L., DER WOUDE J. & SOHL H., 1988. The Late-Glacial infill of three lake successions in The Netherlands: regional vegetational history in relation to NW European vegetational developments. *Boreas*, 17: 385-402.
- BOS J. A. A. & JANSSEN C. R., 1996. Local impact of Paleolithic Man on the Environment During the End of the Last Glacial in The Netherlands. *Journal of Archaeological Science*, 23: 731-739.
- BOS J. A. A., VERBRUGGEN F., ENGELS S. & CROMBÉ P., 2013. The influence of environmental changes in local and regional patterns at Rieme (NW Belgium): implications for Final Paleolithic habitation. *Vegetation History and Archaeobotany*, 22: 17-38.
- BOS J. A. A., DE SMEDT P., DEMIDDELE H., HOEK W. Z., LANGOHR R., MARCELINO V., VAN ASCH N., VAN DAMME D., VAN DER MEEREN T., VERNIERS J., BOECKX P., BOUDIN M., COURT-PICON M., FINKE P., GELORINI V., GOBERT S., HEIRI O., MARTENS K., MOSTAERT F., SERBRUYNS L., VAN STRYDONCK M. & CROMBÉ P., submitted. A multi-proxy, high-resolution palaeolimnological record of rapid environmental change during the Lateglacial in NW Belgium: The Moervaart palaeolake. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*.

- CHARLES D. F., 1985. Relationships between surface sediment data assemblages and lake-water characteristics in Adirondack lakes. *Ecology*, 66 : 994-1011.
- CROMBÉ P., 1999. Vers une nouvelle chronologie absolue pour le Mésolithique en Belgique. In: Bintz P. & Thévenin A. (ed.), *L'Europe des derniers chasseurs : Épipaléolithique et Mésolithique. Actes du 5e colloque international de l'UISPP, Commission XII, Grenoble 18-23 septembre 1995*, Documents préhistoriques, t. 12, Éditions du CTHS, Paris: 189-199.
- CROMBÉ P., 2006. The wetlands of sandy Flanders (Northwest Belgium): Potentials and prospects for prehistoric research and management. In: Rensink E. & Peeters H. (ed.), *Preserving the Early Past. Investigation, Selection and Preservation of Palaeolithic and Mesolithic Landscapes*, Nederlandse Archeologische Rapporten, 31, Rijksdienst voor het Oudheidkundig Bodemonderzoek, Amersfoort: 41-54.
- CROMBÉ P. & ROBINSON E., in press. The impact of climate and environmental changes on late glacial hunter-gatherer behavior in the Scheldt basin (NW Belgium). *Quaternary International*, available online 18 January 2016: <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.10.116>
- CROMBÉ P. & SERGANT J., 2008. Tracing the Neolithic in the sandy lowland of Belgium: the evidence from Sandy Flanders. In: Fokkens H., Coles B., van Gijn A., Kleijne J., Ponjee J. H. & Slappendel C. (ed.), *Between Foraging and Farming. An Extended Broad Spectrum of Papers Presented to Leendert Louwe Kooijmans*, Leiden - *Analecta Praehistorica Leidensia*, vol. 40: 75-84.
- CROMBÉ P. & VERBRUGGEN C., 2002. The Late glacial and early Postglacial occupation of northern Belgium: the evidence from Sandy Flanders. In: Eriksen B. V. & Bratlund B. (ed.), *Recent studies in the Final Palaeolithic of the European plain. Proceedings of a UISPP Symposium, Stockholm 14-17 October 1999*, Jutland Archaeological Society, Højbjerg, 165-180.
- CROMBÉ P., ROBINSON E. & VAN STRYDONCK M., 2014. Synchronizing a Late Glacial abrupt cooling event with palaeoenvironmental and population changes: case-study of the Moervaart palaeolake area (NW Belgium). *Radiocarbon*, 56(2): 899-912.
- CROMBÉ P., SERGANT J., ROBINSON E. & DE REU J., 2011. Hunter-gatherer responses to environmental change during the Pleistocene-Holocene transition in the southern North Sea basin: Final Palaeolithic-Final Mesolithic land use in northwestern Belgium. *Journal of Anthropological Archaeology*, 30: 454-471.
- CROMBÉ P., VAN STRYDONCK M., BOUDIN M., VAN DEN BRANDE T., DERESE C., VANDENBERGHE D. A. G., VAN DEN HAUTE P., COURT-PICON M., VERNIERS J., BOS J. A. A., VERBRUGGEN F., ANTROP M., BATS M., BOURGEOIS J., DE REU J., DE MAEYER P., DE SMEDT P., FINKE P. A., VAN MEIRVENNE M. & ZWERTVAEGHER A., 2012. Absolute dating (14C and OSL) of the formation of coversand ridges occupied by prehistoric hunter-gatherers in NW Belgium. *Radiocarbon*, 54(1): 715-726.
- CROMBÉ P., DE SMEDT P., DAVIES N. S., GELORINI V., ZWERTVAEGHER A., LANGOHR R., VAN DAMME D., DEMIDDELE H., VAN STRYDONCK M., ANTROP M., BOURGEOIS J., DE MAEYER P., DE REU J., FINKE P. A., VAN MEIRVENNE M. & VERNIERS J., 2013. Hunter-gatherer responses to the changing environment of the Moervaart palaeolake (NW Belgium) during the Late Glacial and Early Holocene. *Quaternary International*, 308-309: 162-177.
- CUMMING, B. F. & SMOL J. P., 1993. Development of diatom-based salinity models for paleoclimatic research from lakes in British Columbia (Canada). *Hydrobiologia*, 269/270: 179-186.
- CUMMING B. F., WILSON S. E., HALL R. I. & SMOL J. P., 1995. *Diatoms from British Columbia (Canada) lakes and their relationship to salinity, nutrients, and other limnological variables*. Bibliotheca Diatomologica, 31, Strauss and Kramer, Königstein.
- DEAN W. E., BRADBURY J. P., ANDERSEN R. Y. & BARNOSKY C. W., 1984. The variability of Holocene climate change: evidence from varved sediments. *Science*, 226: 1191-1194.
- DEARING J. A., 2006. Climate-human-environment interactions: resolving the past. *Climate of the Past*, 2: 187-203.
- DEMIDDELE H. & ERVYNCK A., 1993. Diatomeeën als ecologische indicatoren in de Vlaamse archeologie: Romeins en middeleeuws Oudenburg (prov. West-Vlaanderen).

- Archeologie in Vlaanderen*, 3: 217–231.
- DE MOOR G., 1963. Bijdrage tot de kennis van de fysische landschapsvorming in Binnen-Vlaanderen. *Tijdschrift van de Belgische Vereniging voor Aardrijkskundige Studies*, 32: 329-433.
- DE MOOR G. & HEYSE I., 1973. *Geomorfologische Kaart van België (1:50 000)*. Kaartblad Lokeren. Nationaal Geografisch Instituut, Brussel.
- DE MOOR G. & VAN DE VELDE D., 1995. *Quartaire geologische Kaart van België, Vlaams Gewest, Verklarende tekst bij het Kaartblad (14) Lokeren (1/50 000)*. Universiteit Gent, Gent.
- DENYS L., 1991. *A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. II. Centrales*. Belgische Geologische Dienst, Professional Paper, 246: 1-41; Professional Paper, 247: 1-92.
- DENYS L., 1992. On the significance of marine diatoms in freshwater deposits at archaeological sites. *Diatom Research*, 7: 195-197.
- DENYS L., 2006. Calibration of littoral diatoms to water chemistry in standing fresh waters (Flanders, lower Belgium): inferences models for historical sediment assemblages. *Journal of Paleolimnology*, 35: 763-787.
- DENYS L., VERBRUGGEN C. & KIDEN P., 1990. Paleolimnological aspects of a Late-Glacial shallow lake in Sandy Flanders, Belgium. *Hydrobiologia*, 214: 273-278.
- DIGERFELDT G., 1986. Studies on past lake level fluctuations. In: Berglund B. E. (ed.), *Handbook of Holocene Palaeoecology and Palaeohydrology*, John Wiley & Sons, New York: 127-143.
- DIGERFELDT G., 1998. Reconstruction and of Holocene lake level changes in southern Sweden: technique and results. *Paläoklimaforschung*, 25: 87-98.
- DONNELLY J. P., DRISCOLL N. W., UCHUPI E., KEIGWIN L. C., SCHWAB W. C., THIELER E. R. & SWIFT S. A., 2005. Catastrophic melt-water discharge down the Hudson Valley: A potential trigger for the Intra-Allerød cold period. *Geology*, 33: 89-92.
- GASSE F., GELL P., BARKER P., FRITZ S.C. & CAHLIÉ F., 1997. Diatom-inferred salinity of paleolakes: an indirect tracer of climate change. *Quaternary Science Reviews*, 15: 1-19.
- GRIMM E. C., 1987. Coniss: a fortran 77 program for stratigraphically constrained cluster analysis by the method of incremental sum of squares. *Computers & Geosciences*, 13: 13-35.
- GRIMM E. C., 2004. *Tilia View*. Software, Illinois State Museum, Springfield (Illinois, USA).
- HAMMER Ø. & HARPER D. A. T., 2006. *Paleontological Data Analysis*. Blackwell Publishing, Oxford.
- HARRISON S. P. & DIGERFELDT G., 1993. European lakes as palaeohydrological and palaeoclimatic indicators. *Quaternary Science Reviews*, 12: 233-248.
- HEYSE I., 1979. *Bijdrage tot de geomorfologische kennis van het noordwesten van Oost-Vlaanderen (België)*. Verhandelingen van de Koninklijke academie voor wetenschappen, letteren en schone kunsten van België, Klasse der wetenschappen, 155, Brussel.
- HOEK W. Z. & BOHNCKE S. J. P., 2002. Climatic and environmental events over the Last Termination, as recorded in The Netherlands: a review. *Netherlands Journal of Geosciences/Geologie en Mijnbouw*, 81(1): 123-137.
- HOFMANN G., WERUMM. & LANGE-BERTALOT H. (ed.), 2013. *Diatomeen im Süßwasser-Benthos von Mitteleuropa. Bestimmungsflora der Kieselalgen für die ökologische Praxis. Über 700 der häufigsten Arten und ihre Ökologie*. Koeltz Scientific Books, Königstein.
- JONGEPIER I., SOENS T., THOEN E., VAN EETVELDE V., CROMBÉ P. & BATS M., 2011. The brown gold: a reappraisal of medieval peat marshes in Northern Flanders (Belgium). *Water History*, 3(2): 73-93.
- JONGMAN R. H. G., TER BRAAK C. J. F. & VAN TONGEREN O. F. R., 1995. *Data analysis in community and landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge.
- JUGGINS S., 2007. *C2 Version 1.5 User guide. Software for ecological and palaeoecological data analysis and visualisation*. Newcastle University, Newcastle upon Tyne.
- KRAMMER, K. & LANGE-BERTALOT, H., (1986) 1997a. Bacillariophyceae 1. Teil Naviculaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (ed.), *Süßwasserflora von Mitteleuropa, Band 2/1*, 2d edition, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.

- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., (1988) 1997b. Bacillariophyceae 2. Teil Bacillariaceae, Epithemiaceae, Surirellaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (ed.), *Süsswasserflora von Mitteleuropa, Band 2/2*, 2d edition, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., (1991) 2004a. Bacillariophyceae 4. Teil Achnantheaceae. In: Ettl, H., Gerloff, J., Heynig, H. & Mollenhauer, D. (ed.), *Süsswasserflora von Mitteleuropa, Band 2/4*, 2d edition, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- KRAMMER K. & LANGE-BERTALOT H., (1991) 2004b. Bacillariophyceae 3. Teil Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae. In: Ettl H., Gerloff J., Heynig H. & Mollenhauer D. (ed.), *Süsswasserflora von Mitteleuropa, Band 2/3*, 2d edition, Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg.
- LAIRD K. R., FRITZ S. & CUMMING B. F., 1998. A diatom-based reconstruction of drought intensity, duration, and frequency from Moon Lake, North Dakota: a sub-decadal record of the last 2300 years. *Journal of Paleolimnology*, 19: 161-179.
- LOTTER A., 1988. Past water-level fluctuations at Lake Rotsee (Switzerland), evidenced by diatom analysis. In: Miller U. & Robertsson A. M. (ed.), *Proceedings of Nordic Diatomist Meeting, Stockholm, June 10-12, 1987*, Department of Quaternary Research (USDQR) Report ,12, University of Stockholm, Stockholm: 47-55.
- LOTTER A. F. C. & BIGLER C., 2000. Do diatoms in the Swiss Alps reflect the length of ice-cover? *Aquatic Science*, 62: 125-141.
- LOTTER A., BIRKS H. J., HOFMANN W. & MARCHETTO A., 1997. Modern diatoms, cladocera, chironomid, and chrysophyte cyst assemblages as quantitative indicators for the reconstruction of past environmental conditions in the Alps. I. Climate. *Journal Paleolimnology*, 18: 395-420.
- NÖGES P., TUVIKENE L., NÖGES T. & KISAND A., 1999. Primary production, sedimentation and resuspension in large shallow Lake Võrtsjärv. *Aquatic Sciences*, 61: 168-182.
- PIENITZ R. & SMOL J. P., 1993. Diatom assemblages and their relationship to environmental variables in lakes near Yellowknife (N.W.T., Canada). *Hydrobiologia*, 269/270: 391-404.
- PIENITZ R., LORTIE G. & ALLARD M., 1991. Isolation of lacustrine basins and marine regression in the Kuujuaq area (northern Quebec), as inferred from diatom analysis. *Géographie physique et Quaternaire*, 45: 155-174.
- PIENITZ R., SMOL J. P., LAST W. M., LEAVITT P. R. & CUMMING B. F., 2000. Multi-proxy Holocene paleoclimatic record from a saline lake in the Canadian subarctic. *The Holocene*, 10: 673-686.
- REIMER P. J., BARD E., BAYLISS A., BECK J. W., BLACKWELL P. G., BRONK RAMSEY C., BUCK C. E., CHENG H., EDWARDS R. L., FRIEDRICH M., GROOTES P. M., GUILDERSON T. P., HAFIDASON H., HAJDAS I., HATTÉ C., HEATON, T. J., HOFFMANN, D. L., HOGG A. G., HUGHEN K. A., KAISER K. F., KROMER B., MANNING S. W., NIU M., REIMER R. W., RICHARDS D. A., SCOTT E. M., SOUTHON J. R., STAFF R. A., TURNEY C. S. M. & VAN DER PLICHT J., 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4): 1869-1887.
- ROBERTS D. & MCMINN A., 1998. A weighted-averaging regression and calibration model for inferring lakewater salinity from fossil diatom assemblages in saline lakes of the Vestfold Hills: a new tool for interpreting Holocene lake histories. *Journal of Paleolimnology*, 19(2): 99-113.
- ROBERTS D., HODGSON D. A., MCMINN A., VERLEYEN E., TERRY B., CORBETT C. & VYVERMAN W., 2006. Recent rapid salinity rise in three East Antarctic lakes. *Journal Paleolimnology*, 36: 385-406.
- ROSÉN P., SEGERSTRÖM U., ERIKSSON L. & RENBERG I., 2004. Do diatom, chironomid, and pollen records consistently infer Holocene July air temperature? A comparison using sediment cores from four alpine lakes in northern Sweden. *Arctic, Antarctic and Alpine Research*, 35: 279-290.
- RÜHLAND K., PATERSON A. M. & SMOL J. P., 2008. Hemispheric-scale patterns of climate-related shifts in planktonic diatoms from North American and European lakes. *Global Change Biology*, 14: 2740-2754.
- SCHRADER H. J. & GERSONDE R., 1978. Diatoms and silicoflagellates. *Utrecht Micropaleontological Bulletins*, 17: 129-176.
- SEPPÄ H. & WECKSTRÖM J., 1999. Holocene vegetational and limnological changes in the

- Fennoscandian tree-line area as documented by pollen and diatom records from Lake Tsuolbmajavri, Finland. *Ecoscience*, 6: 621-635.
- SERGANT J., CROMBÉ P. & PERDAEN Y., 2009. Mesolithic territories and land-use systems in north-western Belgium. In: McCartan S., Schulting R., Warren G. & Woodman P. (ed.), *Mesolithic Horizons. Papers presented at the Seventh International Conference on the Mesolithic in Europe, Belfast 2005*, Oxbow books, Oxford, 277-281.
- SOLOVIEVA N. & JONES V. J., 2002. A multiproxy record of Holocene environmental changes in the central Kola Peninsula, north-west Russia. *Journal of Quaternary Science*, 17: 303-318.
- SPAULDING S. A., LUBINSKI D. J. & POTAPOVA M., 2010. Diatoms of the United States. See <http://westerndiatoms.colorado.edu>
- STRAUB F., 1993. Diatoms and their preservation in the sediments of Lake Neuchâtel (Switzerland) as evidence of past hydrological changes. *Hydrobiologia*, 269/270: 167-178.
- TAVERNIER R., 1946. L'évolution du Bas Escaut au Pléistocène Supérieur. *Bulletin de Société Belge de Géologie, Paléontologie et Hydrologie*, 55: 106-125.
- TAVERNIER R. & DE MOOR G., 1974. L'évolution du bassin de l'Escaut. In: Maca P. (ed.), *L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la Mer du Nord méridionale. Colloque du Centenaire de la Société Géologique de Belgique*, Société Géologique de Belgique, Liège: 159-233.
- VAN DAM H., MERTENS A. & SINKELDAM J., 1994. A coded check-list and ecological indicator values of freshwater diatoms from The Netherlands. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 28: 117-131.
- VERBRUGGEN C., 1971. *Postglaciale landschaps-geschiedenis van Zandig Vlaanderen*. PhD Thesis, Ghent University, Gent.
- VERBRUGGEN C., 2005. Moerbeke "Moervaart". In: Crombé P. (ed.), *The last hunter-gatherer-fishermen in Sandy Flanders (NW Belgium); the Verrebroek and Doel excavation projects, Part 1: Palaeo-environment, chronology and features*, Archaeological Reports Ghent University, 3, Academia Press, Ghent: 108.
- VERES A., PIENITZ R. & SMOL J. P., 1995. Lake water salinity and periphytic diatom succession in three subarctic lakes, Yukon Territory, Canada. *Arctic*, 48(1): 53-70.

Abstract

Although climate fluctuations during the late-glacial are well-known for northwestern Europe, better knowledge of past lake ecosystem responses to natural climate variability is prerequisite to assess more comprehensively direct and indirect linkages between climate change and lake water properties (e.g., primary production, nutrient cycling and water-column pH). These insights are also important for understanding the climate forcing processes at the spatial and temporal resolution required to determine the role of environmental factors in past human adaptation. Here, we analyse fossil diatom assemblages recorded in a sediment sequence of a late-glacial palaeolake in the Moervaart area (northwestern Belgium) to reconstruct distinct climate-driven changes in lake productivity and water-level fluctuations and to evaluate the effects of these changes on the lake's ecosystem services for local hunter-gatherer communities. The diatom analysis from the Moervaart palaeolake shows sensitive climate-related paleolimnological responses, and most of all the species shifts are caused by changes in temperature and water level fluctuation. Starting as a large swamp during the Bølling, the Moervaart depression gradually evolved into a shallow lake which reached its highest level in the early and start of middle Allerød. These conditions were favorable for settling by groups of migrating hunter-gatherers belonging to the *Federmesser* Culture.

Keywords: Biozonation, Ecological characterization, Hunter-gatherers, Late-glacial, Diatoms.

Samenvatting

In deze paper worden de resultaten van een gedetailleerde analyse van diatomeeën uit wellicht het grootste laatglaciale paleomeer in Vlaanderen, de Moervaart (ca. 25 km²), besproken. In totaal werden 80 stalen afkomstig van een ca. 2 m lange sequentie bestudeerd. De resultaten wijzen op een fluctuerende waterpeil doorheen het grootste deel van het Laat-Glaciaal veroorzaakt door verschillende klimaatveranderingen. Tijdens het Bølling was wellicht nog geen sprake van open water, maar veeleer van een drassige depressie. Na een kort interval van grondwaterverlaging tijdens de Oude Dryas, evolueerde de Moervaart tot een uitgestrekt maar ondiep meer, dat zijn hoogste peil bereikte tijdens het vroege en midden-Allerød. Dit is wellicht ook de periode waarin mens en dier zich aangetrokken voelden tot de Moervaart. Tientallen *Federmesser* sites bevinden zich geclusterd langs de noordelijke rand van dit immense meer. In de tweede helft van het Allerød daalde het waterpeil, mogelijk onder invloed van een korte afkoeling, de *Intra Allerød Cold Period* of GI-1b. Aan het einde van het Allerød of het begin van de Jonge Dryas droogde de Moervaart depressie uiteindelijk volledig uit en kende de menselijke bewoning een forse terugval.

Trefwoorden: Laat-Glaciaal, diatomeeën, jagers-verzamelaars, *Federmesser* cultuur, paleomeer, klimaatverandering.

Hendrik DEMIDDELE
Department of Geology, Ghent University
281 (S8), Krijgslaan
BE - 9000 Gent
hendrik.demiddele@telenet.be

Peter FINKE
Department Soil Management, Ghent University
653, Coupure links
BE - 9000 Gent
peter.finke@ugent.be

Philippe CROMBÉ
Department of Archaeology, Ghent University
35, Sint-Pietersnieuwstraat
BE - 9000 Gent
philippe.crombe@ugent.be

Opgraving van een mesolithische wetlandsite te Kerkhove ‘Stuw’ (Avelgem, West-Vlaanderen, BE) Eerste resultaten

Joris SERGANT, Hans VANDENDRIESSCHE, Gunther NOENS,
Frédéric CRUZ, Luc ALLEMEERSCH, Kim ALUWÉ, Jonathan JACOBS,
Frederic WUYTS, Sebastiaan WINDEY, Joachim ROZEK, Ine DEPAEPE,
Davy HERREMANS, Pieter LALOO & Philippe CROMBÉ

1. Inleiding

De site Kerkhove ‘Stuw’ situeert zich in de gemeente Avelgem (provincie W.-VI.), op de grens tussen Oost- en West-Vlaanderen. De site ligt in de alluviale vlakke van de Schelde-linkeroever op korte afstand van de oude, begin 20^{ste} eeuwse stuw. De geplande bouw van een nieuwe stuw en de aanleg van de aansluiting op de Schelde vormde in 2015 de rechtstreekse aanleiding voor een grootschalige archeologische opgraving. Dit onderzoek werd gefinancierd door de Afdeling Waterwegen en Zeekanaal NV (WenZ) en de Europese Unie (TEN-T).

2. Historiek en methode

In 2007 en 2008 werden door de UGent in opdracht van WenZ te Kerkhove ‘Stuw’ drie boorcampagnes uitgevoerd (Bats & Crombé, 2007; Bats *et al.*, 2008). Een eerste boorcampagne met als doel het karteren van het afgedekte paleolandschap, bracht een langgerekte (> 500 m), NO/ZW georiënteerde kleiige zandrug aan het licht. Deze bevond zich op een diepte variërend van 4 tot 8 m onder het huidige maaiveld. Twee daaropvolgende archeologische boorcampagnes leverden het bewijs van niet nader te dateren prehistorische activiteiten op deze rug. Tientallen opgeboorde vondsten, waaronder vooral vuurstenen artefacten en enkele verkolde hazelnootschelpen en verbrande botresten, kwamen voor in twee gescheiden clusters: een grote cluster ter hoogte van de toekomstige bouwput van de nieuwe stuw (i.e. Werkput 1) en een tweede, kleinere cluster ter hoogte van de toekomstige aansluitingsgeul (Werkput 2). Enkele aardewerkscherven opgeboord aan de top van het afdekkende veen lieten ook enige Romeinse aanwezigheid vermoeden.

Gezien de verwachte uitstekende bewaring van deze sites, werd in 2015 beslist om over te gaan tot een gedeeltelijke opgraving. Voorafgaande aan de opgraving van de twee werkputten (Fig. 1), werd een mechanische boorcampagne uitgevoerd met behulp van 22 Begemannboringen.

In januari 2015 werden dwars over de rug drie raaien van Begemannboringen gezet waarvan de eerste twee door de toekomstige Werkput 1 (WP 1 – 7500 m²) liepen en de derde door de toekomstige Werkput 2 (WP 2 – 1000 m²). Deze boringen werden verricht in functie van paleotopografisch en paleo-ecologisch onderzoek.

De eigenlijke opgraving ving aan in mei 2015 met het afgraven van de afdekkende pakketten in WP 1. Na het machinaal verwijderen van een recent ophogingspakket, werd de alluviale kleilaag onder archeologische begeleiding in artificiële niveaus van 30 cm afgegraven tot op de top van het onderliggende veen. In dit kleipakket werden enkel postmiddeleeuwse grachten aangetroffen. Op de top van het veen kwamen een aantal Romeinse

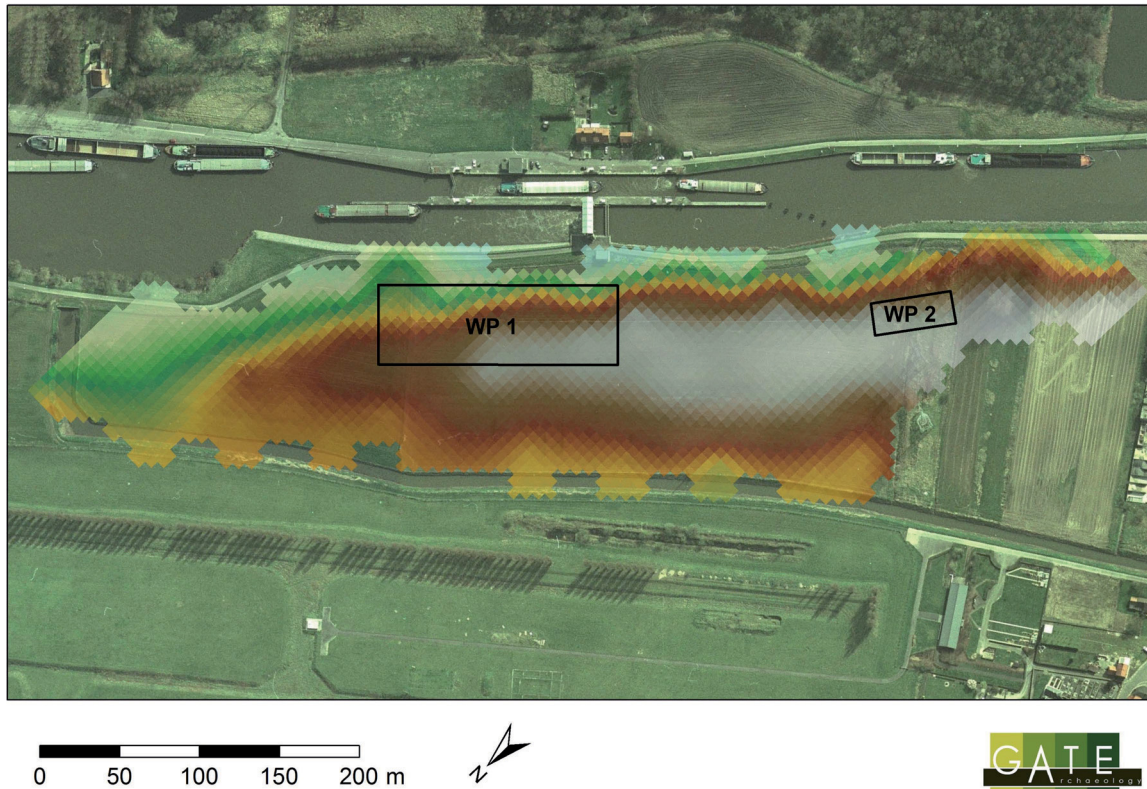


Fig. 1 – De afgedekte rug op de linkeroever van de Schelde met aanduiding van werkput 1 (WP 1) en 2 (WP 2).

grachten en greppels aan het licht, evenals een deel van een Romeins wegtracé. Na het onderzoek van deze sporen werd het veen voorzichtig en laagsgewijs machinaal afgegraven tot net boven de top van de kleiige zandrug. Deze werd bereikt in juni 2015 waarna gestart werd met de opgraving van het steentijdniveau (Fig. 2). Vooreerst werden testvakken van een kwart m² aangelegd in een verspringend 3 m-grid. Van elk testvak werden telkens vier niveaus van elk 5 cm opgegraven. Op basis van deze resultaten konden bepaalde zones afgebakend worden die in aanmerking kwamen voor verdere opgraving in kwart m² en artificiële niveaus van 5 cm. Het uitzeven zelf gebeurde op een maaswijdte van 2 mm aan twee zeefbassins met een verzinkgedeelte. Op het einde van de campagne werden nog 4 diepe transecten dwars op de steile ZO flank van de kleiige zandrug uitgegraven (Fig. 3). Deze hadden tot doel een beter inzicht in de lithostratigrafische opbouw van de rug en de aangrenzende paleogeul te verwerven, alsook de verdere bemonstering voor paleoecologisch onderzoek toe te laten.

De opgraving van WP 1 liep tot eind augustus 2016. De opgraving van WP 2 verliep deels parallel (van juni tot eind september 2016) en op een gelijkaardige manier. Ook hier werd, naast een recente gracht een Romeinse gracht aangetroffen die, in tegenstelling tot de structuren van WP 1, een deel van de rug had aangetast.

Parallel met het veldwerk werd door een team van specialisten, bestaande uit twee prehistorici, een archeobotanicus, een palynoloog, een geomorfoloog/bodemkundige, en een archeozoöloog, een eerste verwerking (waardering) van de archeologische en paleolandschappelijke data en vondsten verricht. De gedetailleerde uitwerking is recentelijk opgestart en zal in het voorjaar van 2018 afgerond zijn.

In onderhavig artikel wordt een kort verslag gebracht van de eerste bevindingen gebaseerd op het waarderend onderzoek. We beperken ons hierbij hoofdzakelijk tot de archeologische gegevens.



Fig. 2 – Luchtopname van de steentijdopgraving in WP 1.

3. Geomorfologie en stratigrafie

De langgerekte rug waarop de site van Kerkhove 'Stuw' gesitueerd is, heeft een noord-oost-zuidwest oriëntatie en een asymmetrische doorsnede, bestaande uit een steile zuid-oostflank en een zachter hellende noordwestflank. De datering en de genese van deze rug zijn nog niet duidelijk: ofwel is hij ontstaan door de erosieve werking van de vlechtende rivier tijdens het Pleniglaciaal, ofwel hebben we te maken met een oeverwal door de rivier gevormd tijdens het Laat-Glaciaal. OSL-dateringen (9) zullen hierover uitsluitsel moeten brengen. Langsheen de steile zuidoostflank van de rug werd de aanzet van een diepe, fossiele Scheldegeul aangesneden (Fig. 3), die verder kon gevolgd worden in de nabijgelegen Begemannborings tot een diepte van ongeveer 10 m onder het huidige maaiveld. In de vulling werden verschillende afzettingpakketten herkend, bestaande van onder naar boven uit kalkrijke gyttja, organische leem en veen. Deze werden uitvoerig bemonsterd voor paleoecologische (pollen, diatomeeën, mollusken, plantaardige macroresten, ...), radiometrische (^{14}C , dendrochronologie en OSL), geomorfologische (LOI, granulometrie) en bodemkundige doeleinden (textuuranalyse, fosfaatanalyse, ...). Volgens de eerste palynologische en radiometrische bevindingen dateert de vroegste opvulling van de fossiele Scheldegeul in de Jonge Dryas; de start van de veengroei situeert zich in de loop van het Boreaal.

De kern van de rug is opgebouwd uit lemige zanden terwijl de toplaag bestaat uit, hetzij kleiig materiaal (WP 1), hetzij siltige leem (WP 2). In de top van deze sedimenten heeft zich in WP 1 een bodem gevormd bestaande uit een 5 tot 20 cm dikke, donkerbruine venige A-horizont met daaronder een weinig ontwikkelde en vaak moeilijk te herkennen B-horizont. De rug wordt afgedekt door een veenpakket met een dikte tussen 30 cm



Fig. 3 – Coupe van de rug in transect 1 (WP 1).

(op de top) en 2,5 m (op het diepste punt van de flank). Daar bovenop bevindt zich een ca 2 m dik alluviaal kleipakket en een kleiige ophogingslaag van ca 1 m. In WP 2 is de situatie anders: daar werd geen veen aangetroffen maar een 20-25 cm dikke, donkerbruine, sterk organische/kleiige A-horizont (mogelijk een Romeinse Ap?). Onder deze A-horizont was op sommige locaties een (restant van een) B-horizont zichtbaar.

4. Voorlopige resultaten

4.1. Werkput 1

In totaal werden minimaal 13 ruimtelijk van elkaar gescheiden concentraties van lithische artefacten opgegraven (Fig. 4). De meeste concentraties zijn klein (max. 20 m²) en bezitten een beperkt aantal artefacten. Het leeuwendeel hiervan (clusters 1 t.e.m. 9, 11) kan vermoedelijk gedateerd worden in het vroeg-mesolithicum. Concentraties 10 en 12 lijken op basis van het microlietspectrum vooral in het midden-mesolithicum thuis te horen, al is er aan de rand van locus 10 vermoedelijk bijmenging met vroeg-mesolithisch materiaal.

Ruimtelijk situeren deze concentraties zich op het hoogste gedeelte van de rug dat binnen de bouwput valt. Op de flank werden geen vuursteenconcentraties vastgesteld. Omzeggens alle clusters bezitten bijna enkel artefacten in vuursteen. Exotische grondstoffen werden amper vastgesteld, enkele artefacten in Wommersomkwartsiet niet te na gesproken.

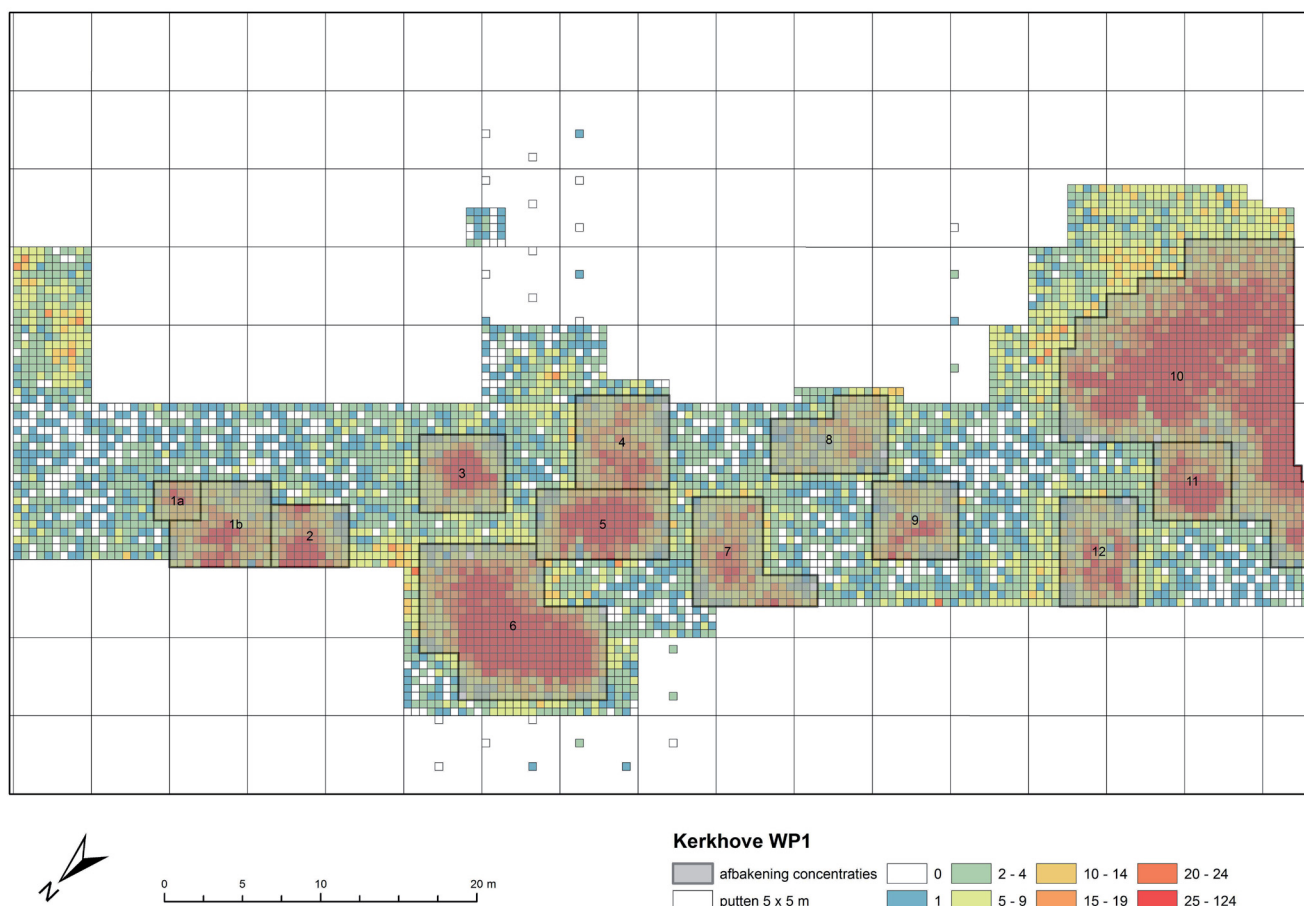


Fig. 4 – Overzicht van WP 1 met de voorlopige afbakening van de verschillende lithische concentraties.

Kleine loci

- Locus 1a en 1b: ca 7+15 m² en in totaal ca 2000 artefacten. Omvat twee subclusters die op ca 2 m van elkaar gelegen zijn. Er is verbrand lithisch materiaal aanwezig maar enkel 1b vertoont een lichte clustering. Het microlietenspectrum bestaat uit enkele driehoeken en spitsen met geretoucheerde basis en bij de gemene werktuigen domineren de geretoucheerde microklingen, al komen geretoucheerde afslagen en schrabbers ook voor.
- Locus 2: ca 20 m² en in totaal ca 1400 artefacten. Ten dele opgegraven cluster (deel zit onder het talud) met een kleine waaier in het oosten. Een duidelijke cluster met verbrand lithisch materiaal bevindt zich centraal binnen de concentratie. Bij de microlieten treffen we voornamelijk microlietfragmenten aan, evenals twee driehoeken, een segment en een spits met vlakke retouches; bij de gemene werktuigen bevinden zich vooral geretoucheerde afslagen en onbepaalde werktuigfragmenten.
- Locus 3: ca 16 m² en in totaal ca 1650 artefacten. Rond-ovale cluster. Er is verbrand lithisch materiaal aanwezig zij het in de vorm van een lichte clustering. Bij de microlieten zien we enkele driehoeken aangevuld met een segment en een spits met afgestompte boord. Geretoucheerde afslagen en microklingen domineren de gemene werktuigen.
- Locus 4: ca 20 m² en in totaal ca 1700 artefacten. Amorfe, weinig dichte cluster vlakbij locus 5. Ook het verbrand lithisch materiaal vertoont geen duidelijke clustering. Er komen enkel driehoeken en segmenten voor. Bij de gemene werktuigen zien we in hoofdzaak geretoucheerde microklingen.

- Locus 5: ca 24 m² en in totaal ca 3400 artefacten. Ovale cluster vlakbij locus 4. Het verbrand lithisch materiaal kent een lichte clustering. Bij de microlieten treffen we één spits met geretoucheerde basis aan en één spits met schuine afknotting, aangevuld met een aantal microlietfragmenten. In de concentratie zelf komen enkel geretoucheerde afslagen en microklingen voor. Een clustertje met schrabbers bevindt zich in de noord-oostelijke periferie.
- Locus 7: ca 15 m² en in totaal ca 1700 artefacten. Sikkelvormige concentratie (windval?). Het verbrand lithisch materiaal clustert in het noordelijke deel van de concentratie. De microlieten bestaan in hoofdzaak uit driehoeken aangevuld met enkele andere microliettypes. Bij de gemene werktuigen zien we enkel geretoucheerde afslagen en microklingen.
- Locus 8: ca 15 m² en in totaal ca 1000 artefacten. Eerder een verdichting van vondsten dan een echte concentratie. Het verbrand lithisch materiaal kent een lichte spreiding over het gehele oppervlak. Ook werktuigen werden omzeggens niet geattesteerd: er zijn slechts enkele microlieten (i.e. een driehoek, een spits met schuine afknotting en een spits met geretoucheerde basis) en gemene werktuigen (i.e. twee geretoucheerde afslagen en enkele onbepaalde werktuigfragmenten).
- Locus 9: ca 12 m² en in totaal ca 1100 artefacten. Kleine, deels door een windval verstoorde concentratie met een lichte verdichting van verbrand lithisch materiaal centraal binnen de concentratie. Bij de microlieten zien we een waaier aan verschillende ty-

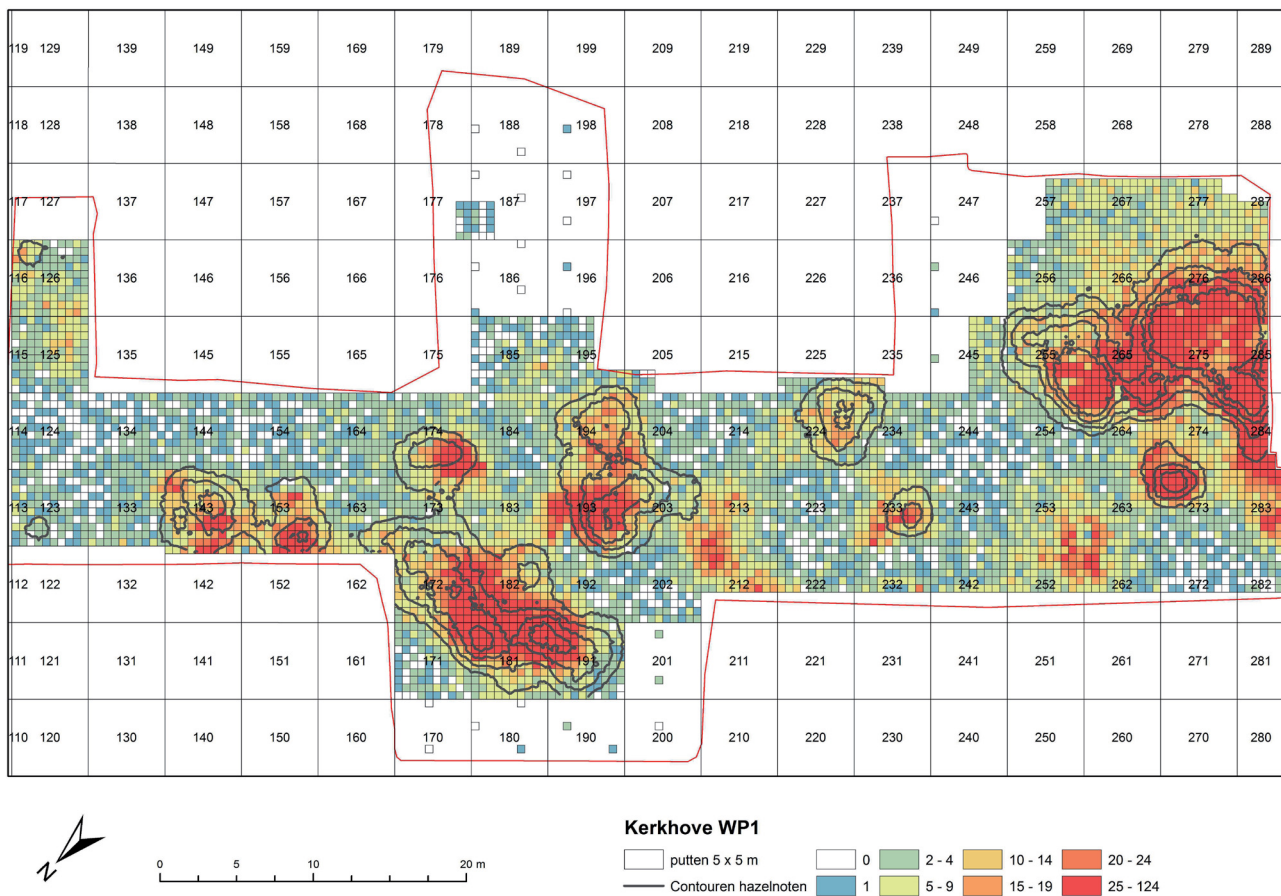


Fig. 5 – Verspreiding van de verkoelde hazelnootschelpen (weergegeven met contouren) gebaseerd op de schatting verricht tijdens de waarderingen t.o.v. de spreiding van het lithisch materiaal.

pes, meer bepaald een driehoek, een segment, een smalle microkling met afgestompte boord en twee spitsen met schuine afknotting. Bij de gemene werktuigen treffen we twee stekers, twee schrabbers en enkele geretoucheerde afslagen aan.

- Locus 11: ca 16 m² en in totaal ca 2500 artefacten. Ovale concentratie met een zuidoostelijke waaier. Een duidelijke cluster met verbrand lithisch materiaal bevindt zich centraal binnen de concentratie. De dominantie van driehoeken en spitsen met geretoucheerde basis bij de microlieten is overduidelijk. De gemene werktuigen bestaan dan weer in hoofdzaak uit geretoucheerde microklingen.
- Locus 12: ca 17 m² en in totaal ca 1550 artefacten. Amorfe concentratie (verstoord door windval?) die zeer weinig verbrande lithische artefacten bezit (i.e. evenveel als de zone errond). Bij de microlieten zien we een duidelijke dominantie van smalle microklingen met afgestompte boord aangevuld met een spits met vlakke retouches en enkele andere types. De gemene werktuigen bestaan in hoofdzaak uit geretoucheerde microklingen.

Grote loci

Twee concentraties zijn echter merkkelijk groter. Concentratie 6 beslaat een oppervlakte van 50 m² en bestaat mogelijk uit meerdere kleine, elkaar overlappende vroeg-mesolithische concentraties. De tweede grote cluster, cluster 10, is mogelijk ontstaan door een overlapping van enkele perifere kleine vroeg-mesolithische concentraties en vermoedelijk meerdere midden-mesolithische concentraties. Deze veronderstelling is gestoeld op de samenstelling van het microlietenspectrum.

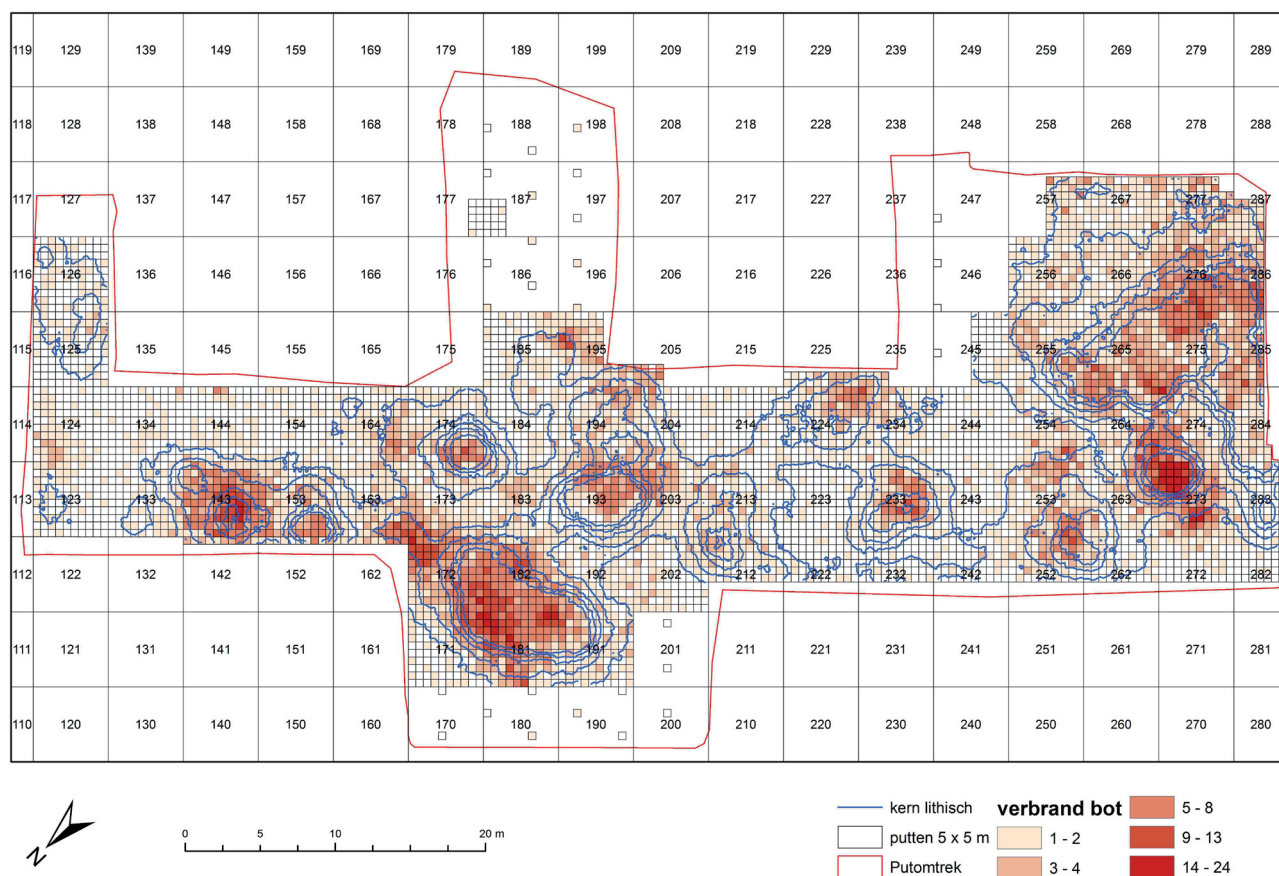


Fig. 6 – Verspreiding van de verbrande botresten tegen de achtergrond van de lithische vondsten (contouren).

- Locus 6: ca 50 m² en in totaal ca 11000 artefacten. Langgerekte min of meer ovale cluster. In het westelijke deel van de concentratie bevindt zich een uitgesproken cluster met verbrand lithisch materiaal; centraal treffen we een lichte spreiding aan terwijl in het oostelijke gedeelte amper verbrand lithisch materiaal voorkomt. Het microlietenspectrum toont een dominantie van driehoeken aangevuld met spitsen met geretoucheerde basis; deze komen verspreid voor over de gehele concentratie. In het oostelijke uiteinde treffen we drie segmenten en een spits met afgestompte boord aan. De gemene werktuigen, bestaande uit schrabbers, geretoucheerde afslagen en microklingen, komen hoofdzakelijk in het centrale deel van de concentratie voor.
- Locus 10: ca 100 m² en in totaal ca 18500 artefacten. Binnen deze amorfe cluster komt een lichte spreiding van verbrand lithisch materiaal voor met een lichte verdichting aan de noordelijke en westelijke uiteinden. Het noordelijke, vroeg-mesolithische gedeelte wordt voornamelijk gekenmerkt door de aanwezigheid van driehoeken, segmenten en spitsen met afgestompte boord en geretoucheerde basis (al komen er ook smalle microklingen met afgestompte boord voor), terwijl in de rest van de cluster voornamelijk smalle microklingen met afgestompte boord en spitsen met vlakke retouches worden aangetroffen en andere types duidelijk in de minderheid zijn. Wat de gemene werktuigen betreft, zien we in hoofdzaak schrabbers in het westelijke concentratiegedeelte.

Latente haarden

Nagenoeg alle concentraties bezitten een – zij het niet altijd even uitgesproken – cluster met zwaar verbrande artefacten, wat wijst op de aanwezigheid van meerdere (vlak)

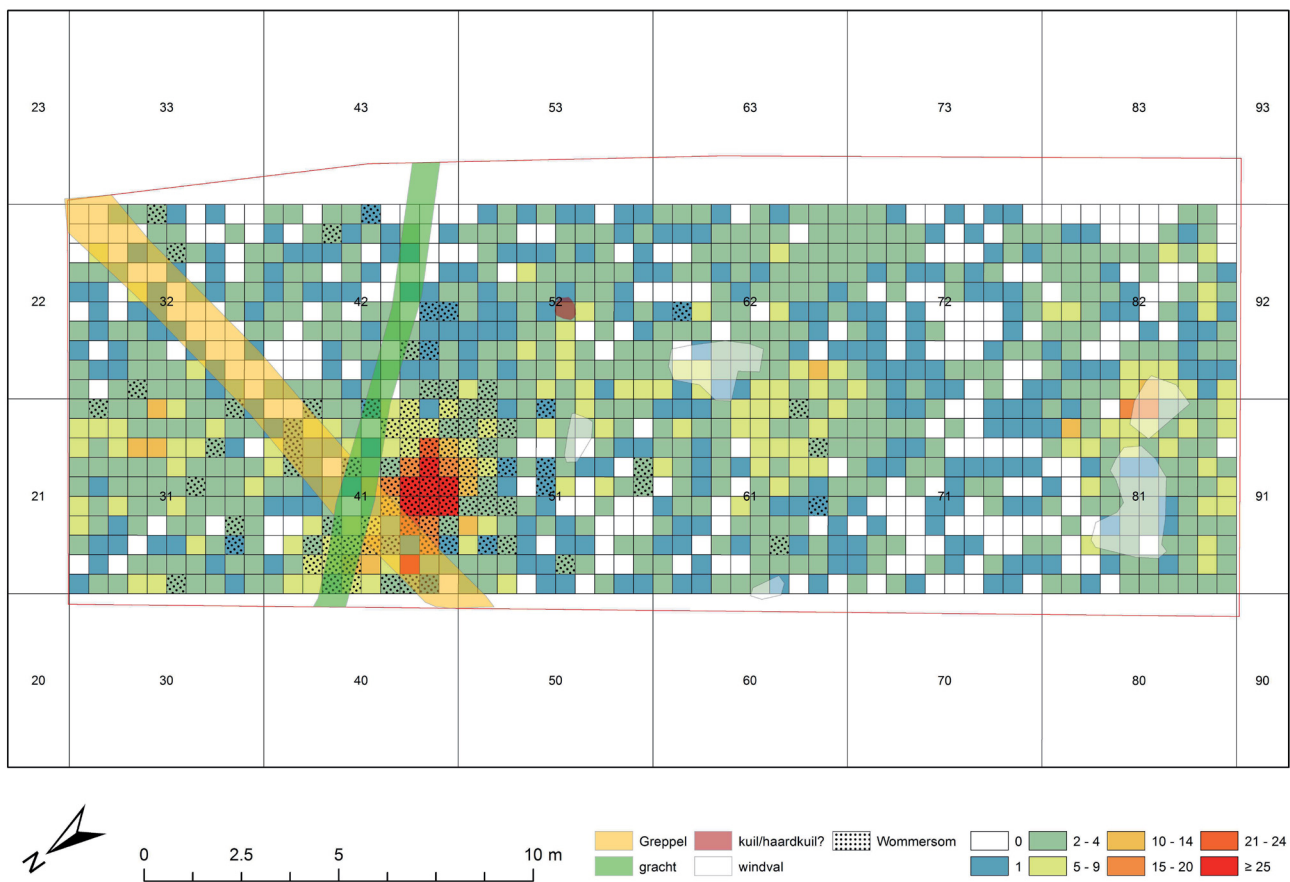


Fig. 7 – Overzicht van WP2 met aanduiding van de laat-mesolithische concentratie 1, die ten dele is aangetast door een Romeinse greppel (oranje) en een post-middeleeuwse gracht (groen).

haarden op de site. Enkel in loci 8 en 12 lijken amper zwaar verbrande artefacten voor te komen. De verspreiding van de verkoolde hazelnootschelpen (Fig. 5) en het verbrand bot (Fig. 6) valt op vele plaatsen min of meer samen met de potentiële haarden; enkel verbrand locus 12 bezit nauwelijks hazelnootschelpen. Verspreid over het mesolithische oppervlak werden ook meerdere duizenden onverbrande botresten verzameld, waaronder minstens 1000 soort-determineerbare fragmenten. Hieronder bevinden zich voornamelijk resten van hertachtigen (ree, edelhert) en everzwijn, evenals een hoeveelheid visresten.

4.2. Werkput 2

In werkput 2 werd slechts één duidelijke lithische concentratie aangetroffen. Het betreft een kleine cluster met vrij regelmatige microklingen, wat doet vermoeden dat deze uit het laat-mesolithicum dateert (Fig 7). Deze locus is ca 10 m² groot en omvat in totaal ca 1115 artefacten. Binnen deze vrij regelmatige cluster komt een lichte spreiding van verbrand lithisch materiaal voor. Deze kleine concentratie werd in het noorden aangetast door zowel een Romeinse als een post-middeleeuwse gracht die elkaar kruisen. Het debitage materiaal, zowel verbrand als niet verbrand, is zeer regelmatig (i.e. Montbanistijl) en Wommersomkwartsiet is duidelijk aanwezig (ca 20 %). Er werden slechts twee microlieten aangetroffen, meer bepaald een trapezium en een ongelijkbenige driehoek, en drie gemene werktuigen (i.e. een steker en twee geretoucheerde microklingen). In de periferie van deze kleine cluster werden nog microlieten verzameld, waaronder enkele trapezia. In en rond deze kleine cluster werden fragmenten natuursteen aangetroffen. Het gaat om kwartsietische zandsteen en poreuze rode (ijzerhoudende) zandsteen.

Verder werd in werkput 2 een tweede kleine cluster aangetroffen (vlakken 71, 72 en 82), die weliswaar hoofdzakelijk was samengesteld uit aardewerkscherven. Technisch kenmerkt dit aardewerk zich door het veelvuldig voorkomen van verbrijzelde vuursteen als verschraling. Vermoedelijk betreft het aardewerk dat tot het midden-neolithicum dient gerekend te worden. In de onmiddellijke buurt van deze aardewerkcluster werd een gefragmenteerde aangepunte (mijn)kling aangetroffen. Elders in de werkput kwamen ook nog enkele neolithische artefacten aan het licht, waaronder een gepolijst beitel-tje, en een aantal driehoekige en gesteelde/ gevleugelde pijlpunten.

In WP2 werd veel minder botmateriaal aangetroffen dan in WP1. Naast een beperkte hoeveelheid verbrand bot werden zo'n 7500 onverbrande botresten geteld, waarvan er 450 determineerbaar zijn. Ook hier gaat het vooral om hertachtigen en everzwijn, aangevuld met een beperkt aantal visresten.

5. Besluit

Het archeologisch onderzoek te Kerkhove 'Stuw' heeft heel wat nieuwe gegevens opgeleverd over de prehistorie, in het bijzonder het mesolithicum, in het gebied van de Bovenschelde, dat in vergelijking tot de Benedenschelde op het vlak van de steentijden zeer slecht gedocumenteerd is. Dit is vooral te wijten aan een gebrek aan archeologisch onderzoek. Sedert de noodopgravingen te Oudenaarde 'Donk' (Parent *et al.*, 1987) en de geprogrammeerde opgravingen te Spiere "Helkijn" (Vanmontfort *et al.*, 2004), is er de laatste 2 decennia nauwelijks sprake geweest van grootschalig prehistorisch onderzoek langsheen de Bovenschelde. De opgravingen te Kerkhove 'Stuw', evenals de toeval-lige ontdekking van een afgedekte finaal-paleolithische site te Ruien 'Rosalinde' (Crombé *et al.*, 2014), bewijzen dat de regio nog een bijzonder groot potentieel heeft. Voor het eerst in de Scheldevallei zijn onverbrande faunaresten uit de vroege fasen van het mesolithicum aangetroffen. De oudste dierlijke resten, opgegraven te Bazel 'Sluis', dateerden

tot voor kort uit de overgangsfase van het mesolithicum naar het neolithicum (Crombé et al., 2015). De opgraving te Kerkhove leverden ook de eerste landschappelijke data op in nauwe associatie met een vroeg/midden-mesolithische bewoning, wat de mogelijkheid biedt om de directe omgeving rond dit kampement in detail te reconstrueren. Ook methodologisch leverde het onderzoek te Kerkhove nieuwe inzichten op. Op grond van de algemeen lage vondstdensiteit dient de site van Kerkhove tot de categorie van de “low density sites” (40-80 artefacten/m²) gerekend te worden. Vaak (Verhagen et al., 2013) wordt getwijfeld of dergelijk sites detecteerbaar zijn via boringen, vooral indien dit samengaat met het voorkomen van kleine artefactenclusters (< 20 m²). Het onderzoek te Kerkhove bewijst dat dit wel degelijk mogelijk is op voorwaarde dat geboord wordt binnen een relatief dicht grid (<10/15 m), met een boordiameter niet kleiner dan 10 cm en vooral dat de boormonsters fijnmazig (1-2 mm) gezeefd worden (Crombé & Verhegge, 2015).

Dankwoord

Onze dank gaat in eerste instantie uit naar de medewerkers van WenZ en in het bijzonder naar leidend ambtenaar ir. Sandrien Paeleman, Piet Mestdagh en Elien Du Rang voor de vlotte en constructieve samenwerking. Dank ook aan erfgoedconsulent Sam De Decker, ir. Stef De Visser (De Nul) en alle veldmedewerkers, meer bepaald Charles Attama, Sami Belbachir, Harry Bonnarens, Fadel Chehaibi, Leopold De Feyter, Antonio Diaz-Arroyo, John Fels, Faheem Muhammad Khan, Wahidullah Khogyani, Kris Roman, Niels Schelfhaut, David Symoens en Mathias Van Crombrugge evenals alle jobstudenten, stagestudenten en vrijwilligers die hun steentje hebben bijgedragen. Dankzij hun inzet zijn de opgravingen vlot en in een goede sfeer verlopen.

Bibliografie

BATS M. & CROMBÉ P., 2007. *Bovenshelde, vernieuwen en ontdebelen van de stuw te Kerkhove. Archeologisch vooronderzoek. Archeologische Rapporten, 2*, UGent, Gent.

BATS M., CROMBÉ P., GHEYLE W. & JACOBS J., 2008. *Bovenshelde, vernieuwen en ontdebelen van de stuw te Kerkhove. Fase 2b. Archeologische Rapporten, 11*, UGent, Gent.

CROMBÉ P. & VERHEGGE J. 2015. In search of sealed Palaeolithic and Mesolithic sites using core sampling: the impact of grid size, meshes and auger diameter on the discovery probability. *Journal of Archaeological Science*, 53: 445-458.

CROMBÉ P., SERGANT J., PERDAEN Y., MEYLEMANS E. & DEFORCE K., 2015. Neolithic pottery finds at the wetland site of Bazel-Kruike (Flanders, Belgium): evidence of long-distance forager-farmer contact during the late 6th and 5th millennium cal BC in the Rhine-Meuse-Scheldt area. *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 45: 21-39.

CROMBÉ P., SERGANT J., VERBRUGGE A., DE GRAEVE A., CHERRETTÉ B., MIKKELSEN J., CNUUDE V., DE KOCK T., HUISMAN D. J., VAN OS B. J. H., VAN STRYDONCK M. & BOUDIN M., 2014. A sealed flint knapping site from the Younger Dryas in the Scheldt valley (Belgium): bridging the gap in human occupation at the Pleistocene-Holocene transition in W Europe. *Journal of Archaeological Science*, 50: 420-439.

PARENT J.-P., VAN DER PLAETSEN P. & VANMOERKERKE J., 1987. Prehistorische jagers en veetelers aan de Donk te Oudenaarde. *Vobov-Info*, 24-25: 1-45.

VANMONTFORT B., GEERTS A.-I., CASSEYAS C., BAKELS C. C., BUYDENS C., DAMBLON F., LANGOHR R., VAN NEER W., & VERMEERSCH P. M., 2004. De Hel in de tweede helft van het 5de millennium v.Chr. Een midden-Neolithische enclosure te Spiere (prov. West-Vlaanderen). *Archeologie in Vlaanderen*, 8: 9-77.

VERHAGEN P., RENSINK E., BATS M. & CROMBÉ P., 2013. Establishing discovery probabilities of stone artefacts in Palaeolithic and Mesolithic sites with core sampling. *Journal of Archaeological Science*, 40: 240-247.

Samenvatting

Van mei 2015 tot en met september 2016 werd in opdracht van Waterwegen en Zeekanaal NV in de alluviale vlakte van de Bovenschelde te Kerkhove een grootschalig opgravingsproject (8500 m²) uitgevoerd. Hierbij werden op een diep begraven kleiige zandrug (stroomrug/oeverwal) geflankeerd door een fossiele Scheldegeul, goed bewaarde prehistorische resten aangetroffen, waaronder lithische artefacten, verkoolde en onverkoolde planten- en faunaresten en aardewerk. Het merendeel van de vondsten dateert uit het vroeg en midden-mesolithicum, maar er werden ook een beperkt aantal vondsten uit het laat-mesolithicum en het midden-neolithicum verzameld.

Trefwoorden: Bovenschelde, alluviale vlakte, mesolithicum, neolithicum.

Abstract

From May 2015 till September 2016 a large-scale salvage excavation (8500 m²) was conducted in the floodplain of the Upper Scheldt at Kerkhove (province of West Flanders, Belgium). On top of a deeply buried sandy elevation (levee) flanked by a deep palaeochannel of the Scheldt, well-preserved remains of prehistoric occupations, among which lithic artefacts, burnt and unburnt plant and faunal remains and pottery, were found. The majority belongs to the Early and Middle Mesolithic, while some finds date to the Late Mesolithic and Middle Neolithic.

Keywords: Upper Scheldt, floodplain, Mesolithic, Neolithic.

Joris SERGANT
Gunther NOENS
Frédéric CRUZ
Luc ALLEMEERSCH
Kim ALUWÉ
Jonathan JACOBS
Frederic WUYTS
Sebastiaan WINDEY
Joachim ROZEK
Pieter LALOO
Gate bvba
73, Dorpsstraat
BE – 8450 Bredene
joris.sergant@gatearchaeology.be

Philippe CROMBÉ
Hans VANDENDRIESSCHE
Ine DEPAEPE
Davy HERREMANS
Universiteit Gent
Vakgroep archeologie, sectie Prehistorie
25, Sint-Pietersnieuwstraat
BE – 9000 Gent
philippe.crombe@ugent.be

Dans le foyer ou sous le foyer ? Vers une caractérisation macroscopique des ossements indirectement thermo-altérés

Alison SMOLDEREN & Elodie-Laure JIMENEZ

1. Introduction

Au centre de très nombreuses études depuis les années 80, les os brûlés apparaissent aujourd'hui comme des témoins essentiels à l'identification et à la caractérisation des activités liées au feu en contexte paléolithique (Shipman *et al.*, 1984 ; Gilchrist & Mytum, 1986 ; Brain & Sillen, 1988 ; Buikstra & Swegle, 1989 ; David, 1990 ; Nicholson, 1993 ; Brain, 1993 ; Stiner *et al.*, 1995 ; Shahack-Gross *et al.*, 1997 ; Bennett, 1999 ; Théry & Costamagno, 2005 ; Cain, 2005 ; Hanson & Cain, 2007 ; Asmussen, 2009 ; Reiche, 2010 ; Lebon, 2010 ; Gerbe, 2010 ; Rillardon & Bracco, 2010, etc.). Combustibles, restes de repas cuits sur le foyer ou simples déchets jetés au feu, les ossements fauniques brûlés ont le potentiel d'éclairer de multiples facettes des activités de combustion. Afin de reconstituer ces différents comportements, plusieurs auteurs ont mis en place des modèles interprétatifs fondés sur la quantification de critères tels que le taux de fracturation, l'emplacement de la thermo-altération sur les ossements, la proportion d'os spongieux brûlés ou encore les types d'éléments squelettiques impactés (Binford & Stone, 1986 ; Costamagno *et al.*, 2009 ; Bosch *et al.*, 2012 ; Rosell *et al.*, 2012 ; Hérisson, 2012).

Quel que soit le modèle adopté, une série de questions préliminaires doivent néanmoins être résolues avant de pouvoir aborder les modalités techniques et fonctionnelles des activités liées au feu : la combustion est-elle d'origine anthropique ou naturelle ? Les témoins ont-ils été mis au feu intentionnellement ou accidentellement ? De multiples approches ont été développées afin de répondre à ces questions qui constituent une étape incontournable pour l'interprétation des vestiges brûlés, qu'il s'agisse de témoins lithiques, osseux ou de charbons (Barbetti, 1986 ; James, 1989 ; Bellomo, 1993 ; Weiner *et al.*, 2000 ; Preece *et al.*, 2006 ; Goldberg & Sherwood, 2006 ; Costamagno *et al.*, 2009 ; Alperson-Afil, 2012 ; Berna *et al.*, 2012). Mais une troisième problématique, moins manifeste et moins fréquemment abordée dans la littérature, apparaît tout aussi cruciale pour l'interprétation des ensembles osseux brûlés : les ossements ont-ils été thermo-altérés au contact direct ou indirect du feu ?

2. Problématique et portée de l'étude

2.1. Contexte de l'étude

Plusieurs études ont montré que l'irradiation thermique provenant d'un feu peut provoquer l'altération d'ossements enterrés sous le foyer (Stiner *et al.*, 1995 ; Bennett, 1999 ; Lyman, 2001 : 384 ; Asmussen, 2009). Appartenant à des niveaux sous-jacents, ces restes osseux indirectement thermo-altérés correspondent donc à des « dégâts collatéraux » qui n'ont rien à voir avec les modalités de fonctionnement du foyer. Il est par conséquent important d'identifier et d'isoler ces ossements qui peuvent fausser l'interprétation de l'assemblage brûlé étudié. Dans le cas de niveaux en place bien documentés, la distinction

entre les vestiges brûlés dans le feu et les témoins sous-jacents indirectement thermo-altérés peut s'appuyer sur la position des os brûlés par rapport au(x) foyer(s). Mais en l'absence de données spatiales fiables – par exemple dans le cas de niveaux archéologiques perturbés ou de fouilles anciennes mal documentées – seule l'analyse des témoins brûlés eux-mêmes est susceptible d'apporter des éléments de réponse. Comme souvent en archéologie du feu, l'expérimentation apparaît comme le point de départ idéal pour mettre en place une méthode d'identification adaptée.

Deux études expérimentales, menées dans les années 90, ciblent spécifiquement les ossements enterrés sous un foyer. Dans la première, réalisée par Stiner *et al.* (1995), des foyers sont allumés sur une base sédimentaire dans laquelle des ossements frais sont enterrés à différentes profondeurs : 5, 10 et 15 cm sous le niveau du foyer. Chaque combustion est alimentée avec 6 kg de bois local (bois dur méditerranéen). Une fois allumé, le feu n'est pas entretenu et s'éteint naturellement. La durée de la combustion n'est pas indiquée, les auteurs mentionnent seulement que l'allumage est effectué dans la matinée et que le feu s'éteint en début de soirée au plus tard. Les combustions s'étendent donc sur plusieurs heures, mais leur intensité décroît vraisemblablement après une ou deux heures environ en l'absence d'entretien.

Quelques années plus tard, Bennett publie une expérience conçue de façon similaire mais destinée à tester des paramètres supplémentaires : la nature des sédiments sous-jacents et l'état d'altération des ossements enterrés (Bennett, 1999). Deux foyers identiques sont installés, l'un sur des sédiments argilo-limoneux et l'autre sur un sable fin. Deux groupes d'ossements altérés sont testés. Le premier ensemble est constitué d'os modernes issus d'un ramassage de surface, présentant une météorisation relativement faible. Le second est constitué d'os archéologiques provenant de la fouille du gisement de Hayes (Tennessee), présentant une altération plus prononcée. Un fragment de chaque type est disposé à 2, 5, 10, 15, 20 et 25 cm sous chacun des foyers. Des fragments de chaque type sont également placés directement dans le foyer. La combustion est ensuite entretenue durant 48 heures et alimentée avec du bois de Cèdre. Des expériences de contrôle sont effectuées en four afin de préciser l'impact de la température et de la durée d'exposition sur les ossements dans des conditions contrôlées.

Les résultats de ces deux séries d'expériences sont contrastés même s'ils se rejoignent sur certains points. Stiner *et al.* observent que les os enterrés ne dépassent pas le stade de la carbonisation (coloration noire) alors que la majorité des fragments osseux placés directement dans le feu sont totalement calcinés (coloration blanche) en fin d'expérience (Stiner *et al.*, 1995 : 230). L'analyse effectuée par spectroscopie infra-rouge (FTIR) montre par ailleurs que, d'un point de vue minéralogique, l'altération subie par les os carbonisés sous le foyer est identique à l'altération subie par des ossements carbonisés au contact du feu. Les auteurs concluent par conséquent que la différence d'intensité de l'altération colorimétrique constitue la principale distinction entre une thermo-altération directe et indirecte. Les expériences menées par Bennett sur des combustions beaucoup plus longues révèlent cependant que, comme pour les ossements brûlés dans le foyer, l'intensité de l'altération colorimétrique des os enterrés augmente lorsque la durée de combustion se prolonge : en fin d'expérience certains ossements présentent en effet une coloration grise indiquant qu'ils sont en voie de calcination (Bennett, 1999 : 6). Bennett note par ailleurs que les os récents – initialement moins altérés – apparaissent avoir subi une altération thermique plus importante que les ossements archéologiques (Bennett, 1999 : 4).

2.2. Objectifs et cadre de l'étude

Au regard des résultats issus de études de Stiner *et al.* et Bennett, l'intensité de l'altération des ossements, seule, semble constituer un critère insuffisant pour déterminer si un os a

été directement ou indirectement exposé au feu. Une remarque ponctuelle de Bennett attire cependant l'attention. L'auteure relève une particularité qui semble spécifique aux os enterrés : une coloration « continue » (Bennett, 1999 : 7). Ses recherches portant surtout sur l'intensité de l'altération des ossements en relation avec les températures atteintes à différentes profondeurs, Bennett ne s'attarde pas sur cette observation. La possibilité de pouvoir identifier les ossements indirectement thermo-altérés sur la base de la répartition des altérations colorimétriques sur les ossements constitue cependant une piste particulièrement intéressante. C'est pourquoi nous avons décidé d'approfondir la question en incluant cette problématique dans un programme expérimental destiné à améliorer la caractérisation des ossements brûlés.

Initié dans le cadre d'une thèse de doctorat (Smolderen, 2016), ce programme vise à contribuer à l'interprétation des ensembles osseux brûlés en rassemblant une collection expérimentale de référence. Le projet, dans son ensemble, porte sur des ossements frais, secs, altérés, charnus et décharnés, brûlés dans différentes conditions durant des expériences contrôlées et répliquées. Une expérience conçue pour étudier l'altération des ossements enterrés sous un foyer a été menée en novembre 2014. Cette expérience « pilote » était essentiellement destinée à tester la validité du protocole. Elle a néanmoins livré des résultats intéressants que nous avons dès lors choisi de présenter ici, même si ceux-ci devront être vérifiés et approfondis lors d'expériences supplémentaires.

3. Méthode et matériel

L'expérience a été menée dans l'Archéoparc du Musée du Malgré-Tout à Treignes (Viroinval, BE) avec l'aide de membres du Cédarc.

3.1. Protocole expérimental

3.1.1. Matériel

Le matériel osseux utilisé pour l'expérience est composé de deux os longs de Pottok moderne (*Equus ferus caballus*) dont les restes ont été récoltés dans les Pyrénées en 2012. Il s'agit d'ossements secs présentant une météorisation moyenne : surface légèrement fibreuse et aspect rugueux, mais pas de fissures visibles à l'œil nu (stade 2/3 d'après Berhensmeyer, 1978). Les spécimens présentent la coloration blanc-crème typique des os non brûlés. Les deux os sont fragmentés à l'aide d'un percuteur et d'une enclume en quartz, puis répartis en trois lots équivalents de fragments de diaphyses comportant des portions corticales et des portions spongieuses (Fig. 1).

3.1.2. Dispositif expérimental

Afin de simuler l'impact d'un foyer sur des ossements d'occupations antérieures, un cadre en bois de 64 cm x 64 cm est aménagé puis rempli de sédiments (Fig. 1). La matrice sédimentaire utilisée est constituée artificiellement de 50 % de sable de rivière et de 50 % d'argile. Le foyer est installé au sommet du cadre rempli de sédiments. Deux lots d'ossements sont disposés à 5 cm et à 10 cm de profondeur sous le foyer. Le troisième lot est destiné à être mis directement dans le feu au cours de la combustion.

3.1.3. Déroulement de l'expérience

Le feu est alimenté de brindilles et de bûches de bois sec (Pin, Bouleau et Frêne). Dix minutes après l'allumage, le troisième lot d'ossements est mis au feu. La combustion est entretenue pendant 3 h 30. Nous laissons ensuite le feu s'éteindre naturellement pendant la nuit.

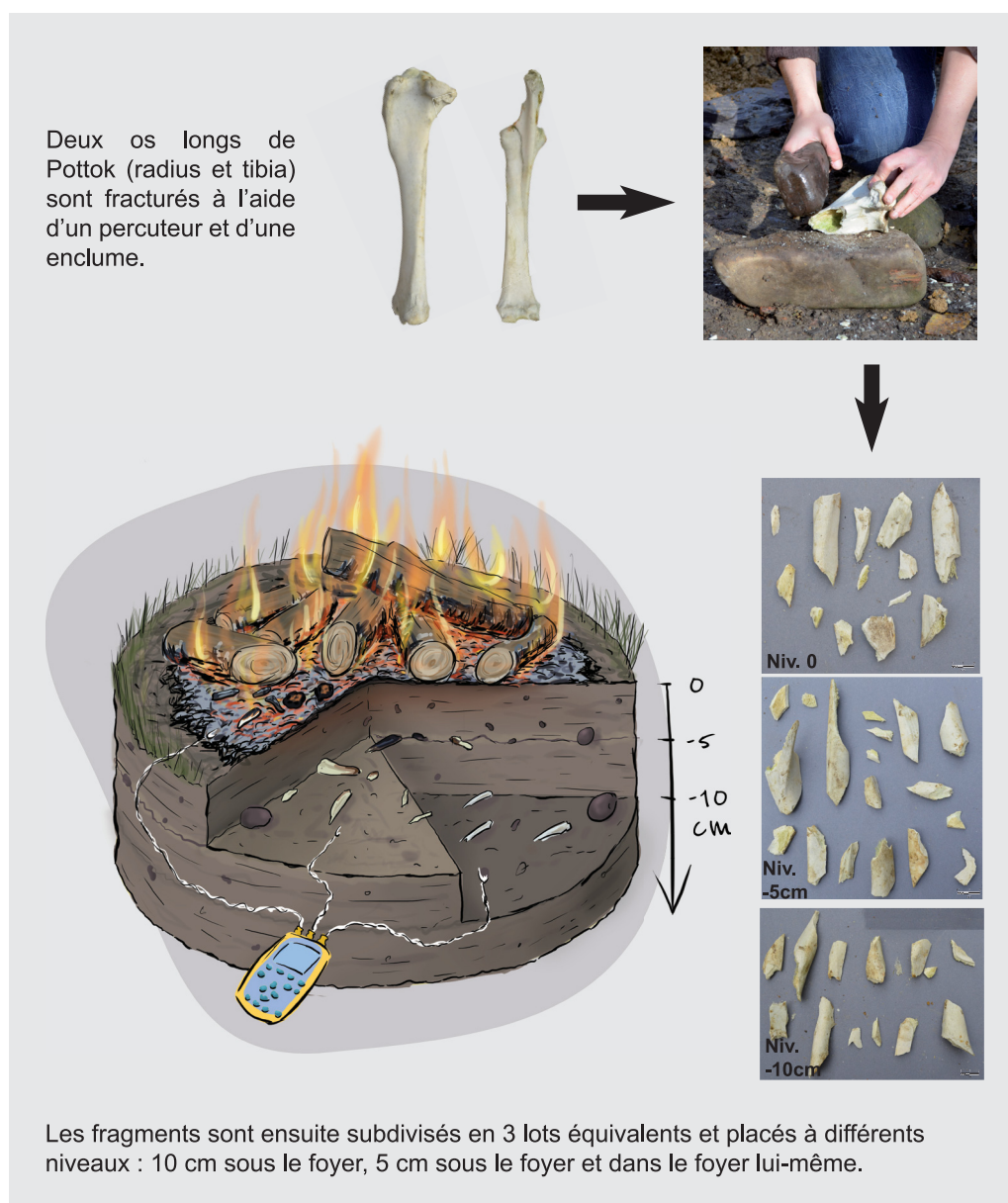


Fig. 1 – Dispositif expérimental.

Le lendemain, un peu plus de 16 h après la fin de l'alimentation en combustible, le carré de sédiment est « fouillé » niveau par niveau afin de récolter les ossements (Fig. 5). Les différents niveaux (niveau de surface, - 5 cm et - 10 cm) sont décrits et photographiés. La répartition des traces d'altération thermique observables sur les sédiments et/ou les ossements est relevée pour chaque niveau.

3.2. Analyse macroscopique des thermo-altérations

Nous avons ensuite procédé à une analyse macroscopique des traces de thermo-altération observables sur les différents lots d'ossements. La coloration, la morphologie et l'état de surface des ossements après la combustion ont été examinés et comparés à leur apparence initiale.

Les critères analytiques et la terminologie utilisés pour la description et l'analyse du matériel ont été définis dans le cadre d'une thèse de doctorat à partir de la collection expérimentale conservée au CEPAM à Nice (Smolderen, 2016). Les restes osseux brûlés composant ce référentiel sont le produit de plus de 30 combustions expérimentales menées par Théry-Parisot et Costamagno dans les années 2000 sur le thème des os brûlés et des

combustibles osseux (Théry-Parisot et al., 2004 ; Théry-Parisot & Costamagno, 2005 ; Théry-Parisot et al., 2005 ; Théry-Parisot et al., 2009 ; Costamagno et al., 2009, 2010).

Type	0	1	2	3	4
Description	non brûlé	en voie de carbonisation	carbonisé	en voie de calcination	calciné
Coloration	blanc-crème	différentes teintes d'orange et de brun	noir	différentes teintes de gris, parfois légèrement rosé ou beige	blanc

Tab. 1 – Système descriptif utilisé pour l'enregistrement de l'altération colorimétrique des ossements.

Pour les changements colorimétriques, un système descriptif subdivisé en cinq types, décrits dans le tableau 1, a été utilisé pour décrire l'intensité de l'altération. Le mode de répartition des couleurs sur les fragments a également été observé. Nous avons par ailleurs relevé la présence de différents types de fissures et de craquelures superficielles ainsi que diverses modifications texturales de la surface corticale des fragments osseux (Fig. 2). Enfin, nous avons porté une attention particulière aux schémas de fragmentation du matériel.

Les types d'altérations morphologiques et texturales

Fissures :

- longitudinales : parallèles à la fibre osseuse
- transversales : perpendiculaires à la fibre osseuse
- fissuration en damier : réseaux de fissures longitudinales et transversales formant un motif en damier
- fissures courbes : fissures suivant une délinéation curvilignes, souvent « empilées » l'une au dessus de l'autre

Fragmentation :

- diaphyse : forme globalement rectangulaire (suit les lignes de fissuration)
- épiphyse et os plats : formes irrégulières
- séparation os compact/os spongieux

Altérations de la corticale :

- patine écailleuse : craquelures très superficielles caractéristiques des épiphyses, les craquellements forment des « écailles » (cellules de formes irrégulières) qui se développent généralement sur des surfaces assez étendues
- délitement : des lamelles osseuses se détachent de la surface corticale de l'os en suivant, le plus souvent, les lignes de fissuration

Altérations texturales :

- os carbonisé (type 2) : résidus carbonisés et texture granuleuse
- os en voie de calcination (type 3) : texture poudreuse
- os calciné (type 4) : texture lisse ou « crayeuse »

Attention ! Si ces correspondances entre types d'altération colorimétriques et texturales sont fréquemment vérifiées sur le matériel expérimental et archéologique, elles ne sont néanmoins pas systématiques !

Fig. 2 – Les différents types d'altérations morphologiques et texturales des os brûlés.

4. Résultats de l'expérience « pilote »

4.1. Les os brûlés dans le foyer

4.1.1. Altération colorimétrique

L'altération colorimétrique des ossements disposés directement dans le feu s'effectue très rapidement. Comme le montrent les clichés pris au cours de l'expérience, un début de carbonisation est perceptible dès les premiers instants et les os sont complètement

noircis après seulement 10 minutes de combustion (Fig. 3). L'entretien du foyer a ensuite conduit au mélange des fragments osseux dans les cendres et les braises, rendant l'observation en cours de combustion impossible.



Fig. 3 – Les fragments osseux placés directement dans le foyer (niveau 0) en cours de combustion : état des os après 1 minute (à gauche) et après 10 minutes (à droite).

En fin d'expérience, lorsque les fragments osseux sont récoltés parmi les cendres, ils présentent une calcination avancée : 100 % des fragments présentent une altération de type 4 au moins partielle et 33 % présentent une calcination totale (Tab. 2 et Fig. 4). Néanmoins, sur les 18 fragments, 3 comportent de petites zones carbonisées résiduelles de forme irrégulière et 11, soit 61 %, présentent des plages grises de type 3 (Fig. 4 a, b, c, e). La présence de ces différentes zones irrégulières de teintes différentes donne aux pièces une allure tachetée.

4.1.2. Altérations morphologiques et texturales

La fragmentation est l'une des formes d'altérations morphologiques les plus flagrantes : 18 fragments ont été récoltés alors que seulement 13 avaient été mis au feu. On note en particulier la séparation systématique de l'os spongieux et de l'os compact. Par ailleurs, sur les 12 fragments corticaux récupérés en fin d'expérience, 33 % comportent des fissures longitudinales, 33 % comportent des fissures transversales et 58 % comportent de fines craquelures superficielles (Fig. 4a). On dénombre également trois cas de délamination partielle. Dans près de 60 % des cas, l'état de surface a été altéré par la combustion : la corticale présente alors une texture crayeuse voire pulvérulente.

Type	0	1	2	3	4
Niv. 0	0 %	0 %	17 %	61 %	100 %
Niv. -5 cm	69 %	75 %	6 %	0 %	0 %

Tab. 2 – Fréquences des différents types d'altérations colorimétriques au sein du lot d'ossements disposés directement dans le foyer (Niv. 0) et à 5 cm de profondeur (Niv. -5 cm).

4.2. Les os enterrés à une profondeur de 5 cm sous le foyer

4.2.1. Altérations colorimétriques

De façon globale, l'intensité de l'altération colorimétrique est bien moins importante au sein de ce niveau (Fig. 6). Quatre fragments sur 16 présentent encore leur coloration initiale (type 0) sur toutes leurs faces. En outre, 69 % des pièces comportent encore au moins une zone présentant cette cou-

leur blanc-crème caractéristique des os non brûlés (Fig. 6e). Néanmoins, 75 % des fragments comportent une altération de type 1 au moins partielle. Une pièce présente par ailleurs une altération un peu plus prononcée matérialisée par un dégradé de couleur allant du beige légèrement orangé (type 1) jusqu'au noir (type 2) (Fig. 6b).

La répartition spatiale de l'altération colorimétrique sur les ossements et sur les sédiments semble indiquer une zone plus intensément touchée située au centre du carré et sont associés à des sédiments noir-cis ou rubéfiés, comme le montre la photo présentée en figure 5. En revanche, les os intacts se trouvent en périphérie, dans des sédiments qui ne sont pas visiblement altérés. Ce gradient de couleur de plus en

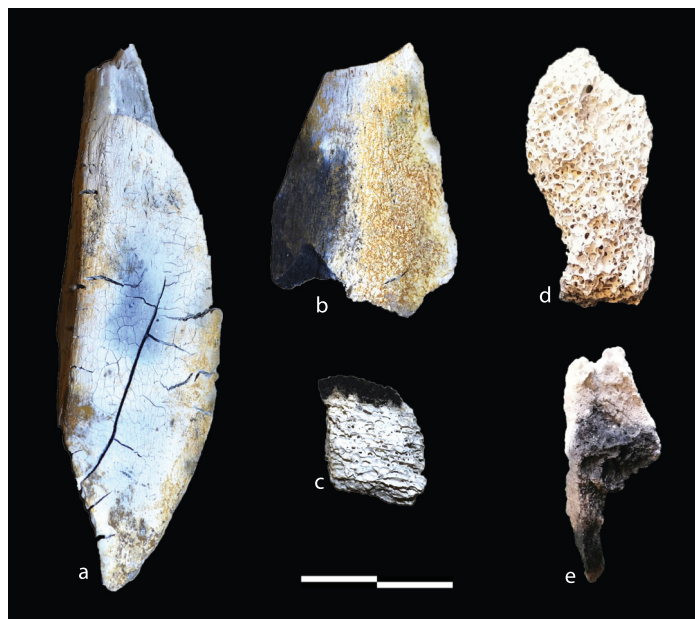


Fig. 4 – Ossements directement exposés au feu (niveau 0).

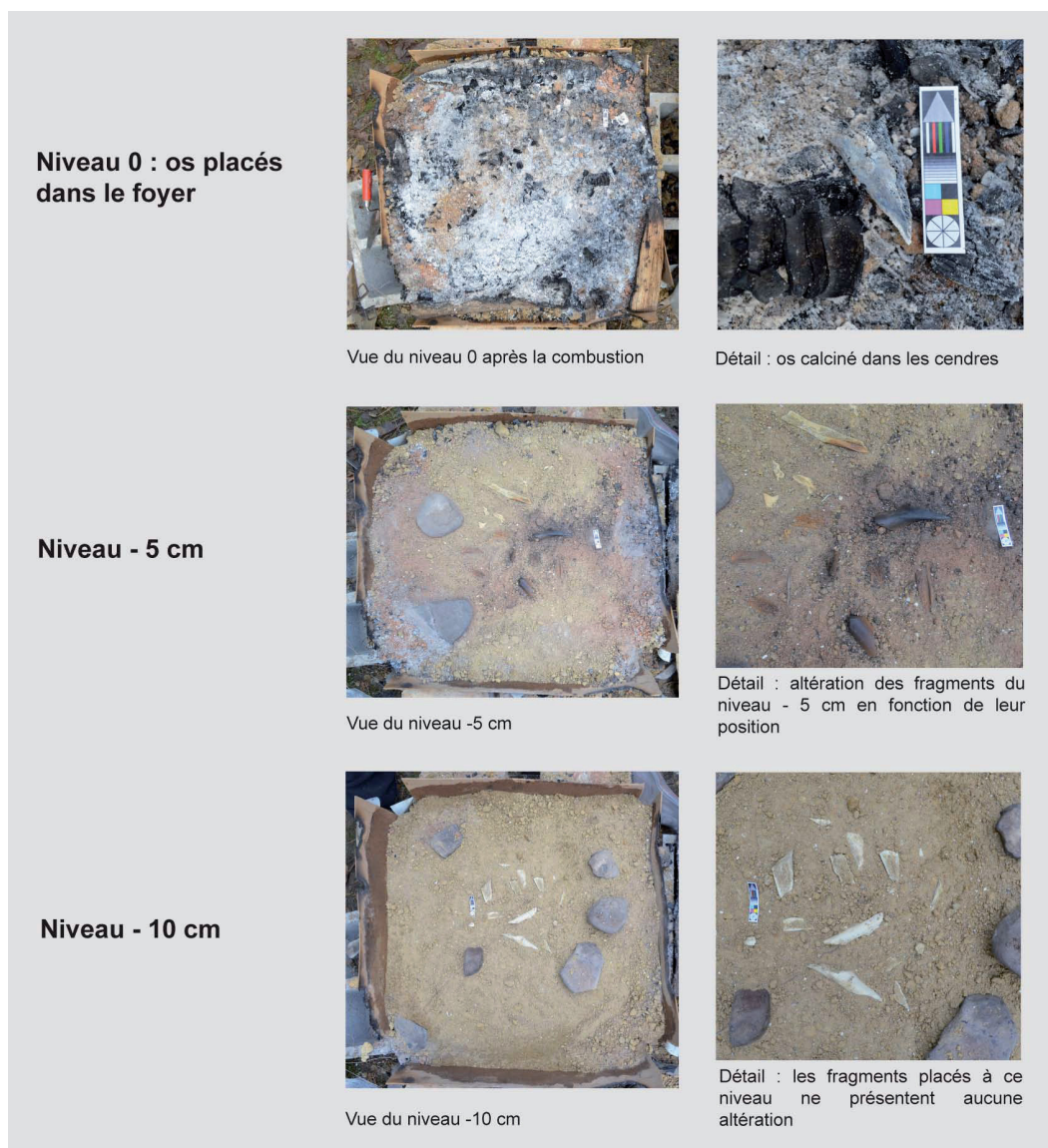


Fig. 5 – Démontage du dispositif.



Fig. 6 – Les ossements enterrés à une profondeur de 5 cm sous le foyer.

plus intense au centre se matérialise également sur certaines pièces individuelles : on observe des dégradés réguliers du jaune-orangé au brun foncé sur plusieurs fragments (Fig. 6 b, d, e). L'orientation de ces dégradés concorde avec l'altération des sédiments : la partie du fragment la plus proche du centre est toujours la plus fortement altérée.

4.2.2. Altérations morphologiques et texturales

Aucune fragmentation n'a été observée. L'os spongieux est fragilisé et s'effrite lorsque les fragments sont manipulés, mais reste globalement attaché à l'os compact. Aucune fissure n'est d'ailleurs observable sur les fragments. L'état de surface n'a pas été visiblement modifié.

4.3. Les os enterrés à 10 cm sous le foyer

Les fragments disposés au niveau le plus profond (10 cm sous le foyer) ne présentent aucune altération colorimétrique, morphologique ou texturale perceptible à l'œil nu (Fig. 7).

5. Discussion

5.1. La régularité de l'altération colorimétrique

Les ossements directement exposés au feu sont soumis à de multiples fluctuations provoquées par les nombreux paramètres intrinsèques et extrinsèques qui influent sur une combustion (voir notamment Canti & Linford, 2000 : 388 ; Théry-Parisot, 2001 : 109). Ceci explique vraisemblablement l'hétérogénéité de l'altération colorimétrique de nombreux fragments placés directement dans le foyer. En effet, 78 % des fragments de ce lot présentent des plages irrégulières de colorations grises, noires et blanches qui leur donnent un aspect tacheté. Par comparaison, les ossements enterrés à 5 cm sous le foyer comportent une altération sinon totalement uniforme du moins régulière et continue. Les dégradés de couleurs réguliers observés sur certaines pièces de ce lot se distinguent très nettement des taches irrégulières détectées sur les fragments directement exposés au feu. La présence de sédiments encaissants semble donc avoir homogénéisé l'altération thermique subie par les ossements.

Cette régularité de l'altération et la présence de ces dégradés de couleurs continus pourraient donc constituer un indice permettant d'identifier les os indirectement thermo-altérés. Néanmoins, il est important de noter que la progression de la calcination

a tendance à uniformiser l'aspect des ossements. Les fragments complètement calcinés présentent en effet une coloration blanche parfaitement homogène sur toutes leurs faces. Pour appliquer ce critère, il est donc nécessaire de prendre en compte l'intensité de l'altération.

5.2. L'intensité de l'altération

Les résultats de cette première expérience confirment l'une des principales observations de Bennett (1999) & Stiner *et al.* (1995) : lorsque les ossements sont enterrés, l'intensité d'altération est nettement atténuée, tant du point de vue colorimétrique que du point de vue morphologique et textural. Malgré une combustion entretenue durant plus de trois heures qui s'est ensuite poursuivie sans entretien pendant de nombreuses heures, aucune fissure, fracture ou altération de la surface corticale n'a en effet été détectée sur les ossements enterrés. En outre, 25 % des restes enterrés à 5 cm ont intégralement conservé leur coloration d'origine et 69 % n'ont été que partiellement altérés. Seul un fragment, enterré à 5 cm de profondeur, a atteint un état de carbonisation. Par comparaison aux fragments directement exposés au feu qui ont tous atteints un stade relativement avancé de calcination, l'altération des ossements enterrés est donc indéniablement plus faible.

Dans le lot enterré à 5 cm sous le foyer, la présence dominante d'altérations de coloration brun-orangé est particulièrement frappante. Ces altérations faibles de type 1 sont non seulement fréquentes au sein de cet ensemble, mais elles se présentent sous forme de plages étendues voire couvrantes. Or ce type d'altération est totalement absent dans le lot de 13 fragments directement exposés au feu. Cette absence totale d'altération de type 1 sur le matériel expérimental brûlé au contact direct du feu s'explique vraisemblablement par la rapidité de la progression de la carbonisation. Au cours de l'expérience, nous avons en effet observé que les fragments mis au feu atteignent un état de carbonisation totale en moins de 10 minutes.

Même si ces résultats doivent évidemment être confirmés par des expériences supplémentaires, ces différentes observations suggèrent que la présence de larges plages régulières d'altération brun-orangé est peu probable dans le cas d'une exposition directe au feu. Par conséquent la présence de telles traces pourrait constituer un critère d'identification des os indirectement thermo-altérés. Cependant, l'expérience menée par Bennett a démontré que l'altération des ossements enterrés dépend en grande partie de la durée de combustion (Bennett, 1999). Il est donc concevable qu'une combustion prolongée ou que l'usage répété d'un même foyer puisse conduire à une altération beaucoup plus prononcée. Dans l'expérience de Bennett, certains os enterrés à moins de 5 cm de la surface présentaient par exemple une coloration grise caractéristique des ossements en voie de calcination après 48 heures de combustion (Bennett, 1999).



Fig. 7 – Les ossements enterrés à une profondeur de 10 cm sous le foyer.

Dans le cas d'une combustion prolongée ou répétée, l'identification semble par conséquent beaucoup plus complexe. Si la présence de larges plages régulières de couleur brun-orangé ou de dégradés mêlant des altérations de types 0, 1 et 2 sur un spécimen semble bien être le signe d'une altération indirecte, l'absence de ces indices ne garantit pas nécessairement que l'ossement ait été directement exposé au feu. En effet, une exposition longue pourrait, à terme, provoquer la calcination totale de l'ossement enterré, le rendant identique à un os calciné au contact du feu. À ce stade, la différenciation des ossements brûlés directement et indirectement ne semble donc possible que lorsque l'intensité de l'altération est modérée, c'est-à-dire dans le cas de combustions de durée moyenne et/ou ponctuelles.

5.3. *Évaluation des résultats et perspectives*

Il est évident que les résultats obtenus ne peuvent être considérés comme définitifs et ce, pour plusieurs raisons. D'une part, les effectifs composant les différents lots d'ossements brûlés dans l'expérience sont beaucoup trop réduits pour que les résultats quantitatifs obtenus puissent être généralisés. D'autre part, de multiples autres paramètres mériteraient d'être évalués : la durée de combustion, le mode d'entretien, la profondeur d'enfouissement, la nature des ossements (éléments squelettiques, espèces) ou encore leur état avant la combustion (frais, secs, altérés, charnus ou décharnés). De nouvelles expériences visant à approfondir ces différentes questions seront entamées prochainement.

Il est néanmoins intéressant de noter que les observations effectuées sur ce matériel semblent confirmées en partie par l'examen de la collection du CEPAM. En effet, parmi les milliers de fragments osseux brûlés au contact direct du feu composant cette collection de référence, les occurrences d'altérations de type 1 sont non seulement très rares mais sont en outre réparties de façon très spécifique sur les fragments. En effet, comme cela a été décrit ailleurs (Smolderen, 2016), les altérations très faibles observées sur ce matériel se présentent presque systématiquement comme des halos orangés en périphérie de zones carbonisées noires. Ces traces ne peuvent donc pas être confondues avec les larges plages régulières brun-orangé observées sur les os enterrés dans notre expérience. Si cette comparaison ne peut bien entendu en aucun cas servir de confirmation définitive, il n'en reste pas moins que les tendances observées lors de notre expérience pilote ne semblent donc pas être dues à une anomalie.

6. *Conclusion*

Les résultats de cette première expérience semblent confirmer ce que les études précédentes suggéraient déjà : l'intensité et la répartition de l'altération colorimétrique constituent vraisemblablement deux critères permettant, dans certains cas au moins, de différencier les os brûlés au contact direct du feu et les os enterrés sous un foyer. Notre étude montre néanmoins que l'interprétation de ces critères est compliquée par leur interdépendance. La régularité de la coloration est en effet en partie influencée par l'intensité de l'altération thermique puisque la calcination a tendance à uniformiser la couleur des fragments brûlés. À ce stade, l'identification ne semble donc pas possible dans le cas d'activités de combustion très intensives.

L'examen des pièces a également permis de préciser un peu plus les caractéristiques spécifiques de la répartition de la coloration sur les os indirectement brûlés. Celles-ci avaient été brièvement évoquées par Bennett mais n'avaient jamais été précisées. En particulier, notre étude met en avant le caractère régulier et continu de la coloration par opposition à l'aspect généralement tacheté des ossements directement exposés au feu.

Nous avons également mis en évidence l'existence de dégradés de couleurs réguliers très distinctifs sur les ossements enterrés.

Même si nos observations nécessitent évidemment d'être confirmées et approfondies, elles laissent donc entrevoir la possibilité d'isoler certains ossements indirectement altérés au sein des assemblages archéologiques brûlés. En offrant la possibilité d'identifier ces ossements susceptibles de « contaminer » le diagnostic, l'approche macroscopique que nous proposons pourrait donc permettre d'améliorer la précision de l'interprétation des témoins brûlés en termes de comportements.

Remerciements

Nous aimerions tout d'abord remercier les membres de l'équipe du musée du Malgré-Tout qui ont non seulement accepté de nous accueillir dans l'Archéoparc pour réaliser l'expérience, mais qui nous ont également apporté leur aide pour la mise en place du dispositif expérimental : en particulier, nous remercions Pierre Cattelain, Antoine Leblon et Michaël Horevoets ainsi que les membres de l'équipe technique du musée. Nous aimerions également remercier Alexandre Duriau et Stéphanie Lozet qui nous ont également aidés lors de la réalisation de l'expérience pilote.

L'une de nous deux, Alison Smolderen, a défendu sa thèse de doctorat. Elle voudrait également exprimer sa reconnaissance envers I. Théry-Parisot et S. Costamagno qui ont accepté de lui donner accès à leur collection expérimentale permettant ainsi de mettre en place les critères analytiques utilisés, notamment, dans cette étude. De façon générale, ce travail, comme les autres volets de ses recherches doctorales, n'aurait pas été possible sans le soutien et les conseils de ses deux directeurs de thèse, E. Warmenbol et I. Théry-Parisot, qu'elle remercie très chaleureusement.

Bibliographie

ALPERSON-AFIL N., 2012. Archaeology of fire : methodological aspects of reconstructing fire history of prehistoric archaeological sites. *Earth-Science Reviews*, 113 : 111-119.

ASMUSSEN B., 2009. Intentional or incidental thermal modification? Analysing site occupation via burned bone. *Journal of Archaeological Science*, 36 : 528-536.

BARBETTI M., 1986. Traces of fire in the archaeological record, before one million years ago? *Journal of Human Evolution*, 15 : 771-781.

BELLOMO R., 1993. A methodological approach for identifying archaeological evidence of fire resulting from human activities. *Journal of Archaeological Science*, 20 : 525-553.

BENNETT J., 1999. Thermal alteration of buried bone. *Journal of Archaeological Science*, 26 : 1-8.

BEHRENSMEYER A. K., 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4 : 150-162.

BERNA F., GOLDBERG P., HOROWITZ L., BRINK J., BAMFORD M. & CHAZAN M.,

2012. Microstratigraphic evidence of in situ fire in the acheulean strata of Wonderwerk cave, Northern Cape Province, South Africa. *Proceeding of the National Academy of Sciences* : 1215-1220.

BOSCH M., NIGST P., FLADERER F. & ANTLWEISER W., 2012. Humans, bones and fire : zooarchaeological, taphonomic, and spatial analysis of a Gravettian mammoth bone accumulation at Grub-Kranawetberg (Austria). *Quaternary International*, 252 : 109-121.

BRAIN C., 1993. The occurrence of burnt bones at Swartkrans and their implications for the control of fire by Early Hominids. In : Brain C. (dir.), *Swartkrans, A cave's chronicle of Early Man*, Transvaal Museum Monograph, n° 8 : 230-242.

BRAIN C. & SILLEN A., 1988. Evidence from the Swartkrans cave for the earliest use of fire. *Nature*, 336 : 464-466.

BUIKSTRA J. & SWEGLE M., 1989. Bone modification due to burning : experimental evidence. In : Bonnischen R. & Sorg M. (éd.), *Bone modification*, Orono, Center for the Study of the First Americans, Institute for Quaternary Studies of the University of Maine : 247-258.

- CAIN C., 2005. Using burned animal bone to look at Middle Stone Age occupation and behavior. *Journal of Archaeological Science*, 32 : 873-884.
- CANTI M. & LINFORD N., 2000. The effects of fire on archaeological soils and sediments: temperature and colour relationships. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 66 : 385-395.
- COSTAMAGNO S., THÉRY-PARISOT I., CASTEL J.-C. & BRUGAL J.-P., 2009. Combustible ou non ? Analyse multifactorielle et modèles explicatifs sur des ossements brûlés paléolithiques. In : Théry-Parisot I., Costamagno S. & Henry A. (dir.), *Gestion des combustibles au Paléolithique et au Mésolithique. Nouveaux outils, nouvelles interprétations. Actes du XV^{ème} congrès de l'UISPP, session WS21 (Lisbonne, 4-9 sept. 2006)*, Oxford, BAR International Series, S1914 : 65-84.
- COSTAMAGNO S., THÉRY-PARISOT I., KUNTZ D., BON F. & MENSAN R., 2010. Impact taphonomique d'une combustion prolongée sur des ossements utilisés comme combustibles. In : Théry-Parisot I., Chabal L. & Costamagno S. (éd.), *Taphonomie des résidus organiques brûlés et des structures de combustion en milieu archéologique. Actes de la table ronde de Valbonne (27-29 mai 2008)*, CEPAM-UMR 6130, *P@lethnologie*, 2 : 173-187.
- DAVID B., 1990. How was this bone burnt? In : Solomon S., Davidson I & Watson D. (éd.), *Problem solving in taphonomy: archaeological and paleontological studies from Europe, Africa and Oceania*, Saint Lucia (Brisbane, AU), University of Queensland : 65-79.
- GERBE M., 2010. L'action des agents atmosphériques (weathering) sur des ossements brûlés : approche expérimentale. In : Théry-Parisot I., Chabal L. & Costamagno S. (éd.), *Taphonomie des résidus organiques brûlés et des structures de combustion en milieu archéologique. Actes de la table ronde de Valbonne (27-29 mai 2008)*, CEPAM-UMR 6130, *P@lethnologie*, 2 : 189-201.
- GILCHRIST R. & MYTUM H., 1986. Experimental archaeology and burnt animal bone from archaeological sites. *Circaea*, 4/1 : 29-38.
- GOLDBERG P. & SHERWOOD S., 2006. Deciphering human prehistory through the geoarchaeological study of cave sediments. *Evolutionary Anthropology*, 15 : 20-36.
- HANSON M. & CAIN C., 2007. Examining histology to identify burned bone. *Journal of Archaeological Science*, 34 : 1902-1913.
- HÉRISSON D., 2012. *Étude des comportements des premiers Néandertaliens du Nord de la France. Les occupations saaliennes des gisements de Biache-Saint-Vaast et de Therdonne*. Ville-neuve d'Ascq, Thèse de doctorat, Université de Lille 1 : 502 p.
- JAMES S., 1989. Hominid Use of Fire in the Lower and Middle Pleistocene : A Review of the Evidence. *Current Anthropology*, 30 : 1-26.
- LEBON M., 2010. Caractérisation des ossements chauffés en contexte archéologique : étude comparative de matériel moderne et fossile par spectroscopie infrarouge. In : Théry-Parisot I., Chabal L. & Costamagno S. (éd.), *Taphonomie des résidus organiques brûlés et des structures de combustion en milieu archéologique. Actes de la table ronde de Valbonne (27-29 mai 2008)*, CEPAM-UMR 6130, *P@lethnologie*, 2 : 149-162.
- LYMAN L. R., 2001. *Vertebrate taphonomy*. Cambridge, Cambridge University Press, Cambridge Manuals in Archaeology : 528 p.
- NICHOLSON R., 1993. A morphological investigation of burnt animal bone and an evaluation of its utility in archaeology. *Journal of Archaeological Science*, 20 : 411-428.
- PREECE R., GOWLETT A., PARFITT S., BRIDGLAND D. & LEWIS S., 2006. Humans in the Hoxnian : habitat, context and fire use at Beeches Pit, West Stow, Suffolk, UK. *Journal of Quaternary Science*, 21 : 485-496.
- REICHE I., 2010. Hétérogénéités de la composition chimique de la structure des ossements archéologiques provenant du site néolithique de Chalain 19 (Jura, France) induites pas la chauffe et la diagénèse. In : Théry-Parisot I., Chabal L. & Costamagno S. (éd.), *Taphonomie des résidus organiques brûlés et des structures de combustion en milieu archéologique. Actes de la table ronde de Valbonne (27-29 mai 2008)*, CEPAM-UMR 6130, *P@lethnologie*, 2 : 133-148.
- RILLARDON M. & BRACCO J.-P., 2010. Réflexion sur le potentiel de conservation des os brûlés à partir du matériel de Saint-Antoine (Vitrolles, Hautes-Alpes). In : Théry-Parisot I., Chabal L. & Costamagno S. (éd.), *Taphonomie des résidus organiques brûlés et des*

- structures de combustion en milieu archéologique. Actes de la table ronde de Valbonne (27-29 mai 2008), CEPAM-UMR 6130, *P@lethnologie*, 2 : 203-214.
- ROSELL J., CÁCERES I., BLASCO R., BENNASAR M., BRAVO P., CAMPENY G. & SALADIÉ P., 2012. A zooarchaeological contribution to establish occupational patterns at level J of Abric Romani (Barcelona, Spain). *Quaternary International*, 247 : 69-84.
- SHAHACK-GROSS R., BERNA F., KARKANAS P., LEMORINI C., GOPHER A. & BARKAI R., 2014. Evidence for the repeated use of a central hearth at Middle Pleistocene (300 ky ago) Qesem Cave, Israel. *Journal of Archaeological Science*, 44 : 12-21.
- SHIPMAN P., FOSTER G. & SHOENINGER M., 1984. Burnt bones and teeth : an experimental study of color, morphology, crystal structure and shrinkage. *Journal of Archaeological Science*, 11 : 307-325.
- SMOLDEREN A., 2016. *Cinquante nuances de noirs. Problèmes de diagnostic en archéologie du feu : études de cas du Bassin Mosan belge au MIS3*. Bruxelles, Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles : 420 p.
- STINER M., KUHN S., WEINER S. & BAR-YOSEF O., 1995. Differential burning, recrystallization, and fragmentation of archaeological bone. *Journal of Archaeological Science*, 22 : 223-237.
- THÉRY-PARISOT I., 2001. *Économie des combustibles au Paléolithique. Expérimentation, taphonomie, anthracologie*. Paris, Éditions du CNRS, Dossier de documentation archéologique, n° 20 : 195 p.
- THÉRY-PARISOT I. & COSTAMAGNO S., 2005. Propriétés combustibles des ossements, données expérimentales et réflexions archéologiques sur leur emploi dans les sites paléolithiques. *Gallia Préhistoire*, 47 : 235-254.
- THÉRY-PARISOT I., BRUGAL J.-P., COSTAMAGNO S. & GUILBERT R., 2004. Conséquences taphonomiques de l'utilisation des ossements comme combustible. Approche expérimentale. *Les Nouvelles de l'Archéologie*, 95 : 19-22.
- THÉRY-PARISOT I., COSTAMAGNO S., BRUGAL J.-P. & GUILBERT R., 2005. The use of bone as fuel during the Palaeolithic, experimental study of bone combustible properties. In : Mulville J. & Outram A. (éd.), *The zooarchaeology of milk and fats, 9th ICAZ conferences in Durham (2002)*, Oxford, Oxbow Books : 50-59.
- THÉRY-PARISOT I., COSTAMAGNO S., BRUGAL J.-P., CASTEL J.-C., GERBE M., BOURBY L. & GUILBERT R., 2009a. La question des os brûlés dans les sites du Paléolithique. Un programme d'archéologie expérimentale en taphonomie. *Nouvelles de l'archéologie*, 118 : 31-36.
- WEINER S., BAR-YOSEF O., GOLDBERG P., XU Q. & LIU J., 2000. Evidence for the use of fire at Zhoukoudian. In : Dong W. (éd.), *Proceedings of 1999 Beijing International Symposium on Paleoanthropology*, Beijing, China Ocean Press, *Acta Anthropologica Sinica*, suppl. 19 : 218-223.

Résumé

Plusieurs études ont montré que les ossements enterrés sous un foyer peuvent être indirectement impactés par irradiation thermique (Stiner *et al.*, 1995 ; Bennett, 1999 ; Lyman, 2001 : 384 ; Asmussen, 2009). Simples « dégâts collatéraux », ces os indirectement altérés peuvent fausser l'interprétation des assemblages brûlés et il est par conséquent important de pouvoir les différencier des ossements brûlés au contact direct du feu. Si cela s'avère relativement aisé dans le cas de niveaux en place bien documentés, cette tâche représente un véritable défi lorsque les témoins ne sont pas en place ou que les données contextuelles font défaut. Dans cet article, nous présentons les premiers résultats d'une étude expérimentale visant à définir des critères macroscopiques permettant de reconnaître une thermo-altération indirecte. Si d'autres expériences sont prévues pour préciser certains aspects, les résultats obtenus lors d'une combustion expérimentale « pilote » permettent déjà de dégager quelques pistes. L'examen du matériel issu de cette première expérience permet en effet de préciser les caractéristiques spécifiques de la répartition de la coloration sur les os indirectement brûlés.

Mots-clés : Archéologie du feu, os brûlés, archéologie expérimentale, thermo-altérations.

Abstract

Studies have shown that bones buried in sediments beneath hearths can be indirectly impacted by thermal induction (Stiner *et al.*, 1995 ; Bennett, 1999 ; Lyman, 2001 : 384 ; Asmussen, 2009). In a way, these indirectly thermo-altered bones only constitute "collateral damage" and can thus distort the interpretation of burned bone assemblages. Consequently, it is important to be able to distinguish these bones from bones burned in direct contact with the fire. If this can prove relatively easy in the case of well preserved and well documented archaeological levels, the task can be a real challenge when the artefacts are not *in situ* or when the contextual data is imprecise and/or unreliable. In this paper we present the preliminary results from an experimental study aimed at identifying macroscopic traits that point to indirect thermo-alteration. Although other experiments will be needed to specify certain aspects, interesting observations have been drawn from a first « pilot » experiment. The examination of the remains from this experiment has enabled us to identify some specific macroscopic characteristics of indirectly altered bones.

Keywords: Fire archaeology, burned bones, experimental archaeology, thermo-alterations.

Alison SMOLDEREN
Université de Liège, Service de Préhistoire
7, place du 20 Août, Bât. A1
BE - 4000 Liège
&
Équipe GRENES (CEPAM) UMR 7264 /
Gestion des Ressources Naturelles, Environnements et Sociétés
alison.smolderen@gmail.com

Elodie-Laure JIMENEZ
Université Libre de Bruxelles
Centre de Recherche en Archéologie et Patrimoine
50, avenue Franklin Roosevelt
BE - 1050 Bruxelles
&
Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique
DO Terre et Histoire de la Vie, Homme et environnements du Quaternaire
29, rue Vautier
BE - 1000 Bruxelles
elodielaurejimenez@yahoo.fr
elodie-laure.jimenez@naturalsciences.be

Landschappelijk, verkennend en waarderend archeologisch booronderzoek ter hoogte van de mesolithische vindplaats Sint-Kruis-Winkel-*Spanjeveer* (Gent, Oost-Vlaanderen, BE)

Yves PERDAEN, Alexander CATTRYSE,
Simon CLAEYS & Sophie SANDOR

1. Inleiding

Naar aanleiding van de bouw van twee nieuwe voetbalterreinen met bijbehorende accommodatie en parking aan de Barkstraat in Sint-Kruis-Winkel (Gent) heeft ADEDE in samenwerking met BAAC Vlaanderen een archeologisch vooronderzoek uitgevoerd in het ca. 2,4 ha groot projectgebied (Fig. 1).

Rekening houdend met de landschappelijke ligging van het projectgebied, op de zuidelijke flank van een zandrug nabij de noordwestelijke uitloper van een laatglaciaal meer, de Moervaartdepressie, is de kans op het aantreffen van vindplaatsen uit de steentijden zeer hoog. Dergelijke locaties zijn immers bijzonder in trek geweest wegens het gevarieerde biotoop en de bijgevolg grote variatie aan voedselbronnen. In het verleden zijn op de zandruggen langsheen de randen van dit meer dan ook meerdere steentijdsites

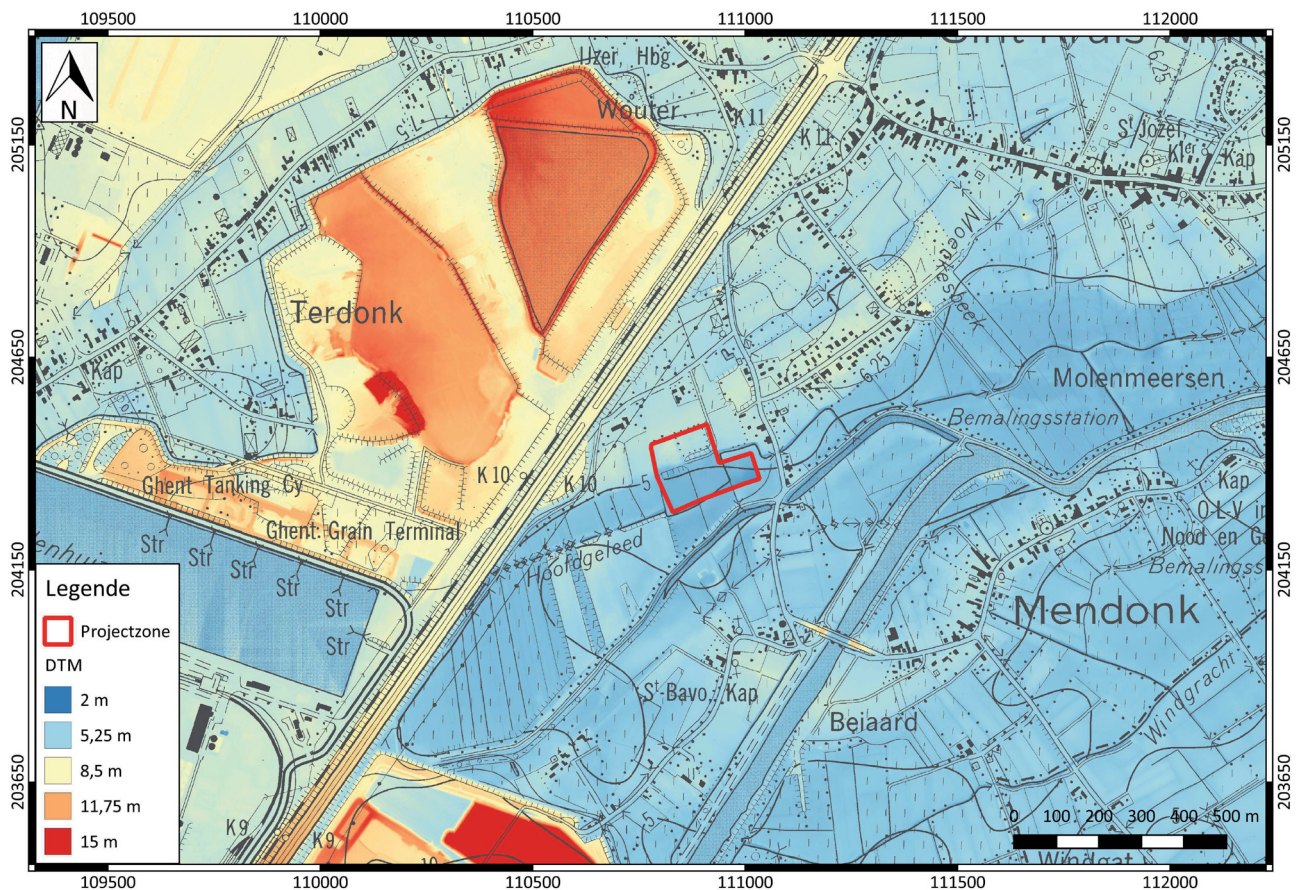


Fig. 1 – Topografische kaart van het projectgebied.

aangetroffen (Van Vlaenderen et al., 2006). Eén hiervan, SKW-Spanjeveer (CAI 32187; Van Vlaenderen et al., 2006: 140-148), is gelegen in de noordwestelijke hoek van het projectgebied. Als gevolg van deze aanwezigheid adviseerde het agentschap Onroerend Erfgoed voorafgaand aan de werken een landschappelijk- en archeologisch booronderzoek, gevolgd door een proefsleuvenonderzoek.

De aanpak doorheen het projectgebied verschilt al naar gelang de topografie en bodemgesteldheid. De percelen die deel uitmaken van de zandrug en op de bodemkaart gekarteerd staan als matig droge tot zeer droge zandgronden met een verbrokkelde humus en/of ijzer B-horizont (Zah & Zch) zijn meteen aan een waarderend archeologisch booronderzoek onderworpen. De laaggelegen terreinen, op de bodemkaart als natte of sterk gleyige klei of lemig zand zonder profielontwikkeling (Efp & Sep) aangeduid, zijn eerst nog aan een landschappelijk en verkennend archeologisch booronderzoek onderworpen (Fig. 2). In huidig artikel worden de belangrijkste resultaten met betrekking tot het booronderzoek toegelicht. Voor meer details, evenals de resultaten van het proefsleuvenonderzoek, verwijzen we naar het rapport (De Smaele et al., 2016).

2. Het booronderzoek

2.1. De zandrug

Archeologisch booronderzoek wordt in Vlaanderen regelmatig gebruikt voor het opsporen en waarden van steentijdvindplaatsen (o.m. Bats et al., 2006; Crombé & Meganck, 1996; Perdaen et al., 2008; Van Gils & De Bie, 2006). In ideale omstandigheden door-



Fig. 2 – Orthofoto van het projectgebied met aanduiding van de verschillende boorpunten per fase.

loopt het archeologisch booronderzoek twee fases. In de eerste fase tracht men de aanwezige vindplaatsen op te sporen door in een relatief ruim driehoeksgrid te bemonsteren. In de tweede fase worden de eventueel getroffen vindplaatsen verder geëvalueerd door het grid te vernauwen. Hierdoor verkrijgt men niet alleen een beter beeld van de omvang en de gaafheid van de vindplaats(en); in een aantal gevallen is het zelfs mogelijk een eerste, voorlopige, datering naar voor te schuiven.

Aangezien de aanwezigheid van een vuursteenvindplaats (SKW-Spanjeveer) op de zandrug in het projectgebied reeds door oppervlaktekartering was vastgesteld is de fase van het verkennend archeologisch booronderzoek hier achter wege gelaten en meteen gestart met een waarderend archeologisch booronderzoek; in dit geval in een 5 x 5 m grid.

In totaal zijn op de rug 404 boringen gezet (Fig. 2). Initieel was het de bedoeling zowel de bouwvoor als het onderliggende zand te bemonsteren om na te gaan hoeveel van de vindplaats reeds in de bouwvoor was opgenomen. Echter, reeds vanaf de eerste boring bleek tussen de bouwvoor en de top van het zandsubstraat op de meeste plaatsen nog een (sterk) heterogeen pakket aanwezig te zijn. Toen na enkele boringen duidelijk werd dat dit pakket heel wat recent materiaal bevatte (o.m. landbouwfolie en bouwpuin) is afgezien van de verdere bemonstering van zowel de bouwvoor als dit pakket. Vanaf dan is enkel nog de top van het *in situ* zand bemonsterd.

De monsternamen zijn gebeurd d.m.v. een spiraalboor van het type edelman (Ø 15 cm). Steeds zijn twee tot drie boorkoppen van het de top van het zandsubstraat ingezameld. Hierdoor wordt iets meer dan bovenste 20 cm bemonsterd. Dit met als doel de verticale spreiding van de vondsten – die in de zandgronden onder invloed van onder andere bioturbatie, *trampling* e.d. vaak aanzienlijk is (o.m. Bubel, 2003) – op te vangen en aldus de trefkans te verhogen.

2.2. De alluviale vlakte

2.2.1. Landschappelijk booronderzoek

Voor de lager gelegen percelen is door middel van een landschappelijk booronderzoek nagegaan in hoeverre op deze percelen nog afdgedekte steentijdvindplaatsen kunnen worden aangetroffen. Het landschappelijk booronderzoek is uitgevoerd met behulp van zowel een spiraalboor (type Edelman met Ø 7 cm; bij zandige sedimenten) als guts (bij venige of kleiige sedimenten). De guts heeft als voordeel dat hiermee ongestoorde, 1 m lange, monsters kunnen worden genomen. Deze laten toe naast kleur, textuur, paleontologische resten, mineralen, bodemkenmerken en de resultaten van biologische en/of chemische processen ook de sedimentaire structuren te identificeren wat de reconstructie van de paleo-omgeving in belangrijke mate vergemakkelijkt. Steeds is minimaal tot ca. 120 cm–mv geboord waarvan minimaal 30 diep in het zandsubstraat. In totaal zijn 40 landschappelijke boringen gezet in een 20 x 20 m grid (Fig. 2).

2.2.2. Verkennend archeologisch booronderzoek

Aangezien het landschappelijk booronderzoek duidelijk had gemaakt dat ter hoogte van deze laaggelegen percelen een relatief gaaf bodemprofiel aanwezig was (zie verder) is overgegaan tot een verkennend archeologisch booronderzoek in een 10 x 10 m grid. Net zoals bij het waarderend archeologisch booronderzoek is hiervoor gebruik gemaakt van een spiraalboor van het type edelman met Ø 15 cm en zijn twee tot drie boorkoppen van het de top van het zandsubstraat ingezameld. In totaal zijn op deze manier 125 boorlocaties bemonsterd (Fig. 2).

Gezien de relatief lage ligging van de bemonsterde percelen, aan de rand van, maar binnen de overstromingsvlakte van de Moervaart/Kale/Durme, gaan we er van uit dat de te verwachten vindplaatsen bestaan uit kleine, kortstondig bewoonde, kampementen of specifieke activiteit zones van voornamelijk jagers-verzamelaars (bv. slachtplaatsen). In tegenstelling tot de zandrug hebben we hier vermoedelijk niet te maken met een sitecomplex dat is opgebouwd uit verschillende bij elkaar aansluitende en/of overlappende vondstconcentraties, maar eerder met kleine, discrete vondstconcentraties in de orde van 15-25 m² of mogelijk nog kleiner, en met een al bij al beperkte vondstdensiteit. Dergelijke kleine concentraties kunnen bij een 10 x 10 m boorgrond statistisch gezien gemist worden. Anderzijds denken we wel dat indien dergelijke concentraties in het projectgebied aanwezig zijn, deze zullen worden opgepikt. In dit opzicht volstaat één positieve boorlocatie voor het opsporen van een vuursteenvindplaats. Daarnaast wordt bij een lage vondstdensiteit (minder dan 167 vondsten/m²) vaak aangeraden om het monstervolume te vergroten (bv. Boordiameter 20 cm; Tol *et al.*, 2004: 50-51). Dit is gezien de fysieke belasting bij handmatig boren (zeker in overstromingsgebieden met venige en/of kleiige sedimenten) echter niet wenselijk. Bovendien is uit eerder onderzoek in alluviale gebieden gebleken dat zelfs bij gebruik van een kleinere boordiameter (Ø 10 cm) het mogelijk is vindplaatsen met een lage tot zeer lage vondstdensiteit (5-80 vondsten/m²) op te sporen (Perdaen *et al.*, 2011).

2.2.3. Waarderend archeologisch booronderzoek

Wegens de aanwezigheid van een aantal positieve boringen (zie verder) is overgegaan

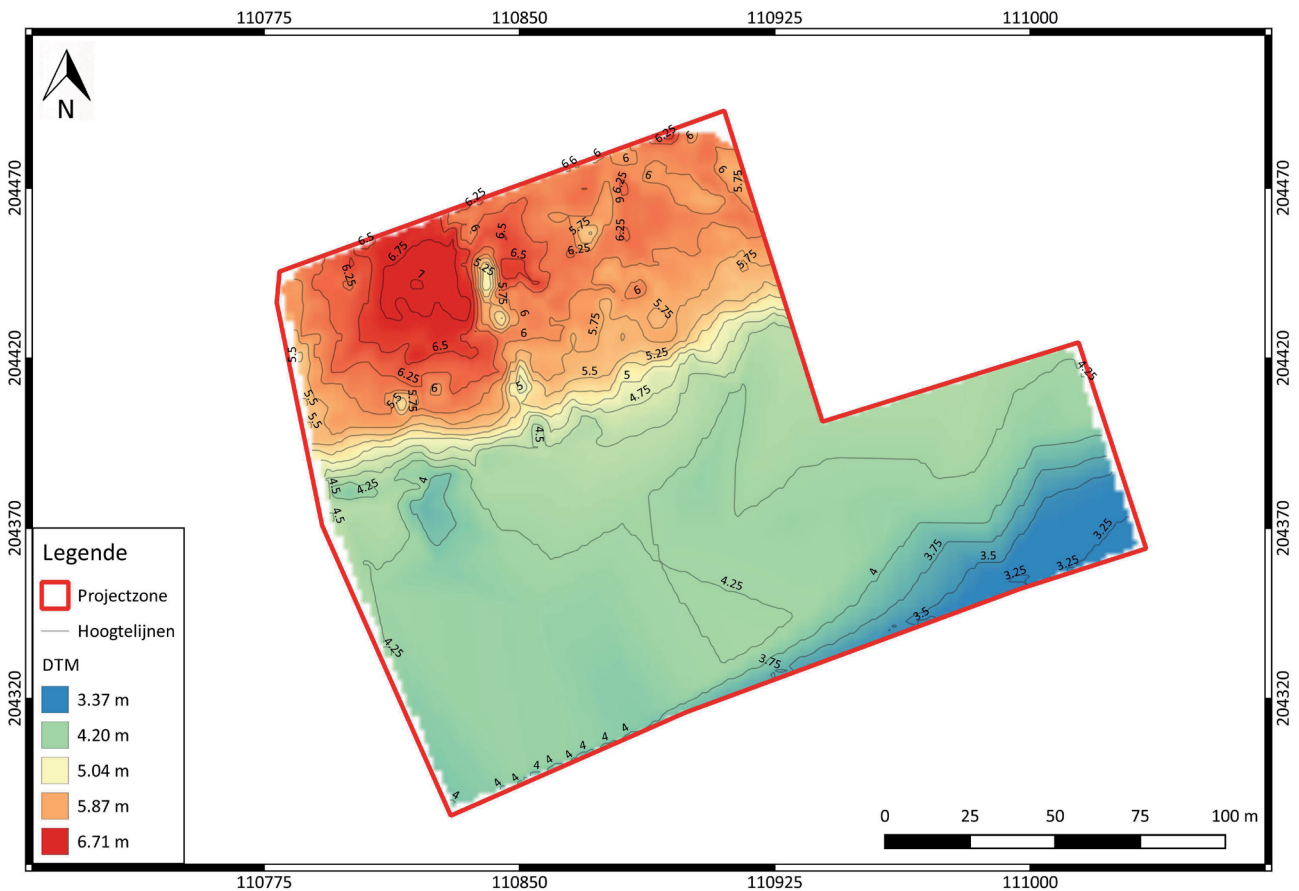


Fig. 3 – Digitaal terreinmodel van het zandsubstraat.

tot een waarderend archeologisch booronderzoek. Vaak wordt ervoor gekozen om het grid enkel ter hoogte van de positieve boring(en) te verdichten i.p.v. over de gehele zone met eenzelfde archeologisch potentieel (bv. een zandrug). Hierdoor bestaat het gevaar dat de overige kleine vindplaatsen in het projectgebied, die tijdens het verkennend archeologisch booronderzoek eventueel door de mazen van het boorgrid zijn geglipt, over het hoofd worden gezien. Dit leidt op zijn beurt tot onevenwichtige uitspraken over het projectgebied in zijn geheel (Ebert, 1992). Rekening houdend met de kostprijs, in vergelijking met de standaard aanpak, ligt een dergelijke werkwijze in een commercieel gestuurde archeologie echter niet voor de hand. In het projectgebied is daarom gekozen voor een meer pragmatische benadering die het midden houdt tussen beide werkwijzen. Er is voor gekozen om de standaard buffer van 5 m rond de positieve boorlocatie(s) te verdubbeld tot 10 m. Deze aanpak laat toe de positieve boorlocaties iets ruimer te evalueren en kan daarbij als een voorzichtige *case study* gelden voor het gehele laaggelegen gebied.

De klemtoon is daarbij gelegd op tweekleine zones rond B.055 en B.105/B.106. Bijkomend onderzoek ter hoogte van B.110 en B.120 is achterwege gelaten wegens de beperkte ruimte voor verder onderzoek (beide boorpunten bevinden zich aan de rand van het projectgebied) en de matige gaafheid van de bodem ter hoogte van deze locaties. Concreet komt het er op neer dat ter hoogte van B.055 een zone van 400 m² (20 x 20 m) is onderzocht; ter hoogte van B.105/B.106 een zone van 600 m² (20 x 30 m). Alles samen zijn 39 bijkomende boringen gezet (Fig. 2). De monsternamen is wederom op dezelfde manier gebeurd.

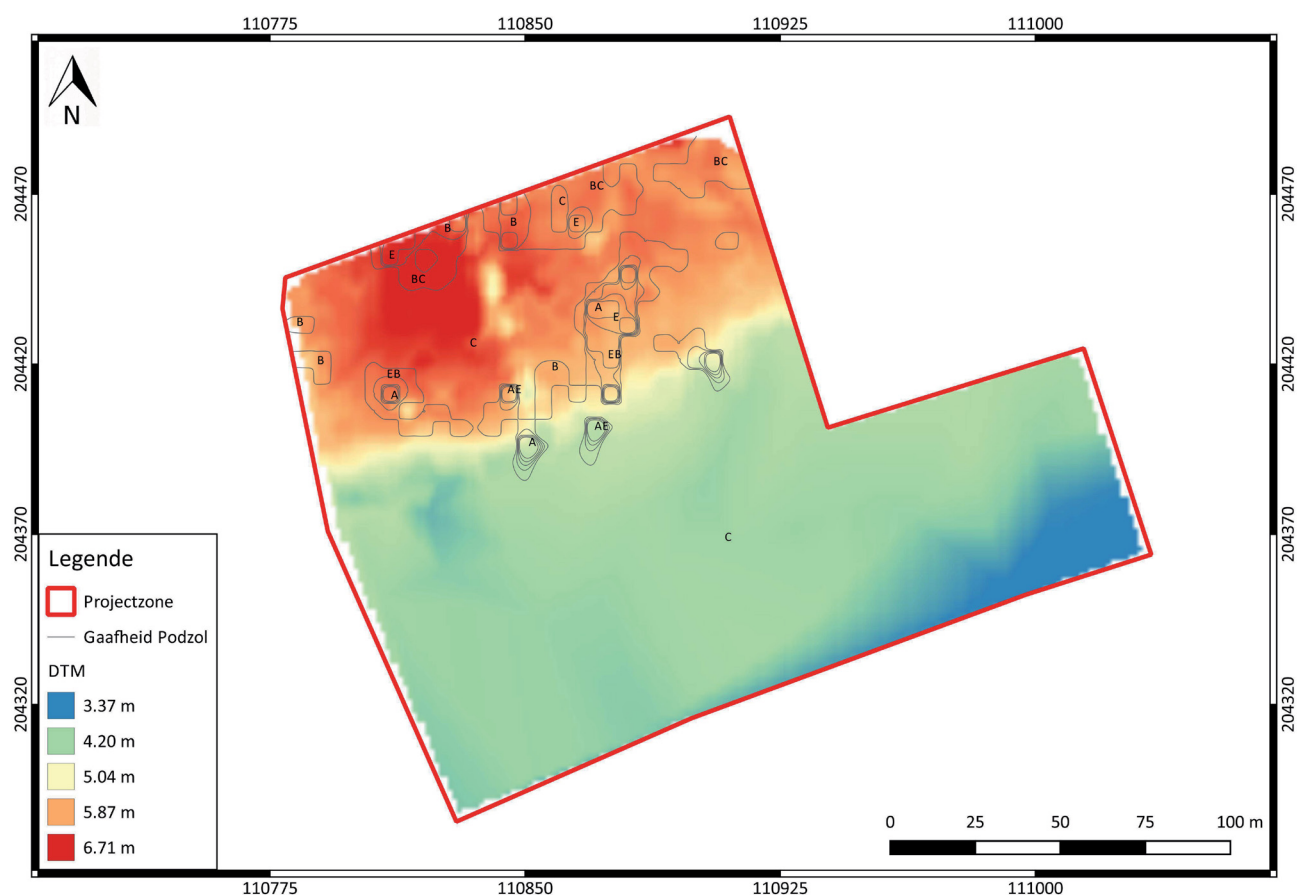


Fig. 4 – Digitaal terreinmodel van het zandsubstraat met daarop de zones met een bewaarde podzol geprojecteerd.

Horizont	n	%
C	260	64,4
BC	49	12,1
B	70	17,3
EB	1	0,3
E	14	3,5
EA	2	0,5
A	8	2
	404	100,1

Tab. 1 – Gaafheid bodem per boorlocatie.

3. Resultaten

3.1. Bodem

3.1.1. De zandrug

In algemene termen bestaat de bodemopbouw ter hoogte van de zandrug uit: (1) de bouwvoor (Ap), (2) een sterk heterogeen pakket (Ap2) – dat op basis van het proefsleuvenonderzoek als diepgronden wordt geïnterpreteerd (De Smaele et al., 2016) – en (3) het zandsubstraat (Fig. 3). Van belang is vooral dat in het topgedeelte van dit zand op verschillende plaatsen nog resten van een podzolbodem aanwezig zijn. Deze resten zijn vooral op de flanken van de zandrug aangetroffen; ter hoogte van de top hebben we bijna overal met een A-C profiel te maken (Fig. 4). Op de flanken varieert de bodem van een BC-bodem, waarbij enkel nog de onderkant van de podzol aanwezig is, tot een quasi intacte podzolbodem met een E-, AE- en hier en daar zelfs nog een A-horizont. Binnen de bewaring van deze bodemhorizonten is eveneens heel wat variatie mogelijk. Zo is ter hoogte van sommige boorlocaties nog slechts 2-3 cm van de basis van de E-horizont bewaard gebleven. Op ander plaatsen ontbreekt de E-horizont maar is de B-horizont nog zeer dik met daarbinnen een duidelijke tweedeling (vermoedelijk een Bh- en Bs-horizont) wat er op lijkt te wijzen dat de B-horizont nog intact is. Hoewel de E-horizont hier ontbreekt is de bodemgaafheid op deze plaatsen dus nauwelijks slechter. Alles samen is op iets meer dan 1/3^{de} van de bemonsterde locaties (n = 144; 35,7 %) nog een (al dan niet gedeeltelijk bewaard gebleven) podzolbodem vastgesteld (Tab. 1).

3.1.2. De alluviale vlakke

De profielopbouw ter hoogte van de lager gelegen percelen in het zuiden van het projectgebied wijkt iets meer af van het beeld dat uit de bodemkaart naar voor komt. De kleiige afzettingen waarvan op de bodemkaart sprake is zijn hier met uitzondering van de zuidoostelijke hoek beperkt tot de bouwvoor. Aan de voet van de zandrug is dit pakket trouwens nog vrij zandig en is er eerder sprake van kleihoudend tot kleiig zand. Daaronder vinden we in het oosten van het projectgebied een dun (ca. 15-25 cm) sterk zandig heterogeen pakket dat enige overeenkomsten vertoont met het herwerkt pakket op de zandrug. Vervolgens treffen we over quasi het volledige gebied een dun pakket (5-10/15 cm) humeuze tot sterk venige klei/veen aan dat soms een veraarde indruk maakt. Ten slotte, op een diepte van ca. 25-40 cm – mv tot 50-70 – mv is op de meeste plaatsen geoxideerd zand aangeboord. Bodemvorming is in dit zand nergens waargenomen. Op de plaatsen met een sterk kleiige afdekking is het zand in het topgedeelte in aantal gevallen gecompacteerd en is lokaal sprake van reductieverschijnselen. Enkel in de onmiddellijke nabijheid van de slootkanten is geen gaaf bodemprofiel vastgesteld. Hier is sprake van een relatief diepe verstoring die in verband te brengen is met het herhaaldelijk uitkuisen van de sloten. Daarnaast dient te worden opgemerkt dat de grens tussen de humeuze klei en het onderliggend zandsubstraat op bepaalde plaatsen zeer scherp is waardoor de vraag kan worden gesteld of de top van het zand lokaal toch niet geërodeerd is. In het uiterste zuidoosten zijn onder het veenpakket nog enkele kleiige afzettingen aanwezig voor ook hier het zandsubstraat wordt bereikt. Vermoedelijk is hier de aanzet van een geul aangesneden.

Samenvattend kan worden gesteld dat de bodemkundige observaties tijdens het booronderzoek de gegevens uit de bodemkaart niet tegenspreken, maar wel in belangrijke mate bijstellen en nuanceren. Met betrekking tot de zandrug blijken over ongeveer 1/3^{de} van het onderzochte oppervlakte nog restanten een podzolbodem aanwezig te zijn. Het

gaat hierbij overwegend om een B/BC-horizont, maar bij 24 boringen (6 %) bleek de podzolbodem quasi intact (met een E- en zelfs een A-horizont). Dit opent perspectieven met betrekking tot de bewaring van eventueel aanwezige steentijdvindplaatsen in het projectgebied (zie verder). De podzolbodem is met name in het oosten en langs de flanken van de zandrug aangetroffen. De top is duidelijk afgetopt. Jammer is dat de aanwezige podzol vermoedelijk nog niet zo heel lang geleden ten dele is vernietigd door grondverzet, daarop wijst de aanwezigheid van landbouwfolie in het herwerkte pakket.

Met betrekking tot de lager gelegen terreinen hebben we kunnen vaststellen dat de dikte van de overstromingssedimenten beperkt is (ca. 20-30 cm), en vooral te vinden zijn in de bouwvoor. Eronder bevindt zich een dun venig pakket (ca. 10-15 cm) waarna, met uitzondering voor het uiterste zuidoosten van het projectgebied, we reeds op een diepte van amper 40-50 cm–mv op het zandsubstraat stoten. In de zuidoostelijk hoek van het projectgebied zijn we vermoedelijk op een geul gestoten, hier duikt het zand relatief snel naar een diepte van ca. 140/160 cm–mv duidelijke sporen van erosie ontbreken.

3.2. De vondsten

Alle monsters zijn in plastic emmers naar de zeefinstallatie getransporteerd en nat gezeefd over mazen van 1 mm. Alhoewel het zeven van de monsters over een grotere maaswijdte (3-4 mm) eveneens voldoende is voor het detecteren van vindplaatsen, blijkt het toepassen van een fijnere maaswijdte (1-2 mm) te resulteren in een belangrijke meerwaarde op vlak van de waardering en de ruimtelijk afbakening van de vindplaats(en) (Bats *et al.*, 2006). Het zeefresidu is in plastic containers verzameld en, na het drogen bij kamertemperatuur, handmatig en met het blote oog uitgezocht op de aanwezigheid van zowel directe (bewerkt vuursteen, natuursteen, aardewerk,...) als indirecte archeologische (houtskool, bot, macroresten, enz.) indicatoren.

3.2.1. De zandrug

Vuursteen

Niet minder dan 93 boorlocaties (23 %) hebben vuursteenartefacten opgeleverd, samen goed voor 228 vondsten. Tellen we hierbij ook de oppervlaktevondsten die tijdens het veldwerk zijn opgemerkt (n = 5), de vuursteenvondsten uit het herwerkte pakket (Ap2; n = 40) en het proefsleuvenonderzoek (n = 2) dan komen we uit op een totaal van 275

	Top zand		Ap2		Opp. vondsten		Proefsleuven		Totaal	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
Niet gemodificeerd										
Schilfers	207	90,8	32	80					239	86,9
Afslag(fragment)en	10	4,4	6	15	3	60			19	6,9
(Micro)kling(fragment)en	7	3,1	2	5	1	20			10	3,6
Kernen										
Kernvernieuwing	1	0,4							1	0,4
Brokstukken	2	0,9							2	0,7
Gemodificeerd										
Werktuigen	1	0,4			1	20	2	100	4	1,5
Werktuigproductie										
Totaal	228	100	40	100	5	100	2	100	275	100

Tab. 2 – Typologische samenstelling vuursteenvondsten.

vondsten (Tab. 2). Alleen de boorvondsten zullen bij de verdere analyse worden betrokken. De overige vondsten leveren geen bijkomende informatie op met betrekking tot de gaafheid en ruimtelijke afbakening van de vindplaats aangezien het om verplaatst materiaal gaat.

De aangetroffen vondsten bestaan voor het merendeel uit chips (n = 207; 90,8 %; Tab. 2). Strikt genomen vallen onder deze term enkel de afhakingen die als bijproduct van de vuursteenbewerking gelden (Newcomer & Karlin, 1987). In de praktijk wordt deze definitie minder strikt gevolgd en worden alle kleine, niet getoucheerde vuursteenartefacten met een lengte onder 1 cm onder deze term opgenomen, dus ook materiaal dat om andere redenen is gefragmenteerd (bv. door verbranding). Dit hoge aandeel aan chips hoeft niet te verwonderen; vuursteensites bestaan voor ca. 80-90 % uit chips, bovendien is booronderzoek gericht op het opsporen van deze kleine resten. Dat ze in dergelijke hoge aantallen in het projectgebied aanwezig zijn kan een aanwijzing vormen voor vuursteenbewerking ter plaatse.

Afslagen (n = 10; 4,4 %) en (micro)klingen (n = 7; 3,1 %) volgen op de tweede en derde plaats. Kernen zijn in de monsters niet aangetroffen. Artefacten die met de kernvoorbereiding of kernvernieuwing in verband kunnen worden gebracht wel, al gaat het om slecht één artefact: een slagvlakrandafslag. Werktuig(fragment)en zijn eveneens slechts één maal aangetroffen. Het betreft een matig verbrand, mediaal microklingfragment (>10 x 13 x 2 mm) in een fijnkorrelige donkergrijze vuursteen met een driehoekige doorsnede en min of meer parallelle ribben en randen. Eén van de partieel bewaard gebleven boorden is duidelijk steil getouchéerd. Op deze boord zijn nog vier retouches zijn zichtbaar. Het verloop van deze afgestompte boord staat in een hoek van ca. 45 à 60°

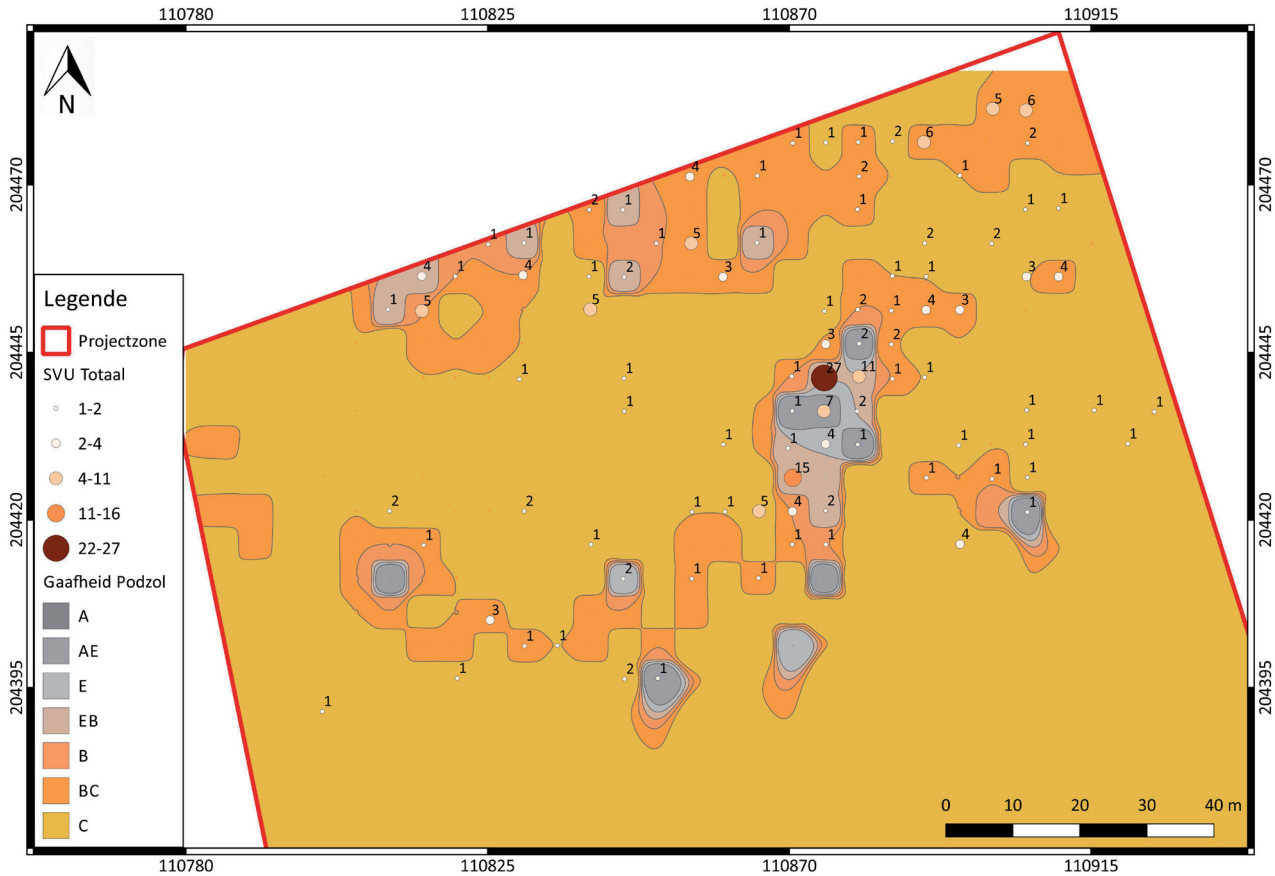


Fig. 5 – Spreiding vuursteenvondsten in relatie tot de podzolbodem.

ten opzichte van de niet geretoucheerde tegenoverliggende boord. Hieruit leiden we af dat we hoogstwaarschijnlijk met een microlietfragment hebben te maken. Rekening houdend met de punthoek en de relatieve breedte van de microkling is kans klein dat het een driehoek of spits met afgestompte boord betreft. Het zal eerder gaan om een spits met schuine afknotting of een trapezium.

Tot slot vermelden we nog twee brokstukken. In beide gevallen gaat het om onverbrande artefacten die onder invloed van interne scheuren zijn gefragmenteerd.

De vuursteenartefacten zijn over zowat de volledige oppervlakte van de zandrug aangetroffen (Fig. 5). In de spreiding van de positieve boorlocaties vallen een aantal duidelijke clusters op te merken. Met name in het noorden en het oosten van de zandrug komen een aantal grote tot zeer grote clusters voor die opgebouwd zijn uit meerdere naast elkaar liggende positieve boorlocaties. In westelijke richting lijkt de clustering en vondstdensiteit iets af te nemen. Geïsoleerde positieve boorlocaties komen hier iets vaker voor, maar zijn ook in de westelijke helft eerder uitzondering dan regel. Het heeft er alle schijn van dat de grenzen van de vindplaats niet zijn bereikt en deze zich ten dele buiten het projectgebied bevinden. Deze observaties zijn niet onbelangrijk in het licht van de verdere ontwikkeling van het gebied. Daarbij moet wel een kanttekening worden geplaatst: de terreinen onmiddellijk te noorden en ten oosten van de zandrug liggen een stuk lager. Dit hoogteverschil kan slechts ten dele verklaard worden door een eventuele ophoging (de zgn. diepgronden) van het terrein ter hoogte van het projectgebied. Enkel toekomstig onderzoek kan hierop een antwoord bieden.

Het aantal vondsten per monster varieert sterk, zowel binnen de verschillende clusters als binnen de groep van de geïsoleerd gelegen positieve boorlocaties. Monsters met slechts één vuursteenvondst vormen de meerderheid binnen beide groepen ($n = 53$; 57 %; Tab. 3). Naarmate het aantal artefacten per monster toeneemt zien we een sterke daling wat betreft het aantal boorlocaties. Monsters met zes of meer vondsten komen nauwelijks voor. Slechts drie monsters hebben meer dan 10 vondsten opgeleverd, met respectievelijk 11, 15 en 27 vondsten. Het is duidelijk dat op deze locaties vuursteenconcentraties zijn aangeboord. Bovendien liggen twee van deze boorlocaties op amper 5 meter van elkaar. De kans is dan ook groot dat ze deel uitmaken van één en dezelfde vuursteenconcentratie.

n/B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	>10	Totaal
n	53	16	5	8	5	2	1				3	93
%	57	17,2	5,4	8,6	5,4	2,1	1,1				3,2	100

Tab. 3 – Aantal vuursteenvondsten per boorlocatie.

De derde boorlocatie (met 15 vondsten) ligt eerder geïsoleerd. Mogelijk is hier een relatief kleine vondstconcentratie aangeboord. Toevallig of niet gaat het in de drie gevallen om locaties waar het podzolprofiel nog relatief gaaf is (de E-horizont is minimaal nog ten dele bewaard).

Een duidelijke relatie tussen de vondstaantallen en de gaafheid van de bodem is echter niet altijd eenduidig vast te stellen. Monsters met 1, 2, 3, 4 of 5 vuursteenvondsten worden overal aangetroffen, ongeacht de gaafheid van de bodem. Gaan we echter naar 6 vondsten per monster, dan dient minimaal de B-horizont aanwezig te zijn. Nog meer vondsten per monster (7 tot 27 artefacten) zijn enkel op locaties met een nog aanwezige E- of A-horizont aangetroffen.

	n	n pos	%
C	260	24	9,2
BC	49	17	34,7
B	70	32	45,7
EB	1		
E	14	12	85,7
EA	2	1	50
A	8	7	87,5

Tab. 4 – Aantal positieve boorlocaties per bodemhorizont.

In absolute aantallen leveren vooral de locaties met een nog aanwezige B-horizont de meeste positieve boorlocaties op, gevolgd door locaties met een C- en een BC-horizont (Tab. 4). Kijken we echter naar het percentage aan positieve boorlocaties per bodemhorizont dan zien we een duidelijke toename naarmate ook de gaafheid van de bodem toeneemt.

Bot

Onverbrand bot is een aantal keer opgemerkt in het zeefresidu, maar hieraan is geen verdere aandacht geschonken. In een zure zandgrond blijft onverbrand bot niet zeer lang bewaard. Een relatie met de aanwezige prehistorische vondsten kan dan ook worden uitgesloten. Gecalcineerd bot bewaart, net als houtskool of verkoolde macroresten (hazelnootdoppen, graankorrels, enz.), wel zeer lang. Het is op 21 boorlocaties (5,2 %) aangetroffen; samen leveren ze 26 fragmenten op. Met uitzondering van een drietal boorlocaties (met respectievelijk 2, 2 en 4 fragmenten) gaat het steeds om individuele fragmenten¹. In de spreiding van de positieve boorlocaties lijkt een duidelijke clustering te ontbreken (Fig. 6). Het gaat dus om geïsoleerd liggende individuele fragmenten. Enkel B.209 en B.210 liggen bij elkaar. Toevallig of niet gaat het om twee locaties waar meerdere botfragmenten zijn aangetroffen. De kans dat ze tot eenzelfde structuur (bv. haard) behoren is klein aangezien er toch 5 m tussen beide zit. De aanwezigheid van gecalcineerd bot kan wel een aanwijzing vormen voor de aanwezigheid van haarden, met name wanneer er een duidelijke associatie is met de verbrande vuursteen, de verkoolde hazelnootdoppen en het aanwezige houts-

1 De botresten uit B.337 bestaan uit verschillende mogelijke tandfragmenten die samen zijn opgenomen.

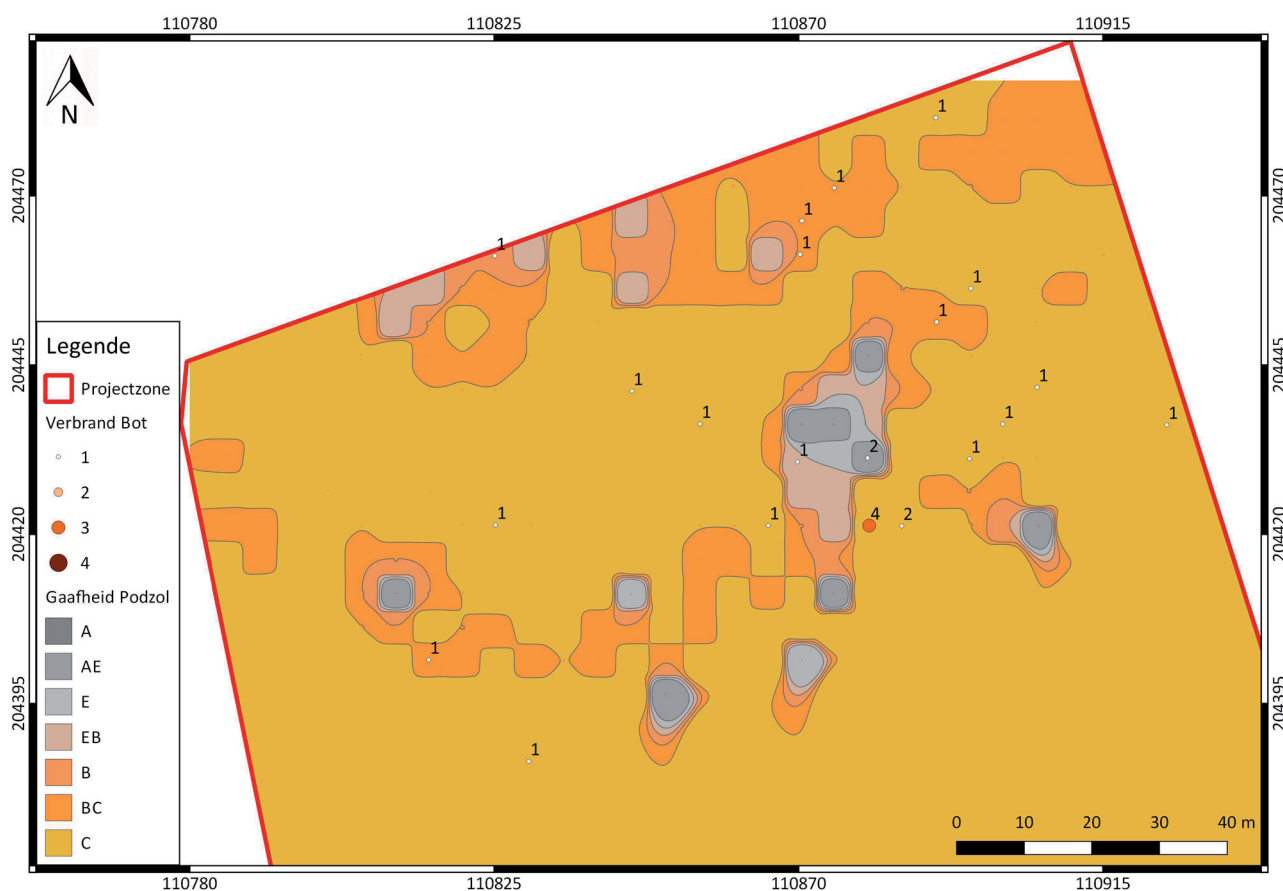


Fig. 6 – Spreiding gecalcineerd bot in relatie tot de podzolibodem.

kool (Sergant *et al.*, 2006). Een dergelijke associatie is in Sint-Kruis-Winkel niet vastgesteld. In meer algemene termen zien we in het globale verspreidingspatroon wel enige overeenkomsten met de strooiing van het vuursteen. Kijken we iets meer in detail dan zien we dat bij 8 van de 21 positieve boorlocaties naast gecalcineerd bot ook vuursteen is aangetroffen. Slechts bij drie van deze monsters (B.165, B.168, B.170) betreft het verbrande vuursteen, zij het steeds één enkele chip. De directe associatie tussen gecalcineerd bot en verbrande vuursteen is dus zeer zwak.

Houtskool en macroresten

Houtskool is in zowat elk zeefresidu aangetroffen. Duidelijke concentraties (monsters met zeer veel houtskool) ontbreken. We hebben hier vermoedelijk met natuurlijk in de bodem voorkomend houtskool te maken. Maar daarnaast moet ook rekening worden gehouden met contaminatie (o.m. door bioturbatie) vanuit het bovenliggende ophogingspakket waar houtskool in grote hoeveelheden voorkomt.

Zaden en pitten zijn eveneens verschillende keren opgemerkt, maar nergens lijkt het om verkoold materiaal te gaan, met uitzondering van een niet nader gedetermineerd fragment in B.345 en B.078. In dit laatste monster is dit fragment trouwens in combinatie met vier verbrande chips aangetroffen.

Niet onbelangrijk is de vondst van een groot fragment van een verkoold hazelnootdop in B.351. In hetzelfde monster is ook een afslag aangetroffen, wat de kans op een relatie met de prehistorische aanwezigheid groter maakt. In tegenstelling tot de chip in B.078 is de afslag niet verbrand.

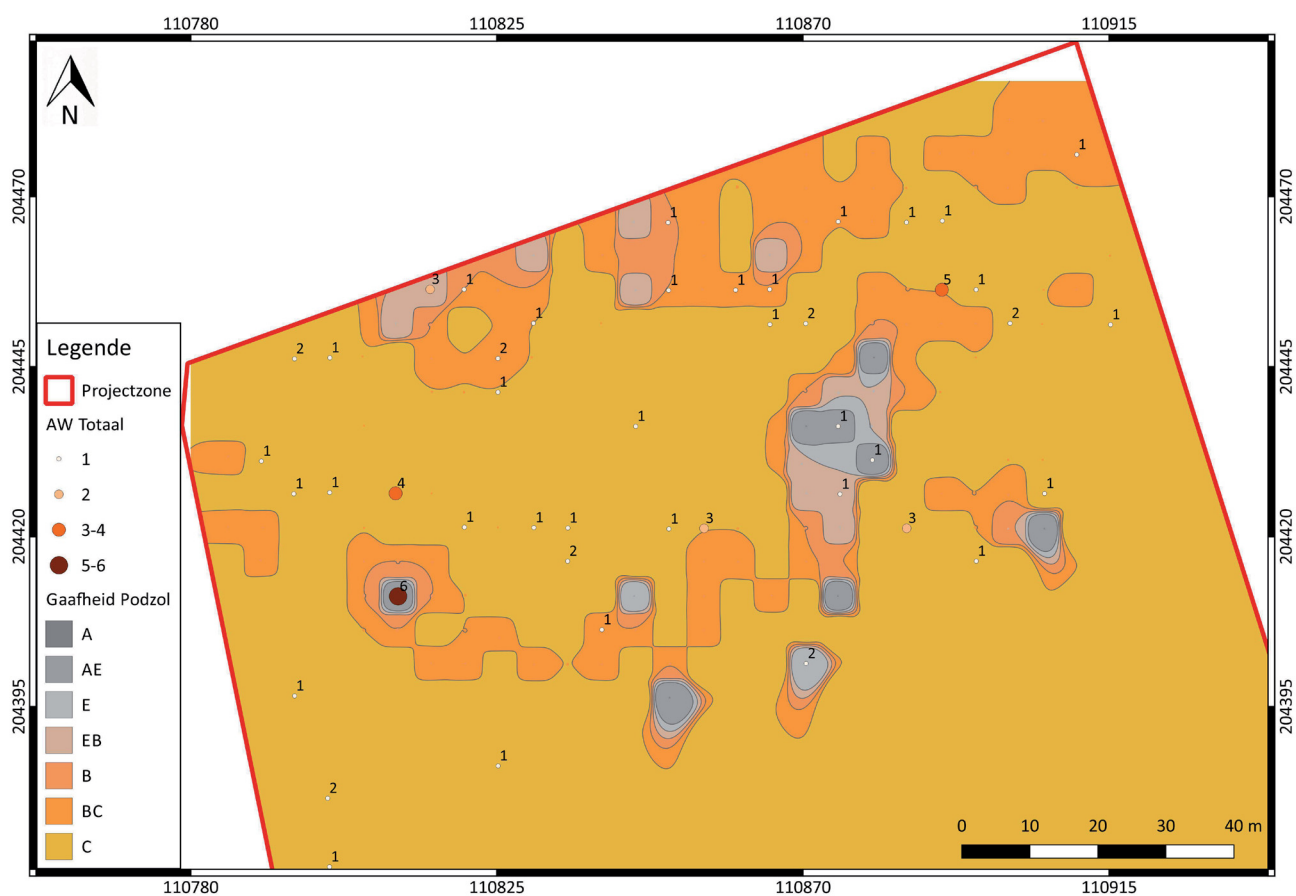


Fig. 7 – Spreiding aardewerk in relatie tot de podzolbodem.

Aardewerk

Het waarderend archeologisch booronderzoek heeft ook heel wat aardewerkfragmenten² opgeleverd. In totaal hebben 45 boorlocaties scherven opgeleverd, samen goed voor 84 vondsten (Fig. 7). Een aantal van deze vondsten (n = 28) was echter te klein voor een nadere determinatie, maar ook onder de iets grotere vondsten moet de datering in een aantal gevallen met de nodige omzichtigheid worden benaderd. Met betrekking tot de prehistorische bewoning op de rug is vooral de aanwezigheid van handgevormd aardewerk van belang. Het is in niet minder dan 13 boormonsters aangetroffen (n = 24), maar op een enkele vondst na worden deze fragmenten, zij het onder voorbehoud, in de Romeinse tijd gesitueerd. Scherven die met zekerheid aan een prehistorische aanwezigheid in verband kunnen worden gebracht ontbreken.

3.2.2. De alluviale vlakte

Verkennd archeologisch booronderzoek

Tijdens het verkennd archeologisch booronderzoek is vuursteen op vijf boorlocaties (4 %) aangetroffen. Het gaat hierbij om een microklingfragment (6 x 10 x 1 mm; B.055) en vier chips. Geen enkel stuk is verbrand. Volledigheidshalve dienen we nog twee kleine verbrande splinters te vermelden, maar het antropogeen karakter van deze vondsten staat niet vast.

2 Dank aan Olivier Van Remoorter (BAAC Vlaanderen) voor de determinatie van het aardewerk.

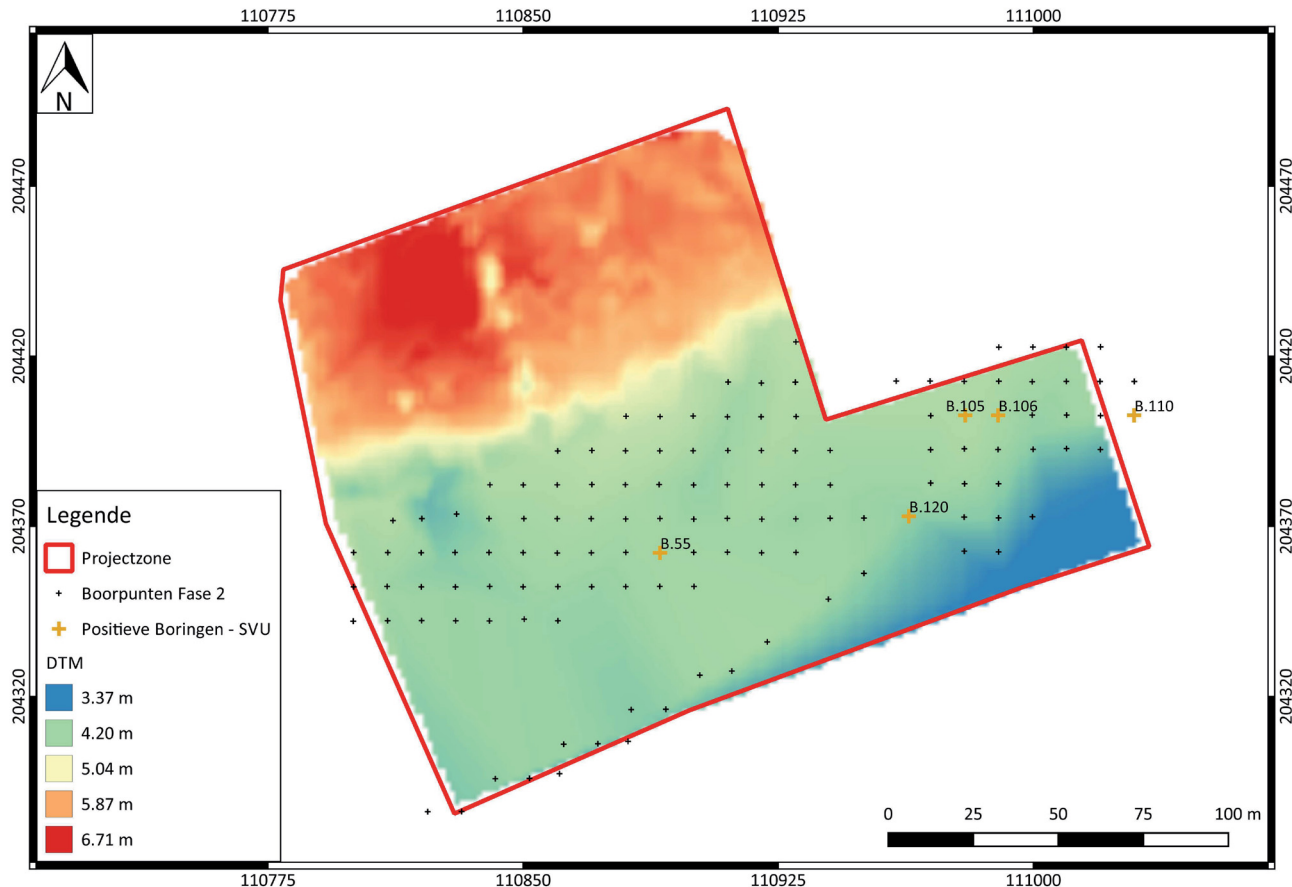


Fig. 8 – Spreiding vuursteenvondsten (10 x 10 m grid).

Kijken we naar de spreiding van deze vondsten dan merken we op dat het microklingfragment geïsoleerd ligt, min of meer centraal in de westelijke helft van het projectgebied. De overige vondsten zijn alle aangetroffen op het oostelijke perceel (Fig. 8), maar vertonen ook binnen dit perceel slechts een zwakke clustering. Enkel B.105 en B.106 zijn naast elkaar gelegen. Houden we rekening met de eerder beperkte oppervlakte van een prehistorische nederzetting, dan kunnen we stellen dat mogelijk meerdere vuursteensites zijn aangeboord. Elke positieve boorlocatie kan theoretisch betrekking hebben op een individuele site. Over de aard en datering van de sites moeten we vaag blijven. Het lage vondstaantal in combinatie met het ontbreken van aanwijzingen voor haarden (afwezigheid van zowel gecalcineerd bot, verkoolde hazelnootdoppen als verbande vuursteen) zou kunnen wijzen op *off-site* activiteiten, maar het kan ook zijn dat enkel de periferie van de vondstconcentraties is aangeboord. Het microklingfragment lijkt een mesolithische datering voor de vondsten te suggereren, maar ook dit is zeer hypothetisch.

Waarderend archeologische booronderzoek

Zoals hoger aangegeven is het waarderend archeologisch booronderzoek beperkt gebleven tot twee kleine zones van respectievelijk 400 m² (rond B.055) en 600 m² (rond B.105/B.106). Van de in totaal 39 waarderende archeologische boringen heeft slechts één (B.177) een vondst opgeleverd, nl. een potlid.

Kijken we naar de spreiding van de positieve boringen (Fig. 9) dan merken we op dat rond het microklingfragment (B.055) in de zuidwestelijke zone geen bijkomende vondsten zijn aangetroffen. Het microklingfragment ligt nog steeds geïsoleerd, ondanks de 16 bijkomende boringen. Dit spreidingspatroon versterkt het vermoeden dat we op deze locatie

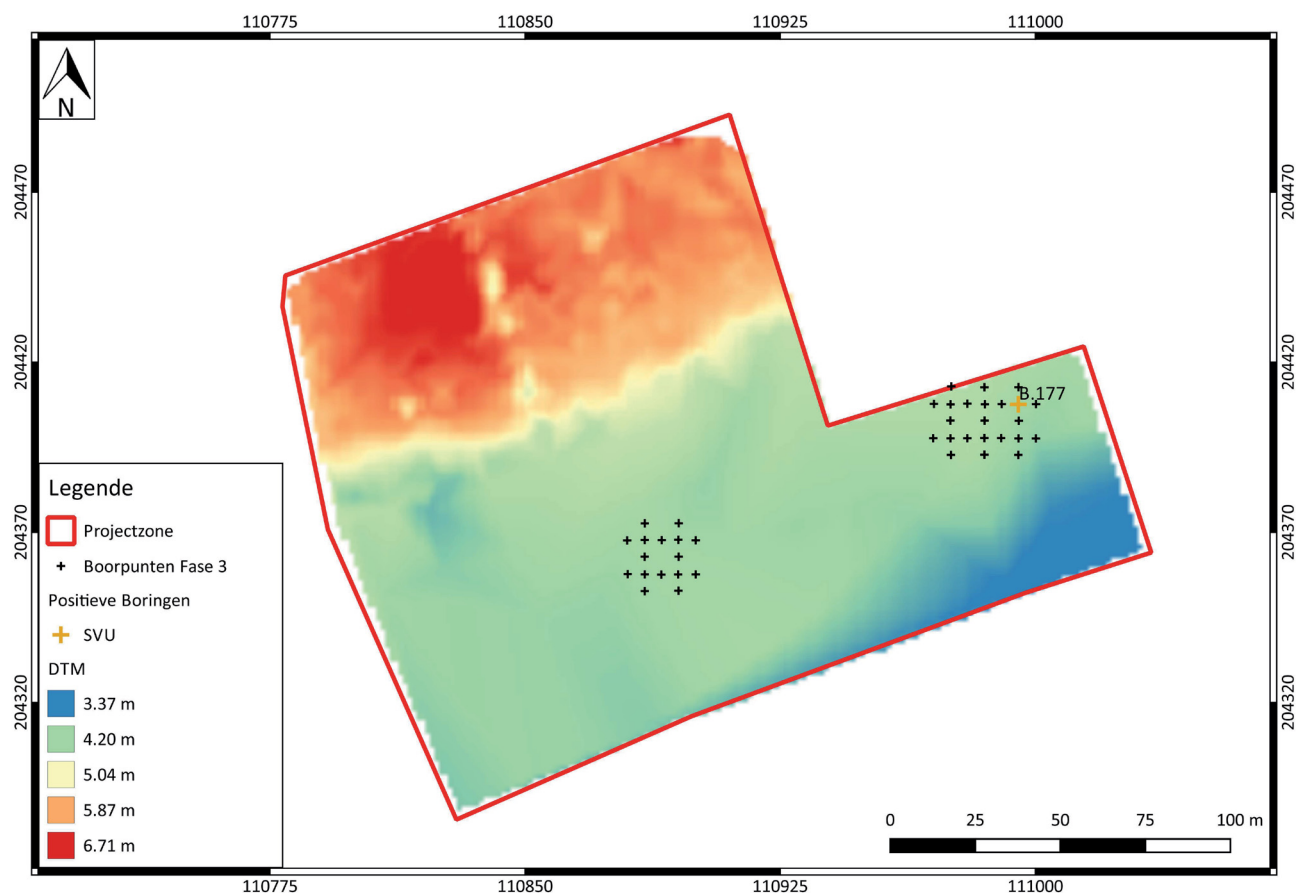


Fig. 9 – Spreiding vuursteenvondsten (5 x 5 m grid).

te maken hebben met een kleine (*low-density?*) vondstenconcentratie. Anderzijds moeten we de vraag stellen of er toch niet meer erosie heeft plaatsgegrepen dan aanvankelijk werd aangenomen. Er zijn in deze zone boringen gezet waarbij we ons niet van de indruk kunnen ontdoen dat het topgedeelte mogelijk licht is herwerkt/verspoeld. Ook B.105 is door het waarderend archeologisch booronderzoek min of meer geïsoleerd komen te liggen. Rondom B.105 is eveneens geen enkele bijkomende boring positief. B.106 heeft wel aansluiting gekregen van een positieve boring (B.177). Opvallend is dat de enige vondst waaraan niet getwijfeld wordt, een matig verbrande *potlid* betreft. In het karterend archeologisch booronderzoek wees net de afwezigheid van verbrande artefacten op het vermoedelijk ontbreken van haarden. In combinatie met het lage vondstaantal werden deze resultaten gezien als een aanwijzing voor de interpretatie van het lager gelegen gebied als *off-site zone*. Daarnaast moet worden gesteld dat de aanwezigheid van een *potlid* geen afdoende bewijs vormt voor de aanwezigheid van één of meerdere haarden; of sluit de aanwezigheid van haarden de interpretatie van het gebied als *off-site zone* niet uit.

4. Discussie en besluit

Het landschappelijk, verkennend en waarderend archeologisch booronderzoek heeft niet alleen de prehistorische aanwezigheid in het projectgebied bevestigd. Het heeft ook aangetoond dat vindplaatsen die reeds jaren door oppervlaktekartering zijn gekend nog een groot archeologisch potentieel kunnen bezitten. Op de rug leverde bijna een kwart van de bemonsterde boorlocaties vuursteenartefacten op. De vondstaantallen in deze positieve monsters variëren van één tot wel 27 artefacten. Bij deze vondstrijke monsters zijn zo goed als zeker nederzettingen aangeboord waarin vuursteenbewerking heeft plaatsgevonden. Aangezien prehistorische nederzettingen over het algemeen vrij klein zijn en de positieve boorlocaties voorkomen over bijna de volledige oppervlakte van de zandrug, kan van de aanwezigheid van meerdere occupaties worden uitgegaan en hebben we hier vermoedelijk te maken met een zgn. sitecomplex. De vondsten dateren is moeilijk bij gebrek aan duidelijke gidsartefacten. Het voorkomen van meerdere microkling(fragment)en en een microlietfragment wijst in elk geval op een belangrijke mesolithische component in het vondstmateriaal, maar hoogstwaarschijnlijk is de zandrug over een veel langere periode bewoond. Op basis van de oppervlaktevondsten is er sprake van menselijke aanwezigheid in het gebied doorheen het ganse mesolithicum (Van Vlaenderen *et al.*, 2006: 148). Ook in het neolithicum is het gebied nog gefrequenteerd. Daarop wijzen o.m. verschillende pijlpunten en artefacten met polijstsporen. Eén van dergelijke artefacten is tijdens het proefsleuvenonderzoek aan het licht gekomen (De Smaele *et al.*, 2016: 79). Belangrijk is de vastgestelde relatie tussen het voorkomen van vuursteenvonden en de bodemgesteldheid. Naarmate de gaafheid van het bodemprofiel stijgt zien we een duidelijke toename in het percentage aan positieve boorlocaties. Bovendien komen op de flanken van de zandrug verschillende zones met een gaaf podzolprofiel voor. Op deze plaatsen zijn de vastgestelde steentijdsites hoogstwaarschijnlijk zeer goed bewaard.

Daarnaast zijn er tijdens het booronderzoek op de zandrug ook nog verschillende fragmenten verbrand bot aangetroffen evenals de resten van een verkoolde hazelnootdop. Deze vondsten vertonen in grote lijnen dezelfde spreiding als het vuursteen en wijzen op het potentieel voorkomen van latente (oppervlakte)haarden.

Het beeld voor de lager gelegen percelen is minder eenduidig te interpreteren. Slechts een zeer beperkt aantal vondsten is hier opgeboord. Bovendien vertonen deze weinig of geen clustering. De vrees dat een aantal vuursteenclusters, als gevolg van het relatief ruime 10 x 10 m boorgrid, aan onze aandacht zou zijn ontsnapt kan gezien de aanpak grotendeels worden ontkracht. Er mag m.a.w. worden aangenomen dat het aantal gemiste steentijdvindplaatsen beperkt is, wat er op lijkt te wijzen dat in de overstromingsvlakte ac-

tiviteiten zijn uitgevoerd die slechts een beperkte archeologische neerslag hebben gekend. Dit onderschrijft de geopperde interpretatie dat het mogelijk *off-site* activiteiten betreft die complementair zijn aan de activiteiten die op de rug zijn uitgeoefend.

De waarde van de vondsten in de overstromingsvlakte is om verschillende redenen groot. Steentijdonderzoek is nog zeer vaak gericht op het onderzoek van vondstconcentraties. Het systematisch onderzoek van *off-site* zones of zgn. *low-densityscatters* gebeurt veel minder. Het huidige onderzoek vormt dan ook één van de weinige voorbeelden waarbij ook de lager gelegen terreinen aan een archeologisch booronderzoek zijn onderworpen. Booronderzoek in overstromingsvlaktes of polders is niet nieuw, maar ook bij deze onderzoeken gaat de aandacht in de eerste plaats uit naar de hoger gelegen terreindelen (o.m. Bats *et al.*, 2006; Noens *et al.*, 2015; Perdaen *et al.*, 2008 & 2011). De mogelijkheid dat beide landschapsdelen in eenzelfde onderzoek met eenzelfde aanpak zijn onderzocht is dan ook bijzonder.

Dankwoord

Graag wensen wij onze collega's te bedanken voor hun inzet en aangename werksfeer tijdens het veldwerk. Oprechte dank ook aan het agentschap Onroerend Erfgoed (Nancy Lemay) en Stadsarcheologie Gent (Gunter Stoops) voor hun hulp en begeleiding. Tot slot nog een uitdrukkelijk woord van dank aan onze opdrachtgever, Farys, die de financiering van het ganse project voor haar rekening neemt.

Bibliografie

- BATS M., BASTIAANS J. & CROMBÉ P., 2006. Prospectie en waardering van alluviale gebieden langs de Boven-Schelde. CAI-project 2003-2004. In: Cousserier K., Meylemans E. & In 't Ven I. (red.), *CAI-II Thematisch inventarisatie- en evaluatieonderzoek, VIOE-Rapporten*, 02, Brussel: 75-100.
- BUBEL S., 2003. Detecting the Effects of Faunaturbation: A Close Look at the Prehistoric Sites of Meeuwen, Meer 6 and Brecht - *Moordenaarsven 2*. *Notae Praehistoricae*, 23/2003: 39-44.
- CROMBÉ P. & MEGANCK M., 1996. Results of an auger survey research at the Early Mesolithic site of Verrebroek "Dok" (East-Flanders). *Notae Praehistoricae*, 16/1996: 101-115.
- DE SMAELE B., CATTRYSSSE C., PERDAEN Y., PIETERS H., CLAEYS S. & SANDOR S., 2016. *Archeologische prospectie op de noordelijke oever van de Moervaart te Sint-Kruis-Winkel, Barkstraat/Spanjeveerstraat*. ADEDE Archeologisch rapport, 68, Gent.
- EBERT J. I., 1992. *Distributional Archaeology*. Utah.
- NEWCOMER M. H. & KARLIN K., 1987. Flint chips from Pincevent. In: Sieveking G. & Newcomer M. H. (ed.), *The Human Uses of Flint and Chert. Proceedings of the fourth international flint symposium held at Brighton Polytechnic, 10-15 April 1983*, Cambridge University Press, Cambridge: 33-36.
- NOENS G., BATS M., CRUZ F. & SERGANT J., 2015. Archeologische verkenning, kartering en waardering van een uitgestrekt afgedekt prehistorisch landschap te Verrebroek - Logistiek Park Waasland Fase West (Beveren, Oost-Vlaanderen, BE). *Notae Praehistoricae*, 35/2015: 203-221.
- PERDAEN Y., MEYLEMANS E., BOGEMANS F., STORME A. & VERDURMEN I., 2008. Prospectie- en evaluatieonderzoek in het kader van het *Sigma*plan in de *Wijmeersen* (gem. Schellebelle, Oost-Vlaanderen). *Notae Praehistoricae*, 28/2008: 125-134.
- PERDAEN Y., MEYLEMANS E., BOGEMANS F., DEFORCE K., STORME A. & VERDURMEN I., 2011. Op zoek naar prehistorische resten in de wetlands van de Sigmacluster Kalkense Meersen. Prospectief en evaluerend archeologisch onderzoek in het gebied Wijmeers 2, zone D/E (Wichelen, prov. Oost-Vl.). *Relicta. Archeologie, monumenten- en landschapsonderzoek in Vlaanderen*, 8: 9-45.
- SERGANT J., CROMBÉ P. & PERDAEN Y., 2006. The "invisible" hearths: A contribution to the discernment of Mesolithic non-structured surface hearths. *Journal of Archaeological Science*, 33: 999-1007.
- TOL A., VERHAGEN P., BORSBOOM A. & VERBRUGGEN M., 2004. *Prospectief boren. Een studie naar de betrouwbaarheid en toepasbaarheid van booronderzoek in de prospectiearcheologie*. RAAP-Rapport, 1000, Amsterdam.
- VAN GILS M. & DE BIE M., 2006. Uitgestrekte Mesolithische site-complexen in de Kempen. Ravels Witgoor en Opglabbeek Ruiterskuilen-Turfven (boorcampagne 2002). *Relicta. Archeologie, monumenten- en landschapsonderzoek in Vlaanderen*, 1: 11-28.
- VAN VLAENDEREN L., SERGANT J., DE BOCK H. & DE MEIRELEIR M., 2006. *Steentijdvondsten in de Moervaartdepressie (Oost-Vlaanderen, België). Inventaris en geografische analyse*. Archeologische Inventaris Vlaanderen, Buitengewone reeks, 9, Gent.

Samenvatting

Naar aanleiding van de bouw van twee voetbalvelden met bijbehorende accommodatie heeft ADEDE Belgium in samenwerking met BAAC Vlaanderen een archeologisch vooronderzoek uitgevoerd in het 2,4 ha grote projectgebied aan de Barkstraat in Sint-Kruis-Winkel (Gent, Oost-Vlaanderen, BE). Dit vooronderzoek heeft aangetoond dat vindplaatsen die reeds jaren door oppervlaktekartering zijn gekend nog een groot archeologisch potentieel kunnen bezitten.

Trefwoorden: Oost-Vlaanderen (BE), Sint-Kruis-Winkel, booronderzoek, vuursteen, mesolithicum, neolithicum, podzolbodem.

Abstract

Due to the construction of two football fields with accompanying accommodation, ADEDE together with BAAC has conducted an auger survey in the 2,4 ha-large project area near Barkstraat in Sint-Kruis-Winkel (Ghent, East Flanders, BE). This research has proven that surface sites which have been known for many years can still contain important archaeological potential.

Keywords: East Flanders (BE), Sint-Kruis-Winkel, auguring, research, flint, Mesolithic, Neolithic, podzol.

Yves PERDAEN
BAAC Vlaanderen
11, Kleimoer
BE - 9030 Mariakerke (Gent)
yves.perdaen@baac.be

Alexander CATTRYSSE
Simon CLAEYS
Sophie SANDOR
ADEDE Belgium
56-60, Antwerpsesteenweg
BE - 9000 Gent
a.cattrysse@adede.com
s.claeys@adede.com
s.sandor@adede.com

De midden- en finaal-paleolithische vondsten van Ronse - Pont West (Oost-Vlaanderen, BE)

Hans VANDENDRIESSCHE, Arne VERBRUGGE, Arne DEGRAEVE,
Bart CHERRETTÉ & Philippe CROMBÉ

1. Inleiding

Het archeologische onderzoek dat door SOLVA te Ronse-Pont West uitgevoerd werd van augustus 2011 tot november 2014, leverde een kleine verzameling lithisch materiaal op ($n = 185$). De vondsten werden verspreid aangetroffen over het ca. 17 ha grote onderzoeksgebied en bevonden zich, op enkele uitzonderingen na, in de vulling van jongere antropogene sporen of in de veel voorkomende natuurlijke sporen op de site. Ondanks de kleine hoeveelheid vondsten is deze assemblage qua typo-chronologische samenstelling vrij heterogeen. Naast een beperkte neolithische component bevat het ensemble bijvoorbeeld enkele opvallende midden-paleolithische en finaal-paleolithische artefacten. In deze bijdrage zullen enkel de artefacten uit deze laatstgenoemde periodes in detail besproken worden.

2. Situering

De site ligt in de Vlaamse Ardennen, ten zuiden van de getuigenheuvels van de Kluisberg, de Hotondberg en de Muziekberg, op ongeveer vier km ten zuidwesten van het stadscentrum van Ronse.



Fig. 1 – Topografische kaart met aanduiding van de site (bron NGI).

trum van Ronse (Fig. 1). Het onderzoeksgebied wordt in het noorden begrensd door de Doorniksesteenweg en wordt voorts omsloten door de Oude Pontstraat, de Pontstraat en de Malaise. De topografie van de onderzochte percelen wordt grotendeels bepaald door de aanwezigheid van een centraal gelegen tertiaire opduiking. Vanaf dit hoger gelegen punt helt het terrein zowel in noordelijke als in zuidelijke richting af, respectievelijk in de richting van de Molenbeek en de Sint-Maartensbeek.

Het substraat bestaat op het hoogste deel van de site uit tertiair zand en tertiaire klei. In de omliggende zones en dan voornamelijk in het noordelijke deel van de site was er nog een dun quartair dek bewaard, dat uit (zand)lemige sedimenten opgebouwd was. Bovendien was er in de leemprofielen steeds een B-horizont zichtbaar onder de ploeglaag en werden er plaatselijk ook oxido-reductie en cryoturbatie fenomenen vastgesteld (vorstwiggen, -polygonen). De meeste artefacten en vondstcontexten die in de hieropvolgende paragrafen aan bod komen zijn uit dit noordelijke, (zand)lemige deel van de site afkomstig (Fig. 2).

3. De midden-paleolithische vondsten

Twee van de drie midden-paleolithische vondsten werden reeds tijdens het proefsleuvenonderzoek gedocumenteerd. Het eerste artefact is een eindschrabber met partiël



Fig. 2 – Grondplan van de site met aanduiding van de midden-paleolithische vondsten (rode markers) en definaal-paleolithische vondst en contexten (blauwe markers) (© SOLVA).

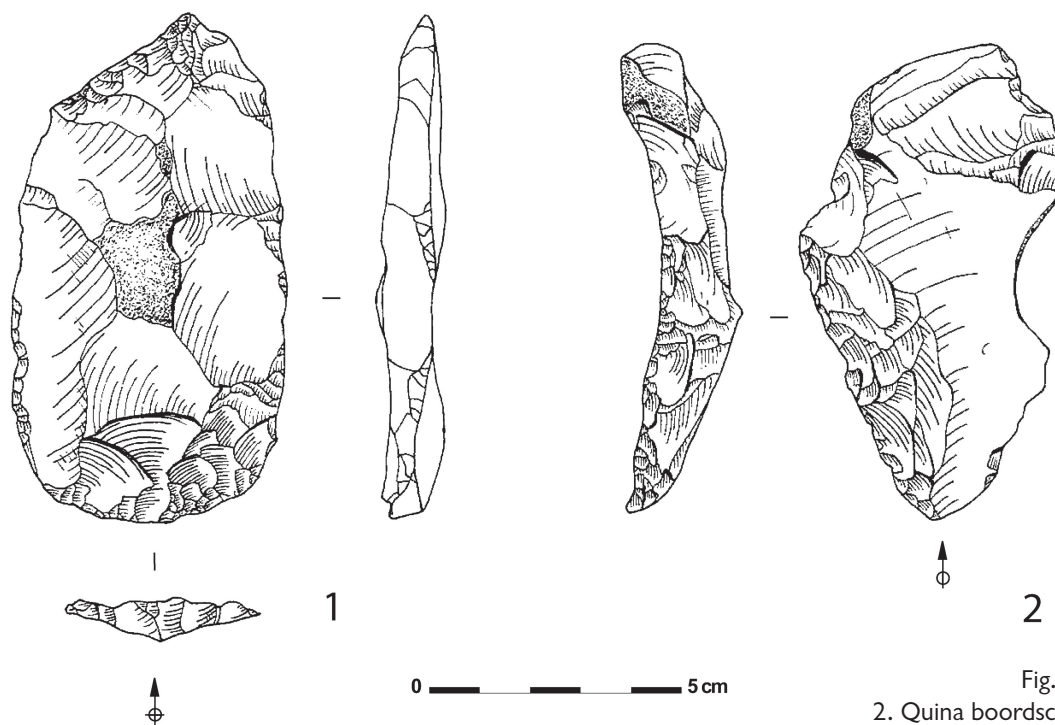


Fig. 3 – 1. Eindschrabber; 2. Quina boordschrabber. Schaal: 2/3.

geretoucheerde rechter- en linkerboord (Fig. 3:1), dat zich in de B-horizont in één van de proefsleuven bevond ter hoogte van een middeleeuwse gracht. Om na te gaan of er andere (mogelijke *in situ*) vondsten aanwezig waren in deze zone werd er een kijkvenster van 3 m bij 4 m geopend. Daaruit bleek echter dat het een geïsoleerde vondst betrof. Het artefact heeft een relatief vers voorkomen en vertoont slechts een weinig uitgesproken, lichtbruine patina (voornamelijk op de ventrale zijde). De gebruikte grondstof is een matig fijnkorrelige, weinig doorzichtige, donkerbruine tot donkergrijze vuursteen met lichtgrijze inclusies. De cortex van deze vuursteen is niet krijtig, maar ruw en kent een onregelmatig oppervlak zoals het cortexrestant op de ventrale zijde aantoont.

Zowel de partiële laterale retouches als de distale retouches die het schrabhoofd vormen, zijn direct en schuin aangebracht. De drager van het werktuig (102 x 52 x 14 mm) is een grote Levalloisafslag, met kenmerkende centripetale negatieven op het dorsale vlak. De centripetale voorbereiding en het cortexrestant wijzen verder op het feit dat het om de eerste (of enige) Levalloisafslag van de debitagesequentie gaat, ongeacht of de kern naderhand volgens een “*lineale*” of “*recurrente*” methode (cf. Boëda, 1994) afgebouwd werd. Ook typisch voor de Levalloistechniek is de gefacetteerde hiel “*en chapeau de gendarme*” en de bijna rechte buitenhoek (ca. 85°) van de slagvlakrand. Ten slotte valt de zorgvuldige slagvlakrandvoorbereiding op, die door middel van tal van kleine afhakingen/retouches verzorgd werd.

Het tweede artefact (Fig. 3:2) is een Quina boordschrabber (93 x [min.] 55 x 15 mm) (volgens de definitie van A. Turq [Turq, 2000: 314, 322]), dat gevonden werd in de opvulling van een omvangrijke middeleeuwse extractiekuil. Een bruine patina bedekt het volledige artefact, met uitzondering van een recent beschadigde zone aan de linkerboord. De grondstof aangewend voor de productie van dit artefact is een donkergrijze, matig fijnkorrelige vuursteen met lichtgrijze inclusies, die ook in recentere periodes veel geëxploiteerd werd door de prehistorische mens in de regio (Crombé *et al.*, 2011: 469; Vandendriessche *et al.*, 2015: 8). De linkerboord van het werktuig is intensief geretoucheerd aan de hand van een reeks envahissante, schubvormige retouches, gevolgd door een reeks lange schubvormige retouches en een laatste reeks korte schuine retouches. De drager is ten slotte een kernrandafslag met een asymmetrisch profiel in doorsnede.

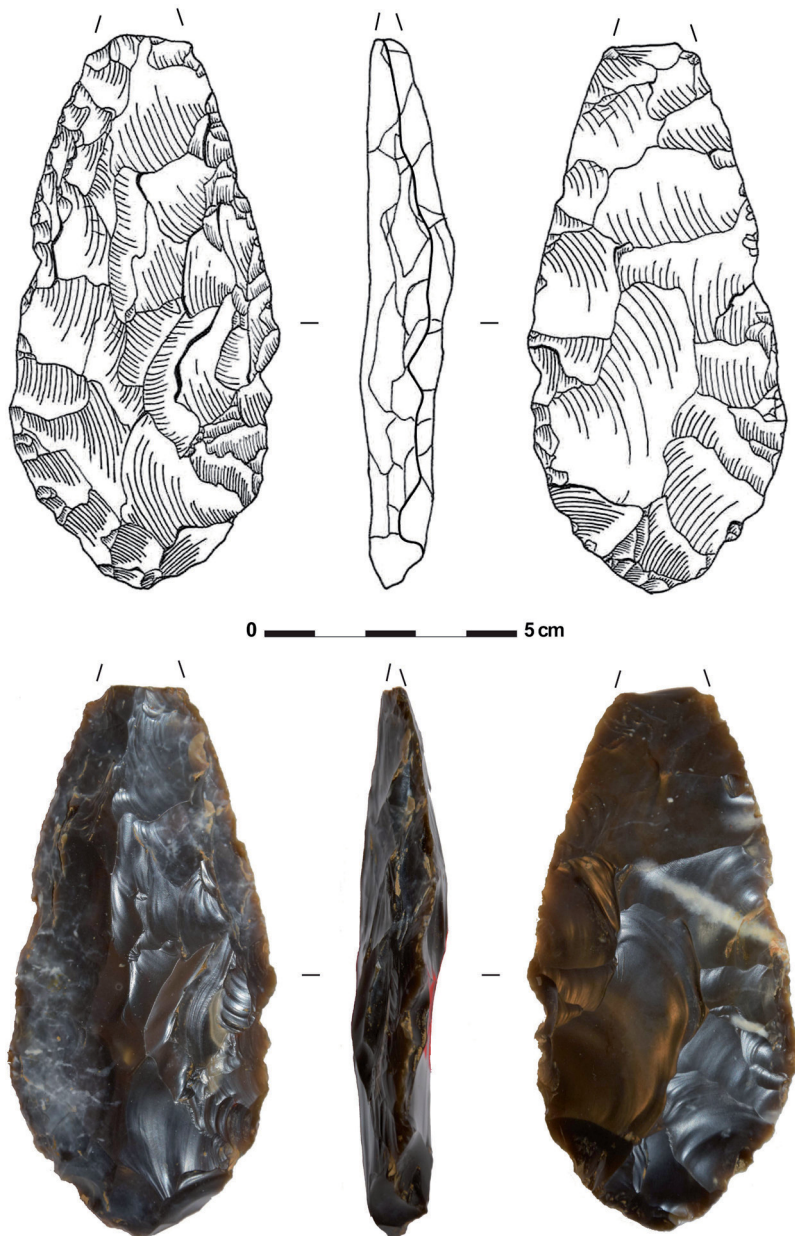


Fig. 4 – Technische tekening en fotografische weergave van de midden-paleolithische bladspits. Schaal: 2/3.

bepaald uit het vroege Weichseliaan (MIS 5d t.e.m. MIS 5a) en de midden-pleniglaciale fase van het weichseliaan (MIS 3). Verder heeft onderzoek van K. Ruebens aangetoond dat bladspitsen en andere Micoquiaan/KMG-elementen regelmatig deel uitmaken van de midden-paleolithische assemblages uit onze streken (die overigens door haar onder een nieuwe culturele entiteit gegroepeerd worden, het MBT / *Mousterian with bifacial tools*) (Ruebens, 2013; Ruebens, 2014). In Vlaanderen zijn voorbeelden van dergelijke werktuigen onder andere gekend op de Kimmelberg (Crombé & Van der Haegen, 1994), te Aalter-Nieuwendam (Crombé & Van der Haegen, 1994) en te Veldwezelt-Hezerwater (Bringmans, 2006).

Het midden-paleolithicum is ook in de onmiddellijke omgeving van de site vertegenwoordigd (Fig. 5) door enkele vindplaatsen. Veruit de belangrijkste hiervan is de site te Amougies (Crombé & Van der Haegen, 1994), waar een omvangrijke lithische industrie ($n = 5694$) met een beperkte Levalloiscomponent en twee bifaciale werktuigen ingeza-

Een derde en laatste artefact dat met zekerheid als midden-paleolithisch bestempeld kan worden is een bifaciaal bewerkt werktuig met een algemeen ovale morfologie (Fig. 4). Het werd tijdens de vlakdekkende opgraving gerecupereerd uit de vulling van of net aan de rand van een uitgebreide dassenburcht. Opnieuw ging het schijnbaar om een geïsoleerde vondst. Op één zijde is een uitgesproken lichtblauw/witgeaderde patina zichtbaar, terwijl de andere zijde slechts enkele witte patinavlekken vertoont. Op basis van de algemene morfologie, de metrische eigenschappen (min.) $108 \times 54 \times 18$ mm), de plano/convexe doorsnede van het artefact en de scherpe hoek tussen beide zijden (aan beide boorden en over de volledige lengte van het artefact minder dan 30°) kan dit werktuig als een bladspits omschreven worden (Ruebens, 2013: 7-8).

4. Typochronologische interpretatie en regionaal kader

Enkel wat de typochronologie van deze bladspits betreft kunnen we meer in detail treden. Recent overzichtswerk (Ruebens & Di Modica, 2011: 251; Ruebens, 2014: 141) wijst namelijk op het feit dat bifaciaal bewerkte werktuigen in België vooral op sites uit het late midden-paleolithicum voorkomen, meer

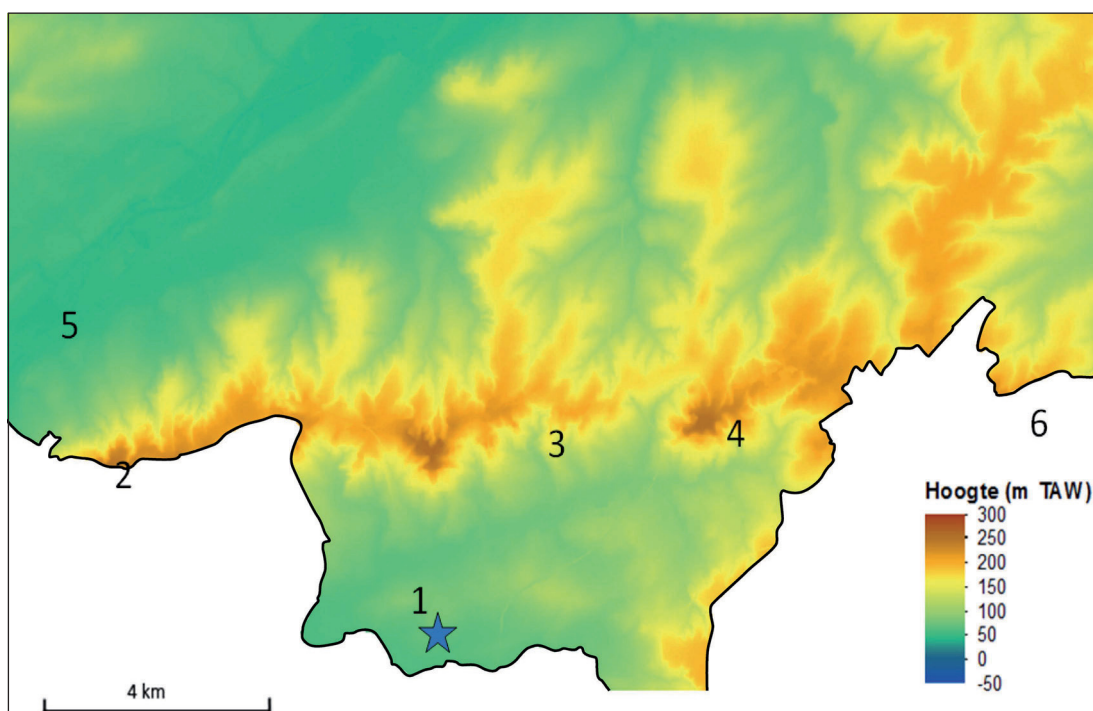


Fig. 5 – Digitaal hoogtemodel van de regio met aanduiding van de in de tekst vermelde sites:
 1. Ronse-Pont West; 2. Amougies-Kluisberg; 3. Ronse-Hoogerlucht; 4. Ronse-Muziekberg;
 5. Ruien-Rosalinde; 6. Flobecq-Pottelberg (bron AGIV).

meld werd. Vervolgens kunnen we nog minstens twee midden-paleolithische vondsten vermelden op de Pottelberg in Flobecq, met name een hartvormige vuistbijl en een gere-toucheerde Levalloisafslag (Crombé & Van der Haegen, 1994: 108-110); Acht mogelijke midden-paleolithische vondsten te Ronse-Hoogerlucht en nog twee vondsten van een niet gelokaliseerde vindplaats in Ronse (Crombé & Van der Haegen, 1994: 124). Op de overige sites gaat het ten slotte slechts om telkens één vondst: een Levalloisspits te Ruien-Rosalinde (Vandendriessche et al., 2015) en een mogelijke Levalloiskern op de Muziekberg (Crombé, 1989).

Op supra-regionale schaal kaderen de vondsten van Ronse-Pont West overigens perfect in een reeks sites en vondstmeldingen afkomstig van de midden-Belgische heuvelruggen (Di Modica, 2011: 85-86). Zodoende onderstrepen ze eens te meer (samen met de bovenvermelde vindplaatsen) het onderzoekspotentieel dat de regio van de Vlaamse Ardennen biedt wat het midden-paleolithicum betreft.

5. De finaal-paleolithische vondsten

Tijdens de eerste fase van het vlakdekkende onderzoek kwamen er daarenboven lithische artefacten aan het licht bij het blootleggen van een meervoudige windval (Fig. 6) in het noordoosten van de site. Na het machinaal verdiepen van de betreffende zone (ca. 130 m²), werden de contouren van een tiental windvallen zichtbaar. De lithische artefacten zaten voornamelijk in vijf van deze windvallen geclusterd. Hoewel de vondsten in eerste instantie, tijdens het aanleggen van de grondvlakken, in 3D ingemeten werden, werd de windvalstructuur met de hoogste densiteit aan vondsten in vakken van 50 cm op 50 cm en 10 cm diep opgegraven. De vulling van de overige windvallen werd in bulk verzameld. Ten slotte werden de verzamelde stalen nat gezeefd met een maaswijdte van 2 mm. In het totaal leverde dit 122 lithische artefacten op (Tab. 1).

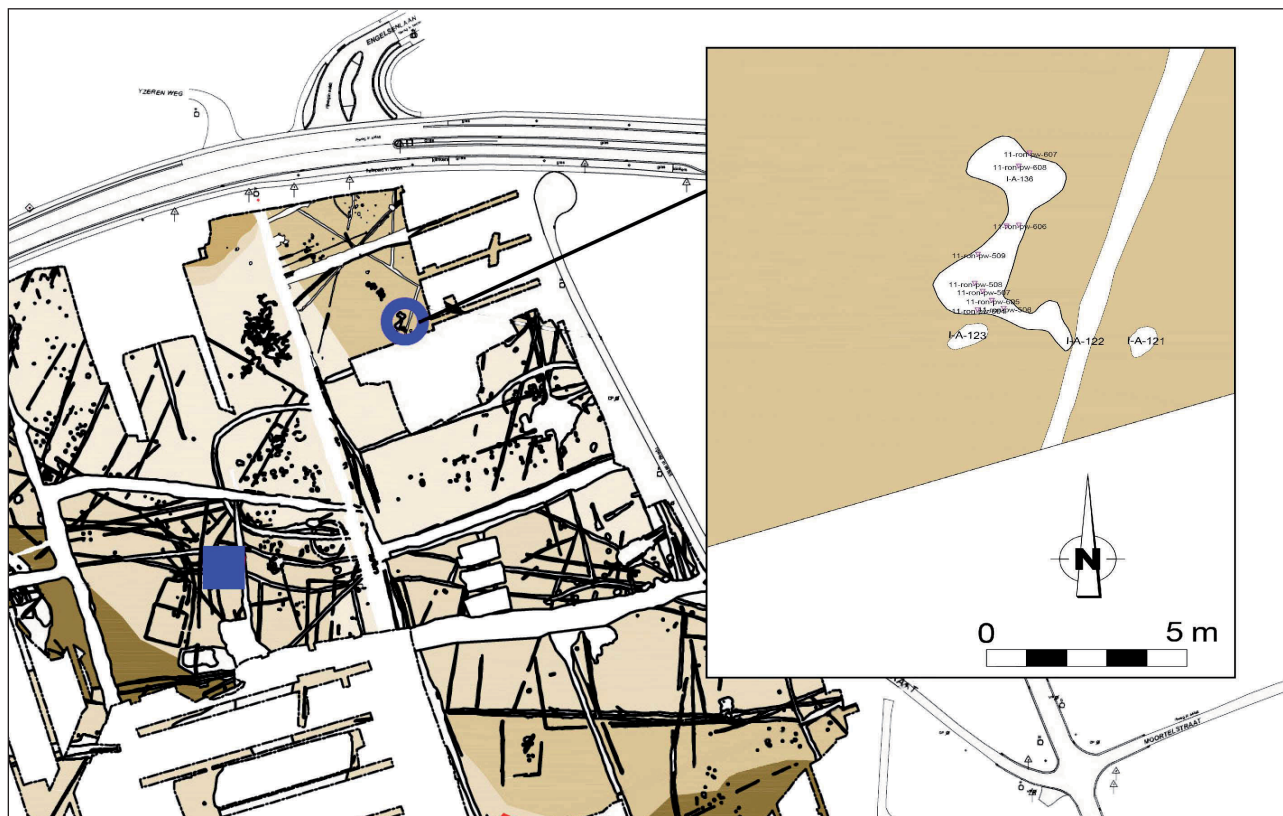


Fig. 6 – Grondplan van de site met detailopname van de meervoudige windvalstructuur (© SOLVA).

Op vijf artefacten na, vertonen alle vondsten een patina, gaande van een witgrijze, een blauwgrijze of een beige patina tot een roodbruine patina. Meestal zijn deze patina's dekkend, waarbij er zich in sommige gevallen ook combinaties en graduele overgangen van de ene naar de andere patina manifesteren. De oorspronkelijke grondstof van het gros van de vondsten is een donkergrijze, weinig doorzichtige, matig fijnkorrelige vuursteen, waarin lineaire banden voorkomen. De cortex van deze grondstof is steeds ruw en matig gerold. Een herkomst uit een secundaire ontsluiting lijkt op basis van deze eigenschappen het meest plausibel.

De niet gepatineerde artefacten zijn aan de hand van een andere matig fijnkorrelige donkerbruine grondstof vervaardigd.

Een beknopte attribootanalyse en refitstudie laten toe om enkele technologische eigenschappen van deze assemblage te schetsen. In het totaal konden 14 (of 20 %) van de artefacten > 1 cm, afkomstig uit vier verschillende windvalcontexten betrokken worden in twee refitsequenties. Een eerste refitsequentie bestaat slechts uit drie artefacten en heeft betrekking op de initiële vormgeving van de kern. De tweede refitsequentie (n = 11) vertegenwoordigt naar alle waarschijnlijkheid de laatste fase van de *chaîne opératoire*. Ondanks de postdepositionele spreiding van de vondsten binnen verschillende windvalcontexten wijzen de grotendeels homogene grondstof van de assemblage, het feit dat alle patina's vertegenwoordigd zijn binnen de refits (Fig. 7:c) en de refits op zich, op een zekere homogeniteit van de assemblage. De vondsten zijn bovendien vermoedelijk slechts uit één of twee verschillende debitagesequenties afkomstig.

	(n =)
kern	1
afslag	25
(micro)kling	10
onbepaald afhakings fragment	17
verfrissingsmateriaal	8
chips	50
verbrande brokstukken	2
slagbultsplinter	1
werktuigen	6
vorstafslagen	2
totaal	122

Tab. 1 – Typologische samenstelling van de vondsten uit de windvalcontexten.

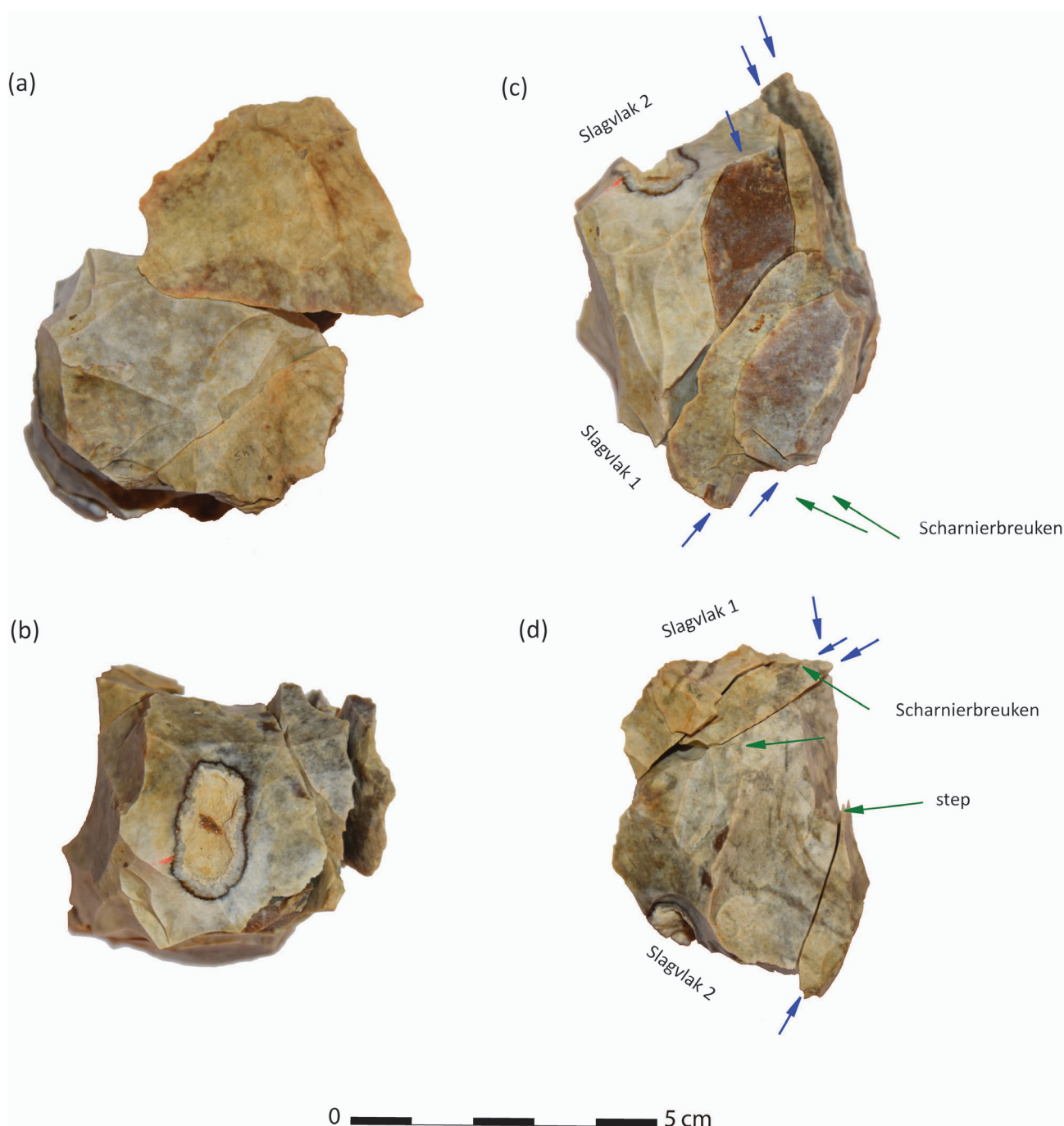


Fig. 7 – a: bovenaanzicht van slagvlak 1; b: bovenaanzicht van slagvlak 2; c: zijaanzicht van de refit met de weergave van de debitage in tegengestelde richting (blauwe pijlen) om de debitagefouten (groene pijlen) weg te werken; d: laatste fase van de debitage met een poging om in één beweging de slagvlakrandhoek te corrigeren en scharnierbreuken (groene pijlen) weg te werken door middel van het afhaken van een kernrandkling en een *lame sous-crête* (blauwe pijlen), en voortzetten van de debitage in tegengestelde richting, resulterend in een stepbreuk en uiteindelijke opgave van de kern.

Voor de debitage werd gebruik gemaakt van een vorstgefragmenteerde knol of plaquette, met een oorspronkelijke minimale lengte van ongeveer 10 cm. Dit komt enerzijds mooi tot uiting in de afmetingen van de refits en blijkt anderzijds uit de aanwezigheid van een mediaal klingfragment met lengte van minimaal 8 cm en een kernrandkling van bijna 10 cm. De kernrandklingen en -afslagen hebben doorgaans een vlakke hiel en vertonen naast een uni- of bilaterale voorbereiding vaak restanten van vorstvlakken. De initiële vormgeving van de kern beperkte zich dus tot het aanbrengen van een slagvlak en het installeren van verschillende kernranden, waarbij men toch maximaal trachtte te profite-

ren van de oorspronkelijke morfologie van het geëxploiteerde volume.

Om de volgende fase van de debitage te reconstrueren beschikken we in vergelijking over relatief weinig gegevens. Het bovenvermelde mediale klingfragment (min. lengte 8 cm, breedte 2 cm, dikte 8 mm) suggereert dat de debitage gericht was op het bekomen van lange, smalle microklingen met parallelle boorden en ribben. Uit de oriëntatie van de dorsale negatieven kunnen we afleiden dat de debitage in deze fase unidirectioneel verliep, vanuit één preferentieel slagvlak.

Dit lijkt echter een momentopname geweest te zijn. In de laatste fase van de debitage, die voornamelijk geïllustreerd wordt door de refits, werkte men afwisselend vanuit twee tegengestelde slagvlakken (Fig. 7:c-d). Deze omschakeling gaat gepaard met een overgang naar een productie die hoofdzakelijk op afslagen gericht was. De talrijke negatieven op beide slagvlakken (Fig. 7:a-b) tonen bovendien aan, dat er doorheen de debitage aanzienlijk veel zorg besteed werd aan het in stand houden van de hoek (ongeveer 75°-80°) tussen het slagvlak en de tafel. Mogelijk verliep de debitage oorspronkelijk vanuit één slagvlak en werd er gaandeweg geopteerd om gebruik te maken van een tweede slagvlak om zodoende meer controle te behouden over de longitudinale convexiteit van de tafel en om debitagefouten te corrigeren. De refitgegevens lijken deze hypothese te bevestigen.

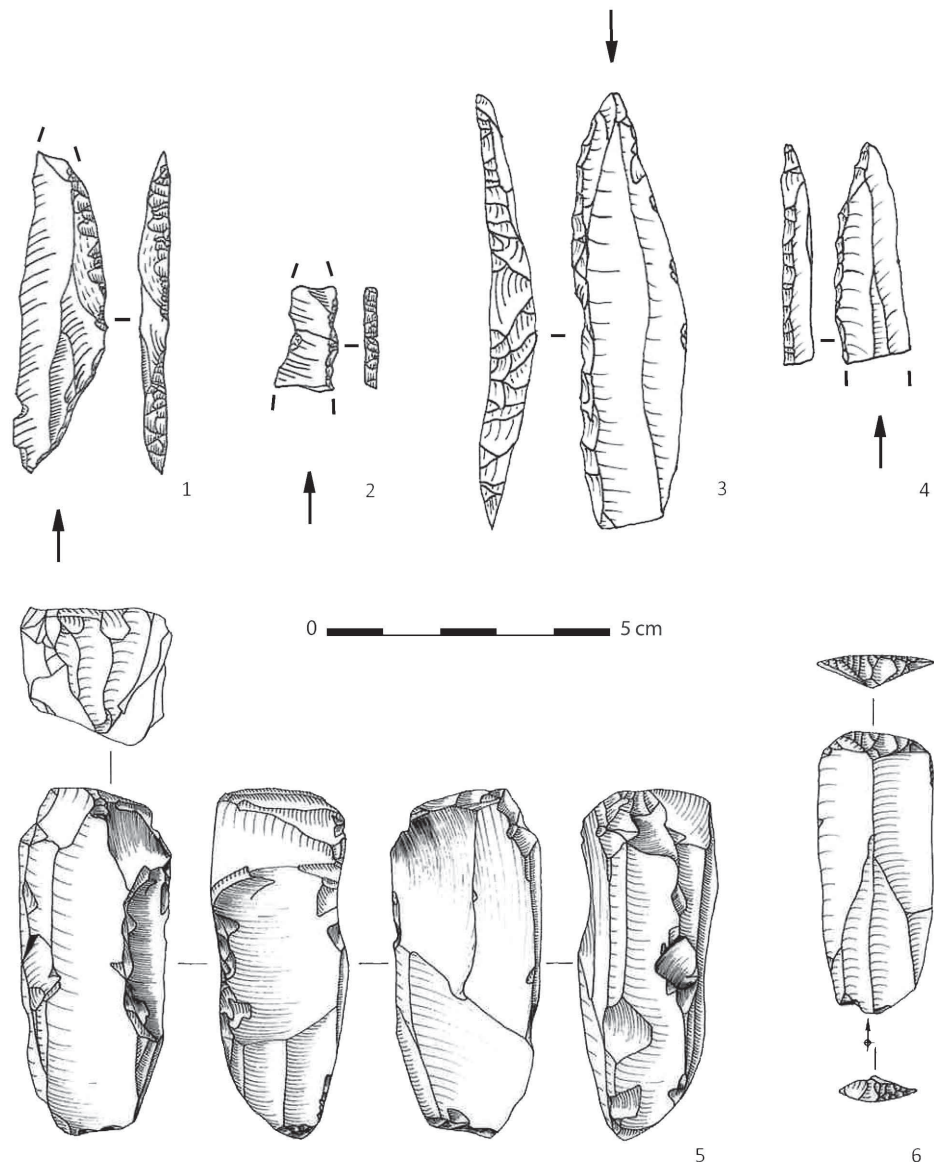


Fig. 8 – 1. Creswellspits; 2. Onbepaald mediaal spits- of microklingfragment; 3-4. Federmesserspits en fragment van een federmesserspits (?) (ongepubliceerd materiaal Flobecq-Pottelberg, tekeningen Philippe Crombé); 5. Klingenkern en 6. Klingschrabber met hiel en *éperon* (ongepubliceerd materiaal Amougies/Orroir-Kluisberg, tekeningen Philippe Crombé). Schaal: 2/3.

Zo kon een opéénstapeling van scharnierbreuken ter hoogte van het eerste slagvlak op succesvolle wijze weggewerkt worden vanuit het tweede slagvlak (Fig. 7:c). Daarna ontstond een nieuwe reeks scharnierbreuken op de tafel, wat waarschijnlijk samen met het sterk afgenomen volume van de kern leidde tot de opgave van de debitage (Fig. 7:d).

Het is voorts moeilijk om op basis van deze sterk gefragmenteerde debitagesequentie uitspraken te doen over de gehanteerde debitagemodus. De grote variabiliteit van de hieltypes bij de microklingen en afslagen is in dit opzicht opmerkelijk en zou in verband gebracht kunnen worden met het gebruik van een zachte en/of een harde stenen klopper. Vlakke hielen en gefacetteerde hielen zijn het best vertegenwoordigd. Daarnaast werden ook lineaire en puntvormige hielen vastgesteld. Bij de vlakke hielen zijn bovendien soms duidelijke impactpunten zichtbaar. De gefacetteerde hielen zijn het gevolg van de vele partiële slagvlakverfrissingen die in de loop van de debitage uitgevoerd werden (Fig. 7:b). Eén afslag duidt ten slotte mogelijk op het gebruik van een zachte (organische) klopper vanwege zijn erg uitgesproken lip en gebrek aan slagbult (Pelegrin, 2000: 77).

Op typologisch vlak bevatten de windvalstructuren weinig diagnostische elementen. Onder de werktuigen bevinden zich drie fragmenten van geretoucheerde microklingen, een chip met retouches en het mediale fragment van een onbepaalde spits (?) of microkling met afgestompte boord (Fig. 8:1). De opgraving leverde daarnaast ook een Creswellspits op (Fig. 8:2). Net als de vondsten uit de windvallen is ook dit artefact sterk gepatineerd. Een witgrijze tot blauwgrijze patina bedekt de helft van de dorsale zijde en de volledige ventrale zijde. De retouches bevinden zich langsheen de rechterboord, waarbij de schuine afknotting aan het proximale uiteinde gesitueerd is. De tegenoverliggende top van het artefact is afgebroken.

6. Typochronologische interpretatie en regionaal kader

De Creswellspits vormt op zich een overtuigende aanwijzing voor een finaal-paleolithische aanwezigheid op de site, maar ook de vondsten uit de windvalcluster kunnen hoogstwaarschijnlijk tot het finaal-paleolithicum gerekend worden. Hoewel deze contexten weinig diagnostische elementen aanreikten op typologisch vlak, sluit het lithische materiaal op technologisch vlak nauw aan bij de gekende finaal-paleolithische tradities uit onze streken (Perdaen et al., 2004; Crombé & Robinson, 2015: 6).

Zowel in de directe omgeving van de site als in de ruimere regio van de Bovenschelde is onze kennis van het finaal-paleolithicum beperkt (Crombé & Robinson, 2016: 2), wat in schril contrast staat met de stand van het onderzoek in de Benedenschelde. De beste parallellen voor de finaal-paleolithische vondsten van Ronse-Pont West vinden we opnieuw op de Kluisberg te Amougies/Orroir (o.a. Otte, 1979) (Fig. 8:5-6) en op de Pottelberg te Flobecq (Fig. 8:3-4) die reeds in de bovenstaande paragrafen over het midden-paleolithicum aan bod kwamen. Op beide sites werd een handvol artefacten ontdekt die in verband gebracht kunnen worden met hetzij de Magdaleniaan-, hetzij de Federmessercultuur.

7. Conclusie

Hoewel de onderzochte percelen te Ronse-Pont West voornamelijk tijdens jongere periodes geëxploiteerd werden, getuigen enkele midden- en finaal-paleolithische artefacten van een herhaaldelijke occupatie van de site in de steentijd. Eén van de midden-paleolithische artefacten, de bladspits, plaatst de (of één van de) midden-paleolithische occupatie(s) in de tweede helft van het midden-paleolithicum, meer bepaald in MIS 5d tot

5a of MIS 3. De finaal-paleolithische vondsten bevonden zich meer gegroepeerd in het noordelijke gedeelte van het terrein en kwamen, met uitzondering van de Creswellspits, aan het licht bij het blootleggen van een meervoudige windvalcontext. Ondanks de post-depositionele verstoring van de artefacten betrof het een relatief homogeen assemblage, dat op basis van de resultaten van een attribuutanalyse en een refitstudie aan het finaal-paleolithicum toegeschreven kan worden.

Dankwoord

We wensen alle tereinarcheologen en -medewerkers van SOLVA te bedanken, alsook Dr. Joris Sergant voor zijn terreinbezoeken en basisdeterminaties van de vuursteen.

Bibliografie

BOËDA E., 1994. *Le concept Levallois: variabilité des méthodes*. Monographie du CRA, 9, Paris: 285 p.

BRINGMANS P., 2006. *Multiple Middle - Palaeolithic occupations in a loess-soil sequence at Veldwezelt-Hezerwater, Limburg, Belgium*. Katholieke Universiteit Leuven, Leuven: 418 p.

CROMBÉ P., 1989. Oude vuurstevondsten op de Muziekbergte Ronse: Paleo-, Meso- en Neolithicum. *Vobov-info* 34/35: 1-27.

CROMBÉ P. & VAN DER HAEGEN G., 1994. *Het midden-paleolithicum in Noordwestelijk België*. Archeologische Inventaris Vlaanderen, Buitengewone reeks 3, Gent: 134 p.

CROMBÉ P., SERGANT J., ROBINSON E. & DE REU J., 2011. Hunter-gatherer responses to environmental change during the Pleistocene-Holocene transition in the southern North Sea basin: final Palaeolithic-Final Mesolithic land use in northwest Belgium. *Journal of Anthropological Archaeology*, 30: 454-471.

CROMBÉ P. & ROBINSON E., 2016. Human resilience to Late glacial climate and environmental change in the Scheldt basin (NW Belgium). *Quaternary International* (in press): 14 p.

DI MODICA K., 2011. La documentation du Paléolithique moyen en Belgique aujourd'hui, état de la question. In: Toussaint M., Di Modica K. & Pirson S. (red.), *Le Paléolithique moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulrix-Closset*, Bulletin de la Société royale belge d'Études géologiques et archéologiques Les Chercheurs de la Wallonie, Hors-série 4 – ERAUL, 128, Liège: 75-104.

OTTE M., 1979. Documents du paléolithique supérieur au Mont de l'Enclus (Orroir, Hainaut). *Bulletin de la Société Tournaisienne de Géologie, Préhistoire et Archéologie, "Paléontologie et Préhistoire"*, 38: 195-199.

PELEGRIN J., 2000. Les techniques de débitage laminaire au tardiglaciaire : critères de

diagnose et quelques réflexions. In: Valentin B., Bodu P. & Christensen M. (red.), *L'Europe centrale et septentrionale au Tardiglaciaire. Confrontation des modèles régionaux de peuplement. Actes de la table-ronde de Nemours, mai 1997*, Mémoire du Musée de Préhistoire d'Île-de-France, 7, APRAIF, Nemours: 73-86.

PERDAEN Y., CROMBÉ P. & SERGANT J., 2004. Federmessergroepen in de Scheldepolders (Oost-Vlaanderen, België): Technologische variabiliteit binnen een vast schema. *Notae Praehistoricae*, 24/2004: 81-88.

RUEBENS K. & DI MODICA K., 2011. Les productions bifaciales du Paléolithique moyen sur le territoire belge. Présentation d'industries entre deux mondes. In: Toussaint M., Di Modica K. & Pirson S. (red.), *Le Paléolithique moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulrix-Closset*, Bulletin de la Société royale belge d'Études géologiques et archéologiques Les Chercheurs de la Wallonie, Hors-série 4 – ERAUL, 128, Liège: 239-260.

RUEBENS K., 2013. Regional behaviour among late Neanderthal groups in Western Europe: A comparative assessment of late Middle Palaeolithic bifacial tool variability. *Journal of Human Evolution*, 65 (4): 1-22.

RUEBENS K., 2014. Late Middle Palaeolithic bifacial technologies across northwest Europe: Typo-technological variability and trends. *Quaternary International*, 350: 130-146.

TURQ A., 2000. Le moustérien de type Quina. In: Turq A. (dir.), *Le paléolithique inférieur et moyen entre Dordogne et Lot*, Société des Amis du Musée national de préhistoire et de la recherche archéologique, *Paléo, supplément* 2000, 2 (1): 310-343.

VANDENDRIESSCHE H., PEDE R., KLINKENBORG S., VERBRUGGE S., MIKKELSEN J. H., SERGANT J., CHERRETTÉ B. & CROMBÉ P., 2015. Steentijdvondsten uit het zuiden van Oost-Vlaanderen: het neolithicum te Leeuwergem-Spelaan (gem. Zottegem) en Ruien-Rosalinde (gem. Kluisbergen). *Notae Praehistoricae*, 35/2015: 5-23.

Samenvatting

In deze bijdrage beschrijven we de midden- en finaal-paleolithische vondsten die tijdens het archeologische onderzoek van SOLVA te Ronse-Pont West aan het licht kwamen. In een eerste luik worden de typologische en technologische kenmerken van de drie uitzonderlijke midden-paleolithische vondsten in detail weergegeven. In het tweede luik dat aan de finaal-paleolithische assemblage gewijd is, ligt de nadruk op de technologische eigenschappen van de vondsten, die door middel van een attribuutanalyse en refits bestudeerd werden.

Trefwoorden: Ronse - Pont West, midden-paleolithicum, finaal-paleolithicum, refitstudie, windval.

Résumé

Dans cette contribution, nous décrivons les artefacts du paléolithique-moyen et du paléolithique-final retrouvés lors des fouilles au site «Pont West» à Renaix par SOLVA. Une première partie de l'article concerne les caractéristiques typologiques et technologiques des trois artefacts exceptionnels du paléolithique moyen, tandis que la deuxième partie est dédié à l'étude de l'assemblage du paléolithique-final. Celle-ci concerne plutôt les aspects technologiques de l'assemblage, dérivés de quelques remontages et d'une lecture technologique des artefacts.

Mots-clés : Renaix « Pont West », Paléolithique moyen, Paléolithique final, remontages, chablis.

Hans VANDENDRIESSCHE
Universiteit Gent
Vakgroep Archeologie
35, Sint-Pietersnieuwstraat
BE - 9000 Gent
hans.vandendriessche@ugent.be

Bart CHERRETTÉ
Arne DEGRAEVE
Arne VERBRUGGE
SOLVA
25B, Industrielaan
BE - 9320 Aalst (Erembodegem)

Philippe CROMBÉ
Universiteit Gent
Vakgroep Archeologie
35, Sint-Pietersnieuwstraat
BE - 9000 Gent
philippe.crombe@ugent.be

The radiocarbon evidence from the Mesolithic site of Well-Aijen (NL): a Bayesian model

Jeroen VERHEGGE, Axel MÜLLER, Leo TEBBENS,
Izabel DEVRIENDT & Philippe CROMBÉ

1. Introduction

Because of severe floods in the Province of Limburg in the early '90s, the Province of Limburg and the Dutch government planned a large-scale civil project to prevent future floods of the Meuse. This project includes lowering of floodplain levels and the construction of new channels and is combined with extraction of sand and gravel for commercial goals.

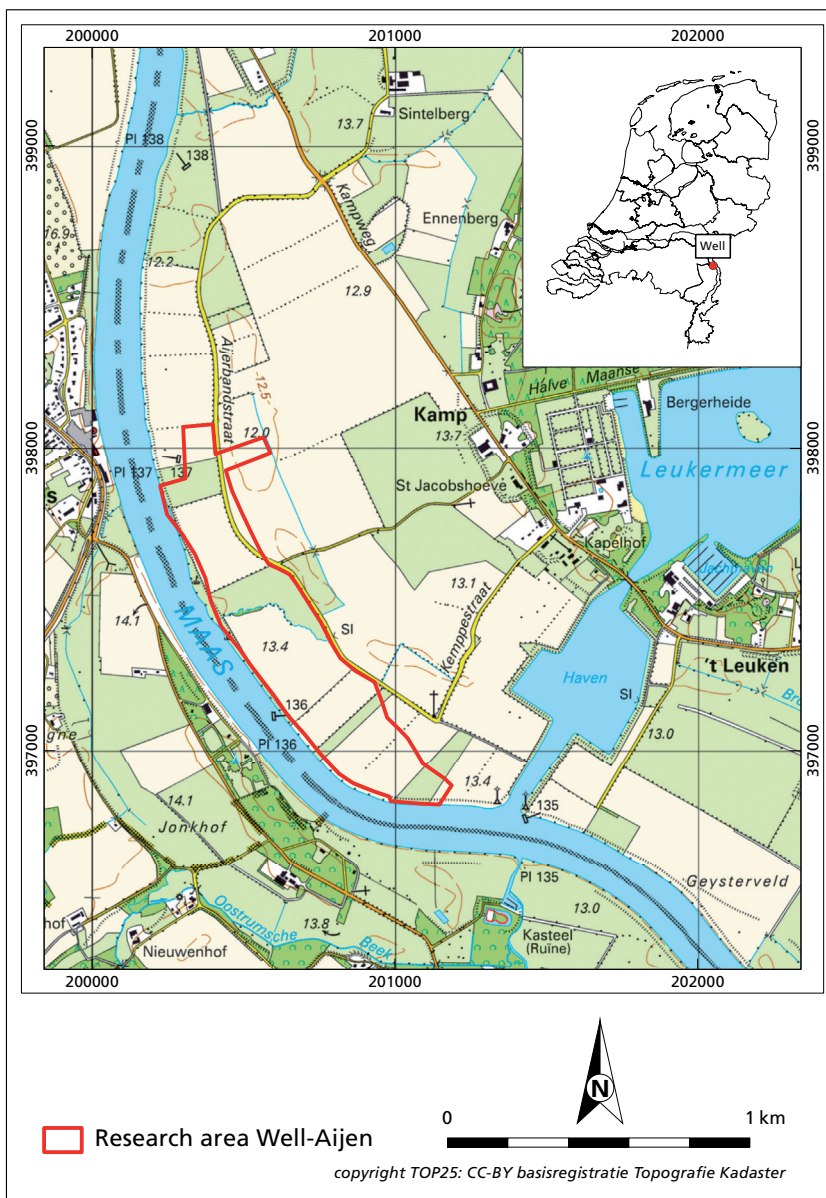


Fig. 1 – Position of the site of Well-Aijen within the Netherlands and the Meuse valley.

This paper deals with the area south of the hamlet Aijen and north of the village Well, one of many locations selected for preventive measures (Fig. 1). Before the construction of a new channel an extensive program of test trenches and archaeological assessments has been conducted in the area of the construction work (Tichelman, 2004; Kimenai & Mooren, 2014; Bouma & Muller, 2011). At these locations, the prehistoric landscape was found to be covered with substantial layers of river sediments during the Roman and post-Roman period and therefore very well preserved. Many artefacts and features from the Mesolithic and Neolithic period have been documented (Fig. 2). From early on it was clear that these sites were of major importance for understanding stone-age occupation in the river valley.

Because *in situ* preservation of the site was not an option a large-scale excavation was planned, funded by the Province of Limburg. Between 2012-2014 ADC and BAAC (two cultural resource management companies) collaborated in the excavation, Vestigia Consultancy supervised and the Dutch State Department for Cultural Heritage was the commissioning authority. A full report will be published in 2017.

The excavations are finished, but the data are still being analysed. Nevertheless, some preliminary conclusions can be drawn already. Prehistoric occupation is found on the fossil riverbanks (levees) of the Meuse (Fig. 2). The analysis of the excavated data

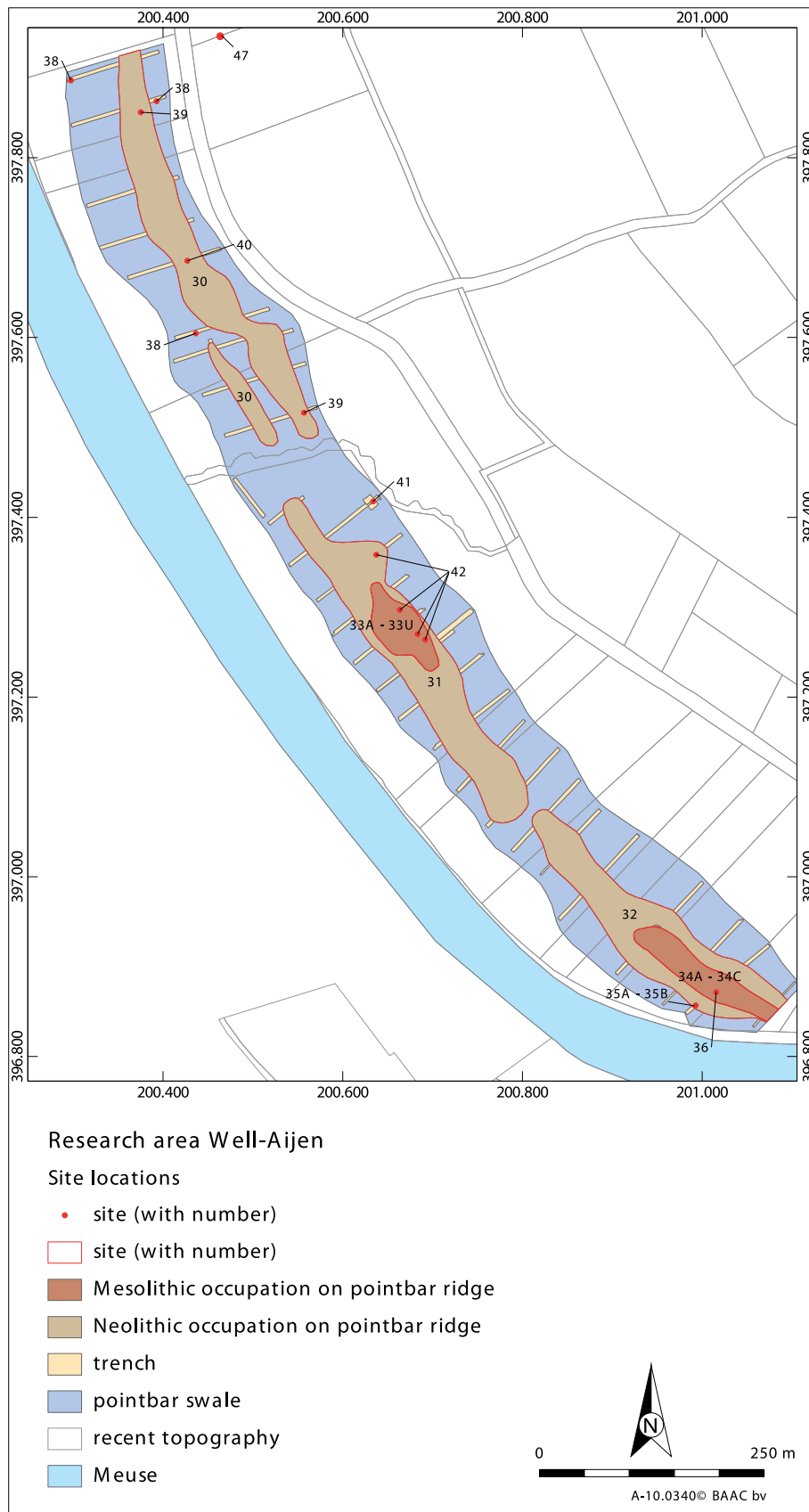


Fig. 2 – Distribution of the prehistoric sites at Well-Aijen.

shows a strong relation between occupation and the river. The location of sites changed over time as the course of the river Meuse changed as well. The earliest use of the river levees is dated in the preboreal Mesolithic period and ends in the Iron Age when the area starts to be covered with layers of river sediments. Since different zones or places along the river were used in different periods, there seems to be a strong relation between the evolution of the landscape, changes in vegetation and the behaviour of the people who used this landscape. A chronological framework is of utmost importance to get a clear view on these relations through time. Therefore, 84 samples have been analysed for AMS-¹⁴C-dates, of which 43 are related to the Neolithic or younger occupation phases, while 31 belong to the Mesolithic occupation phases.

2. The Mesolithic site

During the three excavation campaigns, fifteen Mesolithic flint scatters or clusters have been excavated. Based on the composition of the microliths eight clusters 47, 33E, 33F, 33G, 33H, 33K, 33L and 33U can be relatively dated in the Early Mesolithic. They are mainly characterised by points with natural base (obliquely truncated points and unilaterally backed points), but also by some triangles, points with retouched base and/or crescents. Other types, like hybrids or needle-shaped points, occur incidentally. Clusters 33S, 33Q and 33I have the same typological composition but differ by the presence of some backed bladelets (33S, 33Q) or a single invasively retouched microlith (33I). Whether these are part of the assemblage or intrusive remains unclear. Clearly of a younger, Middle Mesolithic age are clusters 34A, 34C and 35D which are characterised by a significant amount of backed bladelets, combined with invasively retouched microliths (cluster 34A) and some Early Mesolithic types (Tab. 1). Finally the armatures of cluster 35AB only consist of trapezes and transverse arrowheads. At cluster 35D, a single trapeze was found. Furthermore in both Late/Final Mesolithic clusters small amounts of pottery were collected. However the relation between the flint and the pottery within cluster 35D could not be corroborated due to bioturbation and the later covering of the site.

	Cluster 34A	Cluster 34C	Cluster 35D
Obliquely truncated points	1		
Triangles	2		
Needle-shaped points		1	
Backed bladelets	31	7	8
Invasively retouched microliths	6		
Undefined microlith fragments	4	3	
Symmetric trapezes			1

3. The chronological evidence

3.1. Stratigraphic evidence

Within three excavation areas the lithic remains seemed to occur in two different levels. The Early Mesolithic clusters 33L and 33K are situated on top of each other, clearly separated by a sandy river deposit. On the other hand within the two other areas no such sterile layer could be observed, yet it is clear that cluster 33Q overlies 33G while cluster 33I overlies 33H/U.

3.2. Radiocarbon evidence

Except for the Middle Mesolithic cluster 34A which is dated on unknown charcoal, only charred hazelnut shells were selected for radiocarbon dating (Tab. 2). Due to the extreme fragmentation of the burned hazelnut shells, the samples had to be composed of two or more small fragments; yet only fragments from the same excavation grid cell of 50 x 50 x 5 cm were combined in view of limiting possible contamination. Selection of

Tab. 1 – Typological composition of the microliths found within the Middle Mesolithic clusters.

samples was carefully done following the guidelines set by Crombé *et al.* (2009; 2013). Samples were retrieved as much as possible from latent surface hearths, as indicated by concentrations of overheated lithic artefacts (Sergant *et al.*, 2006). If this was not feasible, samples were taken from within the boundaries of the lithic scatters, avoiding hazelnut shells found outside them. Following this procedure nearly all Mesolithic clusters could be dated by one or more samples, except for clusters 33I, 33Q and 35D which yielded insufficient hazelnut shells¹.

1. Only for site 33I a radiocarbon date from a test trench is available (7334 ± 60 BP). It is however unclear if it can be related to the occupation phase and the flint assemblage.

Lab-code	Site Reference	Context Reference	Material	δ ¹³ C	Radiocarbon Age BP
SUERC-62696 (GU38626)	Well-Aijen (site 33E)	234991-1	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-24.9 ‰	9255 ± 34
SUERC-62697 (GU38627)	Well-Aijen (site 33E)	234991-2	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-25.4 ‰	9302 ± 34
SUERC-62698 (GU38628)	Well-Aijen (site 33E)	232953	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-25.0 ‰	9448 ± 34
SUERC-62699 (GU38629)	Well-Aijen (site 33S)	230565	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-24.7 ‰	8860 ± 34
SUERC-62700 (GU38630)	Well-Aijen (site 33S)	228391	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-25.2 ‰	8856 ± 34
SUERC-62704 (GU38631)	Well-Aijen (site 33F)	324828	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-22.7 ‰	9379 ± 34
SUERC-62705 (GU38632)	Well-Aijen (site 33F)	318504	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-27.5 ‰	8786 ± 34
SUERC-62706 (GU38633)	Well-Aijen (site 33F)	318508	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-24.0 ‰	8893 ± 37
SUERC-62707 (GU38634)	Well-Aijen (site 33H)	265235	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-23.2 ‰	9258 ± 34
SUERC-62708 (GU38635)	Well-Aijen (site 33H)	265315	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-25.4 ‰	9307 ± 34
SUERC-62709 (GU38636)	Well-Aijen (site 33H)	271839-1	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-26.0 ‰	9218 ± 34
SUERC-62710 (GU38637)	Well-Aijen (site 33H)	271839-2	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-26.6 ‰	9371 ± 34
SUERC-62714 (GU38638)	Well-Aijen (site 33H)	258610	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-25.9 ‰	9343 ± 34
SUERC-62715 (GU38639)	Well-Aijen (site 33H)	258531	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-26.5 ‰	9326 ± 34
SUERC-62716 (GU38640)	Well-Aijen (site 33H)	258771	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-27.1 ‰	9363 ± 34
SUERC-62717 (GU38641)	Well-Aijen (site 33H)	258873	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-26.2 ‰	9288 ± 34
SUERC-62718 (GU38642)	Well-Aijen (site 33K)	154183	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-23.7 ‰	>50000 Background Result
SUERC-62719 (GU38643)	Well-Aijen (site 33K)	154241	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-25.0 ‰	8911 ± 34
SUERC-62720 (GU38644)	Well-Aijen (site 33K)	154165	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-27.6 ‰	649 ± 34
SUERC-62724 (GU38645)	Well-Aijen (site 33L)	146092	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-27.8 ‰	9266 ± 34
SUERC-62725 (GU38646)	Well-Aijen (site 33L)	146192	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-24.9 ‰	9200 ± 34
SUERC-62726 (GU38647)	Well-Aijen (site 33L)	146212	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-23.5 ‰	9310 ± 34
SUERC-62727 (GU38648)	Well-Aijen (site 33G)	247812	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-25.8 ‰	9327 ± 34
SUERC-62728 (GU38649)	Well-Aijen (site 34A)	434129	Charcoal: Unknown	-24.7 ‰	8542 ± 34
SUERC-62729 (GU38650)	Well-Aijen (site 34A)	431909	Charcoal: Unknown	-24.9 ‰	8544 ± 34
SUERC-62730 (GU38651)	Well-Aijen (site 34A)	436249	Charcoal: Unknown	-23.8 ‰	8577 ± 34
SUERC-62734 (GU38652)	Well-Aijen (site 34C)	567841	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-24.9 ‰	7111 ± 34
SUERC-62735 (GU38653)	Well-Aijen (site 35A)	380625	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-26.3 ‰	5846 ± 34
SUERC-62736 (GU38654)	Well-Aijen (site 35B)	380032	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-24.6 ‰	5452 ± 34
SUERC-62737 (GU38655)	Well-Aijen (site 35A)	373597	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-27.1 ‰	5808 ± 34
SUERC-62738 (GU38656)	Well-Aijen (site 47)	127588	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-24.6 ‰	9207 ± 34
SUERC-62739 (GU38657)	Well-Aijen (site 47)	10969	Carbonised seeds : <i>Corylus avellana</i> fragments	-23.9 ‰	9255 ± 34

Tab. 2 – List of the 31 Mesolithic radiocarbon dates from Well-Aijen.

3.3. OSL evidence

An OSL date was obtained from the sandy river deposit in between 33L and 33K. The obtained results is: 9.1 ± 1.2 ka (before 2013).

3.4. Bayesian modelling

The radiocarbon dates (Tab. 2) can be used directly to interpret the archaeological results. Bayesian modelling of the dates allows the inclusion of different chronological archaeological data. In radiocarbon dating, Bayes' theorem is used to include absolute a priori knowledge about a dated event or function into non-Gaussian probability distributions of its dates, in order to obtain a preferably more accurate and precise posterior probability distribution of this event. Bayesian modelling of radiocarbon data integrating archaeological or other stratigraphic or depositional information has been introduced over two decades ago (Buck *et al.*, 1991; Buck *et al.*, 1992). It was only after user friendly software was developed by Bronk Ramsey (1995; 2001; 2009), Stuiver and Reimer (1993) and others that these techniques have become more widely and easily applied by archaeologists, but also critically evaluated (Steier & Rom, 2000). Calibration, analysis and Bayesian modelling of the dates were performed using Oxcal 4.2 (Bronk Ramsey, 2009) and the IntCal13 curve (Reimer *et al.*, 2013).

At Well-Aijen, the association of the dated samples with Early, Middle and Late Mesolithic artefacts allowed typological ordering of the dates into a Sequence of three contiguous Phases (without hiatuses) (filled blue boxes in Fig. 3). By using a simple Boundary (arrows in Fig. 3) to bound the phases, a uniform distribution with random ordering of the dates is assumed within the Phase. In addition, various samples associated with a single hearth were combined into a single modelled date using the R_combine function (blue lined boxes in Fig. 3). The dates were only combined if they passed a Chi-squared test at 5 %. Finally, stratigraphic information was also included as a contiguous sequence as a refinement within the Early Mesolithic phase because site 33L hearth 2 (with 3 combined dates) was covered by an OSL dated sediment layer on which the site 33K-154241 dated sample was retrieved. The association of sample 34C-567841 with Middle Mesolithic artefacts was unclear, therefore it was marked as an outlier (marked by "?"). This prior information is schematically illustrated in Fig. 3.

The results of the modelling procedure are shown in Fig. 4 and Tab. 3. The results indicate a good fit for the general model. The date on sample 33F-318504 has a bad agreement index, however, as it stands out of the distribution of the Early Mesolithic phase and as a consequence, the boundary between the Early and Middle Mesolithic period is modelled quite early, i.e. between 10125 cal BP and 9725 cal BP. Similarly the boundary between the Middle and Late Mesolithic period is modelled with a large uncertainty, between 9532 cal BP and 6584 cal BP. This is due to the lack of (uniformly distributed) samples during the Middle Mesolithic period.

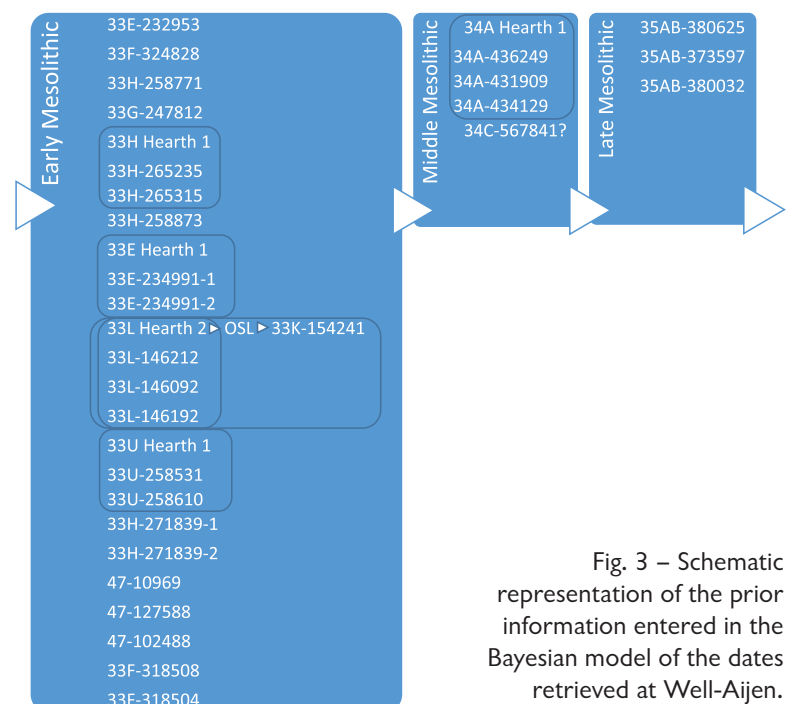


Fig. 3 – Schematic representation of the prior information entered in the Bayesian model of the dates retrieved at Well-Aijen.

Name	Unmodelled (BP)			Modelled (BP)			Indices			
	from	to	%	from	to	%	Acomb	A	P	C
<i>Amodel 77.5</i> <i>Aoverall 77"</i>										
<i>Sequence Well-Aijen</i>										
Boundary Start Early Mesolithic				10809	10593	95				99
<i>Phase Early Mesolithic</i>										
R_Date Site 33E-232953	10761	10581	95	10720	10575	95		90.6		99
R_Date Site 33F-324828	10695	10515	95	10681	10514	95		102		99
R_Date Site 33H-258771	10686	10503	95	10676	10501	95		102		99
R_Date Site 33G-247812	10654	10423	95	10652	10424	95		101		99
R_Combine Site 33H Hearth 1	10571	10398	95	10571	10398	95		99.8		99
R_Date Site 33H-258873	10581	10301	96	10582	10301	95		100		100
R_Combine Site 33E Hearth 1	10570	10304	95	10570	10305	95		99.8		100
<i>Sequence 33L>33K</i>										
R_Combine Site 33L Hearth 2	10520	10299	95	10543	10301	95		103		100
N OSL	11435	6635	95	10499	9995	95		84.5		100
R_Date Site 33K-154241	10182	9914	95	10185	9934	95		98		100
R_Combine Site 33U Hearth 1	10650	10441	95	10649	10440	95		101		100
R_Date Site 33H-271839-1	10496	10261	95	10496	10263	95		100		100
R_Date Site 33H-271839-2	10691	10511	95	10676	10509	95		102		100
R_Date Site 47-10969	10554	10287	95	10553	10286	95		100		99
R_Date Site 47-127588	10491	10254	95	10491	10254	95		99.9		99
R_Date Site 47-102488	10486	10248	95	10486	10248	95		100		100
R_Date Site 33F-318508	10184	9894	95	10184	9930	95		101		100
R_Date Site 33F-318504	10115	9661	95	10156	9779	95		36.9		100
Boundary Transition Early to Middle Mesolithic				10125	9725	95				99
<i>Phase Middle Mesolithic</i>										
R_Combine Site 34A Hearth 1	9548	9500	95	9548	9503	95		95.7		100
R_Date Site 34C-567841	8006	7861	95	8006	7861	95			80	99
Boundary Transition Middle to Late Mesolithic				9532	6584	95				98
<i>Phase Late Mesolithic</i>										
R_Date Site 35AB-380625	6743	6561	95	6741	6560	95		98.8		100
R_Date Site 35AB-373597	6715	6498	95	6715	6498	95		100		100
R_Date Site 35AB-380032	6303	6197	95	6306	6201	95		99.3		100
Boundary End Late Mesolithic				6322	4436	95				98
Length Early Mesolithic				508	1015	95				99
Length Middle Mesolithic				528	3461	95				98
Length Late Mesolithic				342	3935	95				96

Tab. 3 – Results of the Bayesian modelling at Well-Aijen (A: agreement index, P: outlier probability, C: convergence).

OxCal v4.2.4 Bronk Ramsey (2013); r:5 IntCal13 atmospheric curve (Reimer et al 2013)

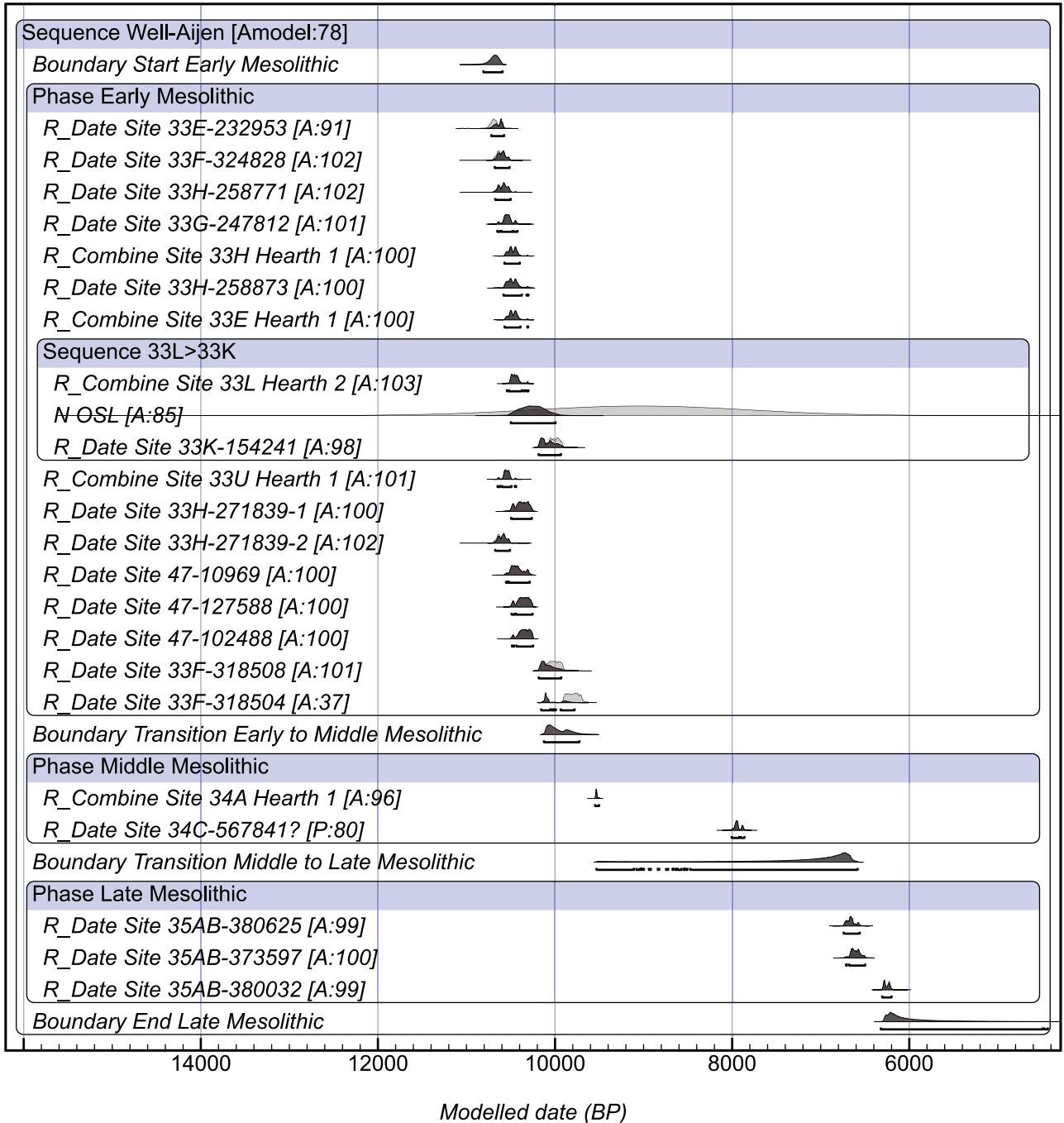


Fig. 4 – Results of the Bayesian modelling at Well-Aijen (Modelled and calibrated date ranges at 2 σ , A: agreement index, ?: outlier marker with P: outlier probability).

4. Conclusions

If we accept the above modelling results, the start of the Middle Mesolithic at Well-Aijen is situated well before the onset of the cooling event known as the 9.3 ka cal BP event, as known from the Greenland ice-core records (Rasmussen et al., 2007) and the deep-sea cores (Bond et al., 1997). According to the most recent INTIMATE event stratigraphy (Blockley et al., 2012; Rasmussen et al., 2014) this abrupt climate event started at 9350 cal BP and ended at 9240 cal BP. In a recent paper Robinson et al. (2013) demonstrated on the basis of a critical analysis of the available radiocarbon evidence that the appearance of invasively retouched microliths, which mark the start of the Middle Mesolithic, was

a direct response to this cooling event. Robinson *et al.* suggest that the latter led to environmental stress which triggered the development of inter-regional social networks, e.g. by expanding long-distance raw material exchange and creating particular socially symbolic artifact types.

The radiocarbon dates from Well-Aijen presented in this paper, in particular those from cluster 34A, seem to contradict this theory. However, we should be cautious as the latter are conducted on samples of undetermined charcoal fragments. Earlier studies (Crombé *et al.*, 2009; 2013) have emphasized the problems and risks with this kind of samples in dating unstratified Mesolithic contexts. Charcoal samples can be affected by the old wood effect or may be of natural origin (forest fires) making them less reliable. Similar doubts can be addressed to three recently obtained dates on cremated human bones from the Middle Mesolithic site of Rotterdam “Beverwaard” (Zijl *et al.*, 2011). As no cross-dating with other dating material has so far been done, the reliability of these bone dates remains unverified. Inter comparison research on other sites (Crombé *et al.*, 2013) has shown that cremated bone dates are often not compatible with other dates from the same context, especially for the Late glacial and Early/Middle Holocene (> 5000 uncal BP). Based on all these arguments, we currently conclude that a start of the Middle Mesolithic prior to the 9.3 ka cal BP cooling event remains to be proven.

Bibliography

BLOCKLEY S. P. E., LANE C. S., HARDIMAN M., RASMUSSEN S. O., SEIERSTAD I. K., STEFFENSEN J. P., SVENSSON A., LOTTER A. F., TURNEY C. S., BRONK RAMSEY C. & INTIMATE members, 2012. Synchronisation of palaeoenvironmental records over the last 60 000 years, and an extended INTIMATE event stratigraphy to 48 000 b2k. *Quaternary Science Reviews*, 36: 2-10.

BOND G., SHOWERS W., CHESEBY M., LOTTI R., ALMASI P., DE MENOCAL P., PRIORE P., CULLEN H., HAJDAS I. & BONANI G., 1997. A pervasive millennial-scale cycle in North Atlantic Holocene and glacial climates. *Science*, 278: 1257-1266.

BOUMA N. & MULLER A., 2014. *Tienduizend jaar landschaps- en bewoningsgeschiedenis in het Maasdalen tussen Well en Aijen. Een verkennend*

en waarderend onderzoek in de deelgebieden 1 en 4 en een archeologische opgraving in deelgebied 2 te Well Aijen Hoogwatergeul werkvak 4. ADC rapport, 3472, Amersfoort.

BRONK RAMSEY C., 1995. Radiocarbon calibration and analysis of stratigraphy: The OxCal program. *Radiocarbon*, 37(2): 425-430.

BRONK RAMSEY C., 2001. Development of the radiocarbon calibration program. *Radiocarbon*, 43(2A): 355-363.

BRONK RAMSEY C., 2009. Bayesian analysis of radiocarbon dates. *Radiocarbon*, 51(1): 337-360.

BUCK C. E., KENWORTHY J. B., LITTON C. D. & SMITH A. F. M., 1991. Combining archaeological and radiocarbon information – a Bayesian approach to calibration. *Antiquity*, 65(249): 808-821.

BUCK C. E., LITTON C. D. & SMITH A. F. M., 1992. Calibration of radiocarbon results pertaining to related archaeological events. *Journal of Archaeological Science*, 19(5): 497-512.

CROMBÉ P., ROBINSON E., VAN STRYDONCK M. & BOUDIN M., 2013. Radiocarbon dating of Mesolithic open-air sites in the coversand area of the North-West European Plain: problems and prospects. *Archaeometry*, 3: 545-562.

CROMBÉ P., VAN STRYDONCK M. & BOUDIN M., 2009. Towards a refinement of the absolute (typo)chronology for the Early Mesolithic in the coversand area of Northern Belgium and the Southern Netherlands. In: Crombé P., Van Strydonck M., Sergeant J., Boudin M. & Bats M., ed., *Chronology and Evolution within the Mesolithic of North-West Europe: Proceedings of an International Meeting*, Cambridge Scholars Publishing, Newcastle: 95-112.

KIMENAI P. & MOOREN J. R., 2014. *Steentijd-sites langs de Maas. Hoogwatergeul Well-Aijen, Werkvak 2 Inventariserend veldonderzoek*. BAAC-Rapport, A-10.0340, 's-Hertogenbosch.

RASMUSSEN S. O., VINTHER B. M., CLAUSEN H. B. & ANDERSEN K. K., 2007. Early Holocene climate oscillations recorded in three Greenland ice cores. *Quaternary Science Reviews*, 26: 1907-1914.

RASMUSSEN S. O., BIGLER M., BLOCKLEY S. P., BLUNIER T., BUCHARDT S. L., CLAUSEN H. B., CVIJANOVIC I., DAHL-JENSEN D., JOHNSEN S. J., FISCHER H., GKINIS V., GUILLEVIC

M., HOEK W. Z., LOWE J. J., PEDRO J. B., POPP T., SEIERSTAD I. K., STEFFENSEN J. P., SVENSSON A. M., VALLELONGA P., VINTHER B. M., WALKER M. J. C., WHEATLEY J. J. & WINSTRUP M., 2014. A stratigraphic framework for abrupt climatic changes during the Last Glacial period based on three synchronized Greenland ice-core records: refining and extending the INTIMATE event stratigraphy. *Quaternary Science Reviews*, 106: 14-28.

REIMER P. J., BARD E., BAYLISS A., BECK J. W., BLACKWELL P. G., BRONK RAMSEY C., BUCK C. E., CHENG H., EDWARDS R. L., FRIEDRICH M., GROOTES P. M., GUILDERSON T. P., HAFLIDASON H., HAJDAS I., HATTÉ C., HEATON T. J., HOFFMANN D. L., HOGG A. G., HUGHEN K. A., KAISER K. F., KROMER B., MANNING S. W., NIU M., REIMER R. W., RICHARDS D. A., SCOTT E. M., SOUTHON J. R., STAFF R. A., TURNEY C. S. M. & VAN DER PLICHT J., 2013. IntCal13 and Marine13 radiocarbon age calibration curves 0–50,000 years cal BP. *Radiocarbon*, 55(4) : 1869-1887.

ROBINSON E., VAN STRYDONCK M., GELORINI V. & CROMBÉ P., 2013. Radiocarbon chronology and the correlation of hunter-gatherer sociocultural change with abrupt palaeoclimate change: the Middle Mesolithic in the Rhine-Meuse-Scheldt area of northwest Europe. *Journal of Archaeological Science*, 40(1): 755-763.

SERGANT J., CROMBÉ P. & PERDAEN Y., 2006. The 'invisible' hearths: a contribution to the discernment of Mesolithic non-structured surface hearths. *Journal of Archaeological Science*, 33(7): 999-1007.

STEIER, P. & ROM, W., 2000. The use of Bayesian statistics for C-14 dates of chronologically ordered samples: A critical analysis. *Radiocarbon*, 42(2): 183-198.

STUIVER M. & REIMER P. J., 1993. Extended C-14 Data-base and revised CALIB 3.0 C-14 age calibration program. *Radiocarbon*, 35(1): 215-230.

TICHELMAN G., 2005. *Archeologisch onderzoek in het kader van de Maaswerken, Inventariserend Veldonderzoek, waarderende fase Well-Aijen*. ADC-rapport, 404, Bunschoten.

ZIJL W., NIEKUS M., PLOEGAERT P. & MOREE J., 2011. Rotterdam Beverwaard Tramremise. De opgraving van de top van een donk met sporen uit het Mesolithicum en Neolithicum (vindplaats 13-83). *BOOR rapporten*, 439.

Abstract

Salvage excavations at the wetland site of Well-Aijen led to the discovery of numerous Mesolithic (and Neolithic) sites. This paper discusses the chronology of the Mesolithic occupation of the site by means of a Bayesian modelling of the radiocarbon evidence. Finally the results are discussed in terms of the transition of the Early to the Middle Mesolithic and its synchronicity with the 9.3 ka cal BP cooling event.

Keywords: Well-Aijen, Province of Limburg (NL), Mesolithic, radiocarbon dates, Bayesian modelling, 9.3 ka cal BP event.

Samenvatting

Bij preventieve opgravingen op de wetland vindplaats van Well-Aijen kwamen meerdere mesolithische (en neolithische) sites aan het licht. In dit artikel wordt de chronologie van de mesolithische bewoning via een Bayesiaanse modellering van 31 koolstofdateringen, hoofdzakelijk uitgevoerd op verkoolde hazelnootschelpen, geanalyseerd. Bijzondere aandacht gaat hierbij uit naar de overgang van het vroeg naar het midden-mesolithicum en de mogelijke relatie met de 9.3 ka cal BP afkoeling.

Trefwoorden: Well-Aijen, provincie Limburg (NL), mesolithicum, koolstofdatering, Bayesiaanse statistiek, 9.3 ka cal BP event.

Philippe CROMBÉ
Jeroen VERHEGGE
Universiteit Gent
Vakgroep Archeologie
35, Sint-Pietersnieuwstraat
BE - 9000 Gent
philippe.crombe@ugent.be
jeroen.verhegge@ugent.be

Axel MÜLLER
ADC ArcheoProjecten
114, Nijverheidsweg-Noord
NL - 3812 PN Amersfoort
a.muller@archeologie.nl

Leo TEBBENS
BAAC Nederland
103, Graaf van Solmsweg
NL - 5222 BS 's-Hertogenbosch
l.tebbens@baac.nl

Izabel DEVRIENDT
Archeo Lithics
9, Louis Varlezstraat
BE - 9030 Mariakerke (Gent)
http://www.archeolithics.com

Grootschalig waarderend testvakkenonderzoek ter hoogte van het Logistiek Park Waasland Fase West (Verrebroek-Beveren, Oost-Vlaanderen, België)

Yves PERDAEN, Inger WOLTINGE,
Marieke OPBROEK & Dimitri DE LOECKER

1. Inleiding

Afgelopen zomer heeft BAAC Vlaanderen verder archeologisch onderzoek uitgevoerd ter hoogte van het toekomstig Logistiek Park Waasland Fase West in Verrebroek (Schoorhavenweg, Beveren, Oost-Vlaanderen, België). Vorige zomer kwam Zone 3 in het noordoosten van het projectgebied aan bod (Perdaen et al., 2015). Hier zijn toen zes kleine vondstlocaties, samen goed voor zo'n 300 m², vlakdekkend onderzocht. Het betrof de resten van zowel kleine kampementen als zones met een lage tot zeer lage vondstdensiteit. Daarnaast zijn ook twee opgevlude (erosie)geulen, centraal en in het uiterste westen van het projectgebied, door middel van enkele profielsleuven uitgebreid gedocumenteerd en bemonsterd. Deze zomer ging onze aandacht uit naar Zone 4, de ca. 17 ha grote, met veen en overstromingssedimenten afgedekte, noord-zuid georiënteerde zandrug in de westelijke helft van het projectgebied. De klemtoon van het archeologisch



Fig. 1 – Topografische kaart van het projectgebied.

onderzoek lag daarbij op het verder waarden van de zandrug. Het archeologisch karterend booronderzoek (10 x 10 m grid) had namelijk duidelijk gemaakt dat deze rug over zowat zijn volledige oppervlakte bedekt is met artefacten (Crijns et al., 2014; Noens et al., 2015). Het waarderend prospectieonderzoek is gebeurd door dwars over deze zandrug vier grote werkputten aan te leggen die op hun beurt systematisch zijn geëvalueerd d.m.v. testvakken (50 x 50 x 10 cm). Op basis van de resultaten van deze evaluatie wordt in overleg met het agentschap Onroerend Erfgoed beslist welke zones in 2017 verder zullen worden onderzocht.

In het huidige artikel gaan we kort in op het net afgeronde veldwerk. Net als vorig jaar is deze schets gebaseerd op veldwaarnemingen en een primaire screening van de zeefresidu's; de gepresenteerde resultaten moeten dus als zeer voorlopig worden gezien.

2. Het waarderend testvakkenonderzoek

Zoals aangegeven had het karterend archeologisch booronderzoek (10 x 10 m grid) duidelijk gemaakt dat over zowat de volledige oppervlakte van de ca. 17 ha grote zandrug (Zone 4) prehistorisch vondstenmateriaal aanwezig is (Crijns et al., 2014; Noens et al., 2015). Iets meer dan 6 % van de bemonsterde boorlocaties leverde vuursteenvondsten op, maar daarnaast zijn ook enkele fragmentjes gecalcineerd bot evenals de resten van verkoolde hazelnootdoppen aangetroffen. De grootste vondstdichtheid werd daarbij aangetroffen nabij en op de top van de rug. Mogelijk vormen deze de neerslag van een reeks elkaar overlappende vondstconcentraties en hebben we hier te maken met een palimpsestsituatie. Het voorkomen van verbrande indicatoren (vuursteen, bot & hazelnoot) kan daarbij wijzen op de aanwezigheid van (latente) haarden. Chronologische indicatoren zijn slechts beperkt voorhanden en duiden in de eerste plaats op een mesolithische component (microlieten en kerfresten).



Fig. 2 – Sfeerbeeld van het veldwerk.

Met het waarderend testvakkenonderzoek willen we het beeld zoals het uit het karterend archeologisch booronderzoek naar voor komt verder te verfijnen. Het doel is een gedetailleerder beeld te krijgen van de vondstspreading, het grondstofgebruik, de gaafheid en de chronologische variabiliteit binnen deze prehistorische aanwezigheid om op basis van deze informatie, in overleg met het agentschap Onroerend Erfgoed, een onderbouwde selectie voor vervolgonderzoek (in 2017) te kunnen doorvoeren.

In totaal is afgelopen zomer iets meer dan 6 ha van de zandrug (ca. 35 %) geëvalueerd. Deze 6 ha is verdeeld over vier grote werkputten (WP4.1-WP4.4) die verspreid liggen over de lengte van de zandrug. De testvakken zelf (0,5 x 0,5 x 0,1 m) zijn aangelegd in een verspringend driehoeksgrid van 1,5 x 1,5 m. Alles samen zijn iets meer dan 30 000 testvakken uitgezet. Hiermee hopen we een representatief beeld te krijgen van de prehistorische aanwezigheid op de rug.

3. Bodem en gaafheid

In globale termen is voor de ganse zandrug sprake van relatief gave bodems. Op de hoogste terreindelen is een goed ontwikkelde podzolbodem aanwezig. Helling afwaarts, aansluitend bij de opgevulde (erosie)geulen, is eerder sprake van een sterk humeuze A-horizont met daaronder een licht humeuze B-horizont (cf. Fechner & Langohr, 1993; Crombé et al., 2000). Op de laagstgelegen terreindelen is geen bodemvorming vastgesteld.

Specifiek voor de podzolbodems is slechts lokaal sprake van een duidelijk aanwezige A-horizont. Een E-horizont is wel steeds aangetroffen, met uitzondering van enkele uitgesproken microrugjes die tot in de B- of BC-horizont zijn afgetopt. Dit zijn tevens de locaties met een minimale afdekking. Hier ontbreekt het veenpakket en maakt het zand rechtstreeks contact met de estuariene afzetting. Op andere plaatsen is de top van de E-horizont deels aangetast door middeleeuwse landbouwactiviteiten. Daarnaast is de bodem op verschillende locaties geroerd door windvalstructuren. Hoe groot het percentage van de bodem op deze manier verstoord is geraakt is momenteel nog onduidelijk; niet alle windvalstructuren zijn tijdens het veldwerk herkend. Om de zandrug zoveel mogelijk te beschermen tegen erosie en beschadiging tot aan de start van het vlakdekkend onderzoek in 2017 is tijdens het machinaal verwijderen van de bovengrond in de werkputten tot enkele centimeters boven het zand gegraven. Ter hoogte van de testvakken is vervolgens handmatig verdiept tot aan de top van het zand. Met andere woorden, de windvalstructuren blijven grotendeels onopgemerkt onder een dun pakket veen, overstromingssedimenten of de middeleeuwse akkerlaag. Deze problematiek is deels opgevangen door de bodem in de testvakken systematisch te registreren, maar rekening houdend met de beperkte waarnemingsoppervlakte ter hoogte van de testvakken zullen een aantal windvalstructuren onopgemerkt zijn gebleven. Ook de pre-podzolwindvallen worden in deze fase van het onderzoek niet herkend.

4. Het vondstmateriaal

Op het moment van het schrijven is het splits- en analysewerk nog volop aan de gang. Onze inzichten in de typo-chronologische samenstelling van het aangetroffen vondstmateriaal is m.a.w. nog zeer beperkt. Duidelijk is wel dat op de zandrug verschillende occupatiefases aanwezig zijn. Naast de verwachte vroeg-mesolithische bewoning zijn er ook aanwijzingen voor een midden- en laat-mesolithische aanwezigheid onder de vorm van enkele (smalle) microklingen met afgestompte boord, spitsen met vlakke retouches en trapezia. Zeer duidelijk clusteren deze vondsten niet, waardoor het vooralsnog onmogelijk is om specifieke zones aan te duiden. Opvallend is het regelmatig voorkomen

van kenmerkende neolithische artefacten. We denken hierbij aan (fragmenten van) spitsklingen, kernen en afslagen met polijstsporen, bifaciale werktuigen, een *tranchet* bijl, een mogelijk halffabricaat van een bijl, evenals verschillende types pijlpunten (driehoekige, bladvormige, gesteelde, gevleugelde,...). Aardewerk is eveneens aangetroffen, maar met uitzondering van het Romeins of middeleeuws materiaal laat het zich slechts zelden nader dateren (o.m. vuursteen verschaalde scherven).

5. Discussie

Bovenstaand beeld staat in schril contrast met de waarnemingen in Zone 3. Ook in Zone 3 is neolithisch materiaal aangetroffen, zij het slechts onder de vorm van een aantal losse vondsten. Zo is tijdens het onderzoek van WP 3.9 een bladvormige pijlpunt gevonden (Perdaen *et al.*, 2015). Bij het vooronderzoek door Gate zijn in KV 10 een bijlfragment met polijstsporen en in KV 15 een dwarspijl aan het licht gekomen. Opmerkelijk is dat de drie vondsten meerdere tientallen meters uit elkaar liggen. Bovendien zijn tijdens het proefsleuvenonderzoek in Zone 3 geen bijkomende aanwijzingen aangetroffen voor een neolithische occupatie in het projectgebied (e.g. bodemsporen; Crijns *et al.*, 2014).

Als we de resultaten van het testvakkenonderzoek vergelijken met een aantal (oppervlakte) vindplaatsen in Zandig Vlaanderen (bv. Eksaarde-Fondatie, Aalter-Stratem & Ursel-Wagemakersbeek) dan kunnen we stellen dat er in Zone 4 vermoedelijk meerdere neolithische nederzettingen aanwezig zijn. Op basis van enkele relatief goed onderzochte midden-neolithische vindplaatsen zoals Doel-Deurganckdok zone C (Crombé *et al.*, 2000), Melsele-Hof ten Damme (van Berg *et al.*, 1992) of Gent-Port Arthur (Otte *et al.*, 1986) hanteren onderzoekers zoals Ph. Crombé (Crombé & Sergant, 2008) het criterium van ca. 3-4 pijlpunten (in combinatie met bijlfragmenten, brede klingen en/of afslagkernen) om bepaalde oppervlaktevindplaatsen als nederzetting te bestempelen. Deze aantallen worden in Zone 4 met gemak overschreden en maken duidelijk dat we in Zandig Vlaanderen vermoedelijk vooral te maken hebben met relatief kleine, kortstondig bewoonde locaties (hoogstwaarschijnlijk individuele huisplaatsen).



Fig. 3 – Eén van de neolithische vondsten.

Daarnaast moet ook rekening worden gehouden met het feit dat het beeld dat uit het testvakkenonderzoek naar voren komt mogelijk vertekend is. Daar zijn verschillende redenen voor. Door het kleine formaat van de mesolithische microlieten zullen tijdens het splitswerk niet alle elementen die tot de pijlbewapening behoren worden opgemerkt. Het neolithisch materiaal zal – door zijn groter formaat – minder snel over het hoofd worden gezien. Deze discrepantie zal uiteraard door de verder analyses worden gecorrigeerd. Een factor waar we echter veel minder vat op hebben is de mogelijke aanwezigheid van een zgn. latente- of fantoomstratigrafie. Dit houdt in dat er een relatie bestaat tussen de datering en diepteligging van de vondsten. De verklaring hiervoor moet worden gezocht in de duur en intensiteit van de bioturbatie waaraan de vondsten zijn blootgesteld; m.a.w. de migratiediepte neemt toe naarmate de ouderdom van het archeologisch materiaal stijgt. Concreet betekent dit dat het mesolithisch materiaal zich over het algemeen dieper in de bodem bevindt dan het neolithisch materiaal. Een dergelijke fantoomstratigrafie is o.m. opgemerkt in Halen-Broekweg (NI) (Bats *et al.*, 2010) en Bazel-Sluis (Meylemans *et al.*, 2016). Of ze ook in Verrebroek-LPWW aanwezig is, is moeilijk te zeggen, maar het is vermoedelijk geen toeval dat de neolithische vondsten in Zone 3 enkel in de bovenste niveaus zijn aangetroffen. Zo is de bladvormige pijlpunt uit WP3.9 uit het eerste vondstniveau afkomstig (0-5 cm). Het bijfragment uit KV 10 werd zelfs gevonden bij de aanleg van het vlak (Crijns *et al.*, 2014: 136). Met betrekking tot de dwarspijl is geen informatie beschikbaar over de diepteligging (Crijns *et al.*, 2014: 145), maar deze bedraagt maximaal 20 cm. De kenmerkende (vroeg-)mesolithische microlieten liggen gemiddeld dieper. Op basis van de eerste gegevens met betrekking tot WP 3.8 worden ze vooral op een diepte van 10 tot 30 cm aangetroffen.

In meer algemene termen kunnen we voor het vroeg mesolithicum in Zone 3 stellen dat de bovenste 10 cm van de bodem ca. 20 % tot 35 % van de vondsten bevat. Het niveau eronder (10-20 cm) bezit 30 à 40 % van de vondsten, en het derde niveau (20-30 cm) nog zo'n 20-25 %. Het percentage aan vondsten in de niveaus 4 tot en met 8 (30-80 cm) is verhoudingsgewijs laag en bedraagt slechts enkele procenten. Dit spreidingspatroon sluit zeer goed aan bij de waarnemingen op de nabijgelegen vroeg-mesolithische vindplaats van Verrebroek-Dok 1 (Sergant, 2004). Daarbij moet rekening worden gehouden met het feit dat het steeds globale percentages betreft waarbij de vondstaantallen per niveau zijn samengenomen. Ter hoogte van de kern van de concentraties zijn de verhoudingen iets anders. Daar is de verticale spreiding ook het grootst. Er van uitgaande dat de microlieten dit globale spreidingspatroon volgen, mogen we – toch zeker wat het vroeg mesolithicum betreft – aannemen dat slechts 20-35 % van dit artefacttype in het eerste vondstniveau aanwezig is. Met de kans dat ze dan ook nog eens in de testvakjes worden aangetroffen is dan nog geen rekening gehouden. Het komt er m.a.w. op neer dat we vaak over niet veel meer dan één of twee microlieten beschikken om een vondstcluster aan een specifieke periode toe te wijzen.

Dankwoord

Graag wensen wij onze collega's en de vele job- en stagestudenten te bedanken voor hun inzet en aangename werksfeer tijdens het veldwerk. Oprechte dank ook aan het agentschap Onroerend Erfgoed (Inge Zeebroek & Erwin Meylemans) en de wetenschappelijke begeleiding (Bart Vanmontfort [KUL] & Philippe Crombé [UGent]) voor hun steun en hulp waar nodig. Tot slot nog een uitdrukkelijk woord van dank aan onze opdrachtgever, de Maatschappij Linkerscheldeover, die de financiering van het ganse project voor haar rekening neemt.

Bibliografie

- BATS M., CROMBÉ P., DEVRIENDT I., LANGOHR R., MIKKELSEN J. H., RYSSAERT C. & VAN DE WATER A., 2010. *Een vroegmesolithische vindplaats te Haelen-Broekweg (gem. Leudal, provincie Limburg)*. Rapportage Archeologische Monumentenzorg, 190, Amersfoort.
- CRIJNS J., NOENS G., ALLEMEERS L., BATS M., JONGEPIER I., LALOO P., ROZEK J., SERGANT J., SOENS T. & WINDEY S., 2014. *Beveren-Verrebroek Logistiek Park Waasland Fase West. Eindrapport van het archeologisch vooronderzoek d.m.v. bureaustudie, boringen, geofysische prospectie en proefsleuvenonderzoek (03/2013-01/2014)*. GATE-rapport, 73, Evergem.
- CROMBÉ P. & SERGANT J., 2008. Tracing the Neolithic in the lowlands of Belgium: the evidence from Sandy Flanders. In: Fokkens H., Coles Br., van Gijn A., Kleijne J., Ponjee H. & Slappendel C. (red.), *Between foraging and farming. An extended broad spectrum of papers presented to Leendert Louwe Kooijmans*, *Analecta Praehistorica Leidensia*, 40, Leiden: 75-84.
- CROMBÉ P., VAN ROEYEN J.-P., SERGANT J., PERDAEN Y., CORDEMANS K. & VAN STRYDONCK M., 2000. Doel "Deurganckdok" (Flanders, Belgium): settlement traces from the Final Palaeolithic and the Early to Middle Neolithic. *Notae Praehistoricae*, 20/2000: 111-119.
- FECHNER K. & LANGOHR R., 1993. Testing of the archaeopedological checklist in the excavations of Melsele (N. Central Belgium) and Gavisse (N. E. France). *Notae Praehistoricae*, 12/1992: 95-104, 2 platen in bijlage.
- MEYLEMANS E., PERDAEN Y., SERGANT J., BASTIAENS J., CROMBÉ P., DEBRUYNE S., DEFORCE K., DU RANG E., ERVYNCK A., LENTACKER A., STORME A. & VAN NEER W., 2016. *Archeologische opgraving van een middenmesolithische tot midden-neolithische vindplaats te 'Bazel-sluis 5' (gemeente Kruibeke, provincie Oost-Vlaanderen)*. Onderzoeksrapport agentschap Onroerend Erfgoed, 40, Brussel.
- NOENS G., BATS M., CRUZ F. & SERGANT J., 2015. Archeologische verkenning, kartering en waardering van een uitgestrekt afgedekt prehistorisch landschap te Verrebroek – Logistiek Park Waasland Fase West (Beveren, Oost-Vlaanderen, BE). *Notae Praehistoricae*, 35/2015: 203-221.
- OTTE M, GOB A., CAUWE N. & HURT V., 1986. Les documents préhistoriques inédits (Paléolithique, Mésolithique, Néolithique et âge du bronze) découvertes à Gent/Port-Arthur. In: Thoen H., Bourgeois J. & De Laet S. J. (red.), *Les fouilles du Séminaire d'Archéologie de la Rijksuniversiteit te Gent à Destelbergen-Eenbeekeinde (1960-1984) et l'histoire la plus ancienne de la région de Gent (Gand)*, *Dissertationes Archaeologicae Gandenses*, 23, Brugge: 157-201.
- PERDAEN Y., SERGANT J. & CROMBÉ P., 2004. Early Mesolithic Landscape-Use and Site-Use in Northwestern Belgium: The Evidence from Verrebroek "Dok". In: Crombé Ph. (red.), *Landscape-Use During the Final-Palaeolithic and Mesolithic in NW-Europe: The formation of Extensive Sites and Site-Complexes, Colloque/Symposium 7.1, Acts of the XIV the U.I.S.P.P. Congress, University of Liège Belgium, 2-8 September*, *BAR International Series*, 1302, Oxford: 11-18.
- SERGANT J. 2004. *De aantrekkingskracht van een zandrug. Ruimtelijke analyses van een vroegmesolithische site te Verrebroek-Dok*. Doctoraatsonderzoek, UGent, Gent.
- VAN BERG P.-L., KEELEY L., VAN ROEYEN J.-P. & VAN HOVE R. 1992. Le gisement mésolithique de Melsele (Flandre-Orientale, Belgique) et le subnéolithique en Europe occidentale. In: Le Roux C.-T. (red.), *Paysans et bâtisseur. L'émergence du Néolithique atlantique et les origines du mégalithisme. Actes du 17^{ème} Colloque sur le Néolithique, Vannes, 28-31 octobre 1990*. *Revue Archéologique de l'Ouest, Supplément 5*, Rennes: 93-99.

Samenvatting

Tussen 4 juli en 18 oktober 2016 voerde BAAC Vlaanderen in opdracht van de Maatschappij Linkerscheldeoever (MLSO) een grootschalig archeologisch testvakkenonderzoek uit op de terreinen aan de Schoorhavenweg in Verrebroek. Aanleiding voor het onderzoek is de geplande inrichting van het projectgebied tot logistiek park.

De klemtoon van het onderzoek lag op de grote zandrug (Zone 4) in het westen van het projectgebied. Vooronderzoek door middel van karterende archeologische boringen had aangetoond dat de rug over zowat zijn gehele lengte bedekt was met vuursteenartefacten. Doel van het huidige onderzoek was de verdere waardering van de zandrug in functie van een selectie en definitieve opgraving. In totaal zijn ca. 30 000 testvakken gezet over een oppervlakte van ca. 6 ha. De resultaten wijzen op een quasi continue menselijke aanwezigheid in het projectgebied, mogelijk reeds vanaf het finaal palaeolithicum tot op het eind van het neolithicum.

Trefwoorden: Oost-Vlaanderen (BE), Verrebroek, testvakkenonderzoek, mesolithicum, neolithicum, podzolbodem.

Abstract

Between July 4th and October 18th 2016 BAAC Vlaanderen conducted a large scale archaeological test pit excavation in an area situated near the Schoorhavenweg in Verrebroek (East Flanders, Belgium). The reason for this excavation is the construction of a logistic park linked to the harbour of Antwerp in the near future.

The focus of the excavation was a large sand ridge situated in the western part of the planned park (zone 4). Results of the preliminary research (in the form of archaeological coring in a 10 x 10 m grid) revealed that the whole ridge was covered in flint artefacts. The aim of the current test pit excavation was to further evaluate these flint scatters and to narrow down the large area to the most interesting sites to be intensively excavated next year. During the test pit excavation approximately 30 000 squares were dug over an area of 6 ha. Preliminary results (the finds processing is still ongoing at this time) show a semi continuous human presence in the area possibly from the Final Palaeolithic onwards to the end of the Neolithic.

Keywords: East Flanders (BE), Verrebroek, test pit research, flint, Mesolithic, Neolithic, podzol.

Yves PERDAEN
Inger WOLTINGE
Dimitri DE LOECKER
BAAC Vlaanderen
17, Kleimoer
BE – 9030 Mariakerke (Gent)
yves.perdaen@baac.be
inger.woltinge@baac.be
dimitri.loecker@pandora.be

Marieke OPBROEK
BAAC Nederland
103, Graaf van Solmsweg
NL – 5222 BS 's-Hertogenbosch
m.opbroek@baac.nl

Arché-OBIA : un concept d'analyse quantitative d'images numériques appliqué aux bifaces du gisement de Gouzeaucourt (Nord, FR)

Agnès LAMOTTE & Éric MASSON

1. Introduction

Depuis les années 2000, l'analyse d'image orientée objet ou OBIA devient à part entière un domaine scientifique du traitement numérique de l'image, amorcé par les chercheurs animés par la reconnaissance automatique des formes (Prewit, 1971) et de la segmentation de l'image numérique (Fu & Mui, 1980 ; Zhang, 1996). Les principales communautés scientifiques qui l'utilisent aujourd'hui gravitent autour de l'imagerie biologique et des géosciences. Au début des années 2000 (Baatz & Schape, 2000 ; Baatz *et al.*, 2008), l'analyse de données à références spatiales, géographiques (images aériennes et satellitaires), fait évoluer l'approche OBIA vers une spécialisation GEOBIA (*Geographical Object Based Image Analysis*). Ce corpus d'outils et de méthodes prouve très largement son efficacité notamment pour l'analyse de données à très haute résolution spatiale (Baatz & Shape, 2000). Si certains logiciels d'images traitent les images numériques par analyse pixel à pixel, d'autres suivant la méthodologie OBIA (comme eCognition, premier logiciel commercial OBIA) dépassent cette approche mono pixel en introduisant des algorithmes de segmentation d'image (i.e. OBIA) pour pouvoir ensuite exploiter les propriétés numériques et morphologiques des objets dans l'analyse d'image (Limp, 2005). En archéologie, c'est surtout dans le domaine du traitement des données spatiales LIDAR (Cerillo-Cuenca, sous presse ; Verhagena & Dragut, 2012) que les utilisations OBIA sont les plus nombreuses bien que certains les aient testées pour les objets archéologiques (Loriot *et al.*, 2007 ; Kempe *et al.*, 2012).

En créant le terme ArchéOBIA (Masson & Lamotte, 2016, sous presse), nous souhaitons promouvoir un concept d'analyse d'images et une méthodologie d'extraction automatique d'informations quantitatives sur des collections archéologiques quelle que soit la période. Le gisement de Gouzeaucourt (Cambrais, Nord) fouillé de 1985 à 1993 (Tuffreau & Bouchet, 1985) a été sélectionné pour tester la méthode ArchéOBIA (Masson & Lamotte, 2016, sous presse). Les unités archéologiques D, R, G (Born, 1998, 2001) et H (Marcy, 1989 ; Mc Pherron, 1994 ; Soriano, 2000) contenues dans des formations superficielles pléistocènes affectant l'ensemble de la topographie (Sommé, 1977) possèdent toutes les mêmes particularités du faciès cambrésien : l'outillage sur éclat est porteur de la retouche Quina (raclours doubles et transversaux, rabots, limaces), aux côtés de bifaces ovalaires nombreux. Ce faciès de transition entre le Paléolithique inférieur et moyen est atypique par rapport à ceux jusque-là découverts (Tuffreau, 1979) présentant des similitudes avec les faciès lithiques du sud de la France. L'étude porte sur la série R, la plus récente du complexe du Pléistocène moyen (MIS fin 6 ; Lamotte, 1994 ; Devresse, 1997).

2. La méthode numérique d'analyse d'image Arché-OBIA

Au préalable, les archéologues ont déjà œuvré sur la digitalisation des images dès les années 1980, notamment dans le domaine de la tracéologie (Grace *et al.*, 1985 ; Grace, 1989)

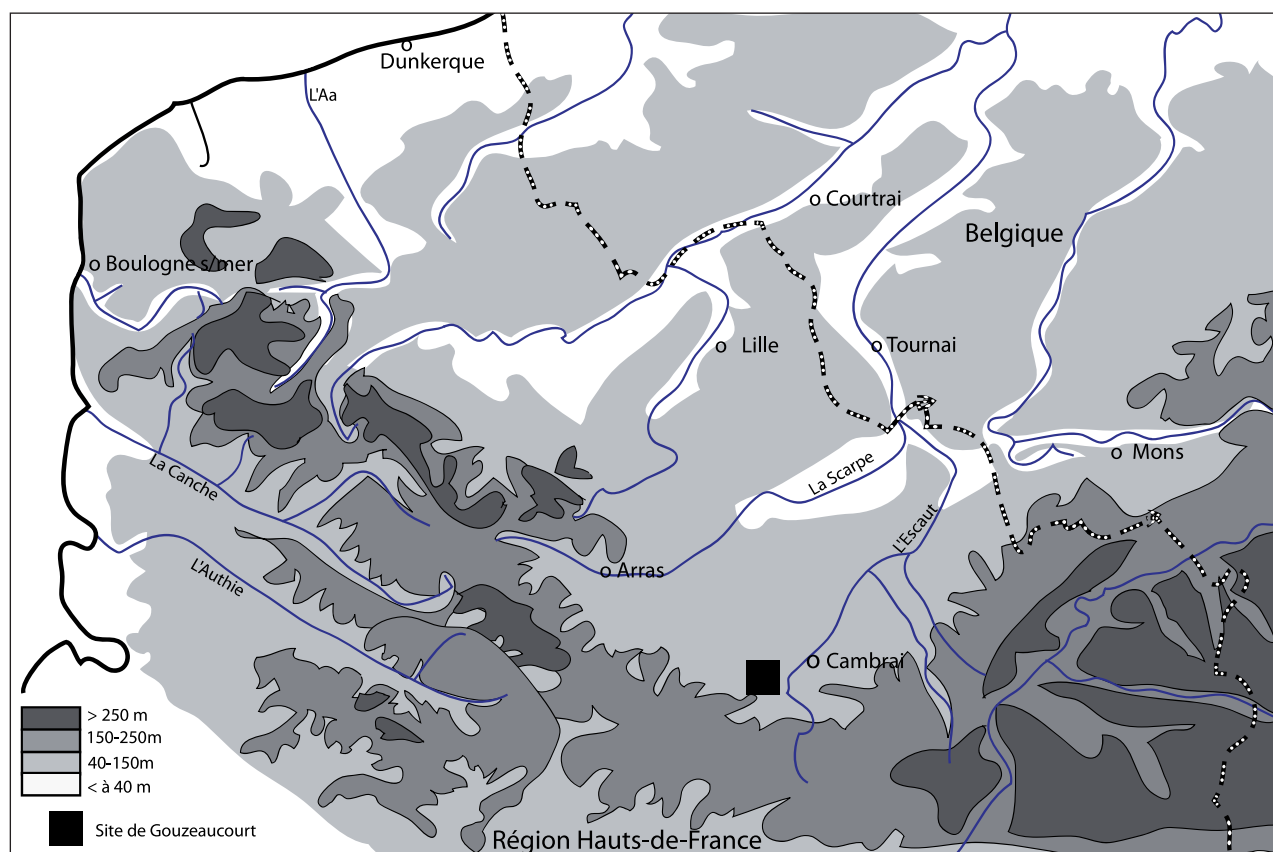


Fig. 1 – Carte de localisation du site de Gouzeaucourt (Nord, France) (DAO : A Lamotte).

et dans la foulée et grâce à l'essor de l'informatique, les progrès en matière de traitement de l'image sont significatifs (Mitchell, 1998). Les expériences de digitalisation à l'aide de caméras vidéos ont déjà été menées et ont été bénéfiques à diverses études de bifaces au Paléolithique (Dibble & Mc Pherron, 1987), et la rapidité d'opération et la précision des données métriques particulièrement mis en évidence : données métriques à 0,1 mm pour un traitement de l'image (Mc Pherron, 1991) en moins de 1/30 de seconde par objet digitalisé. Pendant ce temps, d'autres méthodes se focalisent sur le désir d'opposer les couleurs entre le fond de l'image et l'objet archéologique proprement-dit et d'en déduire, sans biais humain, les caractéristiques morphométriques (Goodson, 1989).

2.1. Acquisition des données images

Les photos des bifaces ont été acquises avec le protocole expérimental suivant (Fig. 2) :

- deux mires, l'une disposée sur le côté du biface, l'autre au niveau de la base de ce dernier, sont positionnées de façon à bien étalonner la résolution spatiale du pixel image (0,0016 m² pour notre étude expérimentale, Masson & Lamotte, 2016, sous presse). Il s'agit de pouvoir ensuite convertir les résultats quantitatifs en données métriques ;
- l'appareil photo numérique est stabilisé sur un mat à hauteur constante et le grossissement de l'appareil photo reste constant durant la prise des diverses vues des 52 artefacts (Fig. 2) ;
- les traitements numériques présentés ici portent sur une seule face mais dans des études futures, les vues de profils et de la base de l'artefact sont envisagées.

Il existe deux prétraitements préalables à l'utilisation de la méthode ArchéObia :

- le détourage du biface et la sauvegarde du fichier image au format JPEG, Tiff ou PNG ;
- l'étalonnage métrique de l'acquisition photographique numérique.

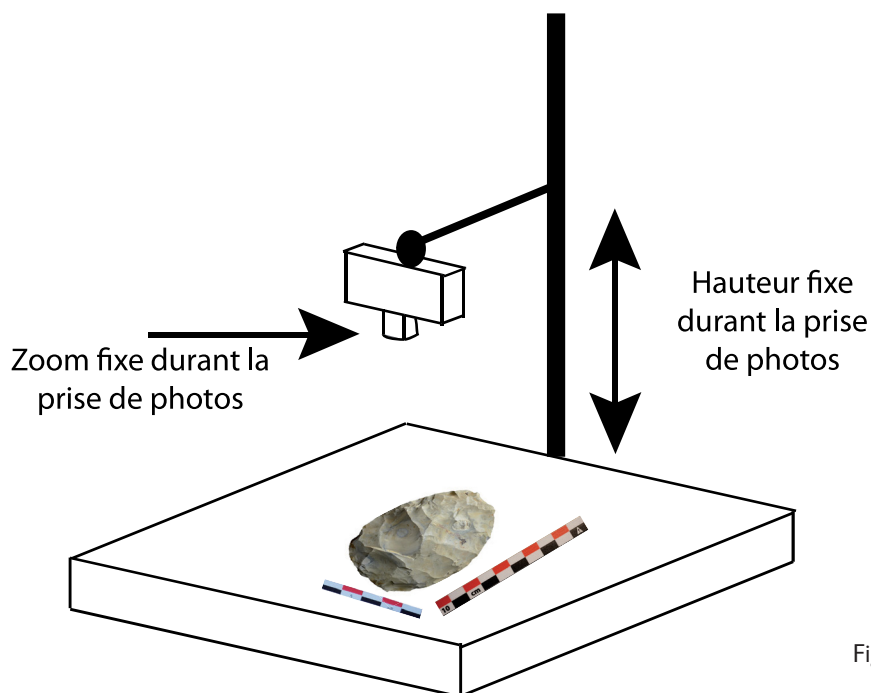


Fig. 2 – Gouzeaucourt. Méthode de prise de vue de l'objet (DAO : A. Lamotte).

Le premier est très fréquemment utilisé par les archéologues et les muséologues pour la constitution du catalogue d'images de leurs collections. Le second évite le géo-référencement systématique de chaque artefact et contribue ainsi à normaliser les conditions d'acquisition des données quantitatives.

2.2. Le concept ArchéOBIA et l'extraction automatique de données

C'est dans la version *Developer* du logiciel eCognition 9 que l'extraction automatique des objets peut être réalisée avec pour objectif final l'intégration de l'ensemble des données dans un système d'Information (SI) ou système d'information géographique (SIG). Trois étapes sont nécessaires pour créer une règle de classification automatique OBIA : la segmentation, la classification et les post-traitements. L'étape 1 de la segmentation consiste à regrouper les pixels selon leur similarité (ici segmentation de type *quadtree* ; Fig. 3) en respectant une progression géométrique par quadrant d'image. Une segmentation de type « multi-résolution » est nécessaire pour regrouper les objets de la première segmentation en tenant compte de leur hétérogénéité spatiale (Masson & Lamotte, 2016, sous presse). À la fin du traitement, l'image de l'objet archéologique exprimée en pixel devient une image en « objets discrets » avec la possibilité, pour l'archéologue, de sélectionner et de produire des requêtes sur les objets ou groupes d'objets sur lesquels il souhaite œuvrer. L'étape 2 traite la classification : les objets sont classés en « biface » et en valeur « fond ». Parce qu'ils ont été détournés au préalable, la valeur du fond blanc est codée dans une image RVB (rouge, vert, bleu) 255, 255, 255 et tous les objets de niveau 2 de valeur RVB inférieure à 255 sont alors caractérisés comme appartenant à la classe « biface ». L'étape 3 envisage la partie post-traitement de la méthodologie. Elle mobilise plusieurs outils dont l'algorithme *merge* (Trimble, 2015) qui permet de regrouper les objets validant un critère similaire, ici l'appartenance à la classe « biface » ou la classe « fond » (Fig. 3). Le dernier outil utilisé est l'algorithme *export object statistics*. Il permet de sélectionner et d'exporter les variables statistiques des objets classés (biface et fond) telles que des indices métriques, morphologiques, colorimétriques... sous forme de nouveaux attributs descriptifs, utiles à l'analyse numérique de l'artefact. Cette dernière étape est très rapide, de l'ordre de quelques secondes par biface. L'ensemble des résultats (près de 20 colonnes de données par objet archéologique) est encodé au format numérique CSV (texte avec séparateur

par virgule) qui est interopérable dans tous les logiciels de calcul. Une fois la règle OBIA validée sur quelques échantillons, il est ensuite possible de l'appliquer de manière automatique pour l'ensemble d'une collection (Masson & Lamotte, 2016, sous presse). Les résultats expérimentaux obtenus sur cette série lithique disposent d'une précision métrique étalonnée à 0,0016 mm² pour les indices de surface et à 0,04 mm pour les mesures de longueur/largeur. Ces valeurs de précision sont très largement suffisantes pour une analyse descriptive des artefacts à partir de leurs attributs géométriques, morphologiques, colorimétriques, etc.

La différence entre l'image numérique en pixel en entrée et l'image objet segmentée de niveau 2 (Fig. 3) est très faible. Le paramétrage de la segmentation multi-résolution de niveau 2 a en effet pour objectif de conserver les principales caractéristiques du biface. Elle pourrait donc être utilisée pour quantifier des inclusions, des anomalies minérales... ou des éléments de façonnage de l'artefact.

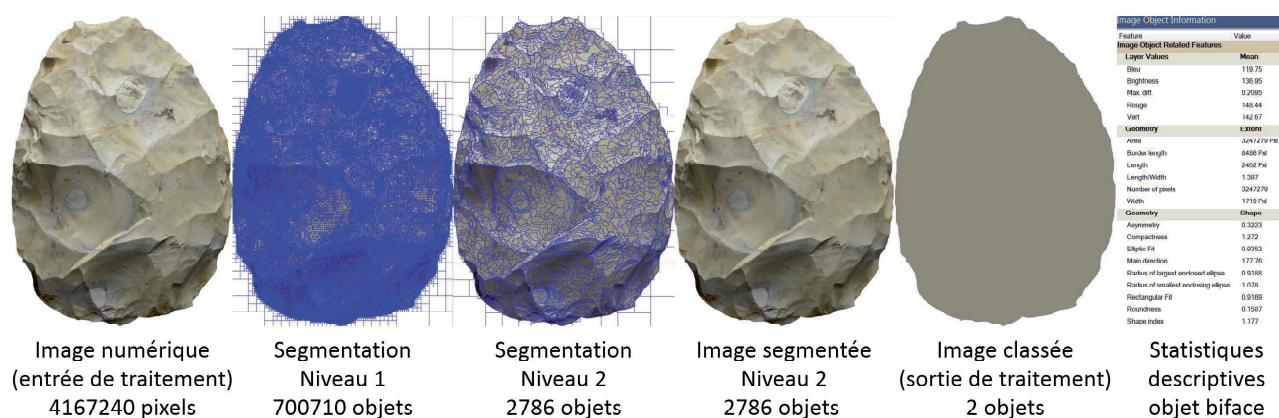


Fig. 3 – Gouzeaucourt. Biface 21OswA2. De la gauche vers la droite : n° 1 = image pixel détournée, n° 2 = résultat de l'algorithme de segmentation *quadtree* (Niveau 1), n° 3 et 4 = résultat de l'algorithme de segmentation multi-résolution (Niveau 2) ; n° 5 = image classée (fond, objet), n° 6 = édition du post-traitement (DAO : E. Masson).

3. Application à la série R de Gouzeaucourt (Nord)

3.1. Les indices métriques

Sur cette série de 52 bifaces, les indices métriques (Masson & Lamotte, 2016, sous presse) montrent que les longueurs des bifaces s'échelonnent entre 62 et 135 mm avec une moyenne de 93 mm pour un écart-type des longueurs de 17 mm. Les largeurs des outils s'étalent entre 42 et 101 mm avec pour moyenne 63 mm et un écart-type de 12 mm seulement. L'indice d'allongement en moyenne est de 1,49 avec un écart type de 0,17. L'indice précisant le périmètre « tranchant utile » de ces bifaces sans réserve corticale est de 327 mm en moyenne, avec un minimum de 223 mm et un maximum de 504 mm. Les paragraphes suivants s'appuient sur le biface 21OswA2 afin d'illustrer notre démarche expérimentale. Cet artefact appartient à la série R de Gouzeaucourt qui se compose d'un biface discoïde, de onze bifaces cordiformes, de six limandes et de trente-quatre bifaces ovalaires. Il n'y a pas d'ébauche de biface dans cet échantillon.

3.2. Les indices morphologiques

Dans le logiciel eCognition, une grande quantité de données géométriques sont fournies dont les plus pertinentes pour l'étude morphométrique des bifaces sont (Fig. 4) :

- les indices de forme rectangulaire et ellipsoïdale,

- la compacité,
- la régularité des bords,
- des attributs géométriques.

L'indice de compacité exprime le rapprochement de la morphologie d'un objet à celui du cercle ou du rectangle de surfaces équivalentes. Dans ce cas une valeur d'indice égale à 1 figure le cercle ou le rectangle parfait. Un rectangle parfait étant un biface dont la surface, la longueur et la largeur seraient en tous points identiques à celles d'un rectangle de mêmes valeurs. Tout indice supérieur à 1 s'éloigne de la forme circulaire ou rectangulaire parfaite (il ne peut pas y avoir de valeur inférieure à 1).

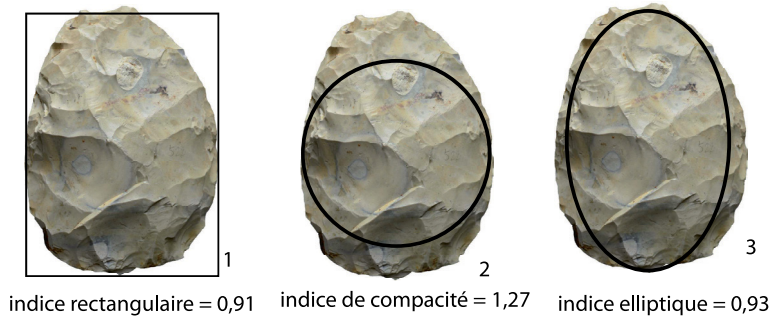
Le biface 21OswA2 a un indice de compacité de 1,27. Dans la série R (Masson & Lamotte, 2016, sous presse), aucun biface n'a d'indice égal à 1, le minimum est de 1,24 et le maximum est de 1,50. À 1,27, le biface 21OswA2 est plus proche de la forme parfaite qu'imparfaite.

L'indice de forme elliptique renseigne sur la similarité de forme entre le biface et l'ellipse parfaite (indice = 1). Dans la série R, il n'existe aucun biface avec un indice de 1, le maximum est de 0,95, la moyenne est de 0,91, le minimum est de 0,82 ; notre biface 21Osw prend pour valeur 0,93 (Fig. 4, n° 3). Cet indice est un des rares qui nous permette d'envisager des corrélations de formes avec les bifaces ovalaires issus de la méthodologie de F. Bordes (Bordes, 1961).

L'indice de régularité des bords (*roundness*) est le résultat de la différence entre le rayon de la plus petite ellipse extérieure (en trait plein, Fig. 4, n° 5) et le rayon de la plus grande ellipse intérieure (en pointillé, Fig. 4, n° 6). Cet indice renseigne la régularité du bord du biface. La valeur 0 représente un bord lisse, sans rugosité ou indentation. Cette valeur signifie aussi qu'il existe une très faible différence de rayon entre l'ellipse interne et externe. Tout objet archéologique présentant des irrégularités de façonnage, de conception verra cet indice s'éloigner de la valeur 0. Dans la série R (Masson & Lamotte, 2016, sous presse), aucun biface n'a une ellipse intérieure se superposant parfaitement avec son ellipse extérieure, mais nous n'en sommes pas loin avec un minimum établi à 0,13. La moyenne des bifaces de la série se porte à 0,17. Le maximum appartient à un biface cordiforme (0,46) et le biface 21OswA2 sélectionné a pour valeur d'indice de régularité des bords 0,16.

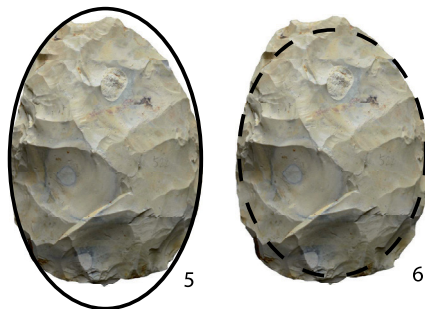
3.3. Autres indices (colorimétrie, texture...)

D'autres résultats sont possibles en dehors des strictes données métriques ou morphologiques, ainsi les données sur les trois couleurs primaires (rouge, vert, bleu) et caractéristiques des brillances (intensité lumineuse sur toute la plage RVB) sont données lors du traitement (Masson & Lamotte, 2016, sous presse). Les valeurs obtenues varient entre 0 et 255 car elles correspondent à une résolution numérique d'image de 8 bits par bande. Selon les périodes archéologiques, thématiques de recherche, intérêts de certaines problématiques des utilisateurs du logiciel, les données sont interprétables ou ne le sont pas. Dans le cas de la série R, les données exprimées sur les patines sont assez diverses, résultantes des modifications physico-chimique des silex dans leur contexte de séjour. Cette patine, en effet, gomme la possibilité de faire des commentaires sur les types de silex bruts non altérés ; mais sachant que le gisement de Gouzeaucourt a été occupé de façon récurrente (séries R, G et H), il nous est toutefois possible de comparer sur la base des indices colorimétriques des patines leur composition et leur pourcentage selon les séries lithiques. Le biface 21OswA2 a une valeur « rouge » de 148,47, « vert » de 142,69, « bleu » de 119,78 et une brillance de 138,98. Il nous faut encore peaufiner la connaissance et la représentation de tous ces indices.



21OswA2

L = 96 mm, l = 69 mm ; ratio L/l = 1,40 ; périmètre = 341 mm ; surface = 5195,6 mm²



plus petite ellipse externe = 0,92

Fig. 4 – Gouzeaucourt. Biface 21swA2. Présentation de quelques indices géométriques délivrés par le logiciel (Photos et DAO : A. Lamotte).

3.4. Quelques résultats de la série R

Nombreux sont les indices nouveaux dans ce logiciel qui qualitativement rattachent un objet à une forme elliptique, rectangulaire ou ovale. Le chercheur devra donc manipuler longtemps les indices résultants de chaque catégorie afin de les assimiler (indices presque toujours compris entre 0 et 1,50) et proposer, peut-être, de nouvelles catégories morphologiques de l'outil tenu en main ou emmanché. Lorsque ces indices (compacité, régularité des bords..) sont pris individuellement, ils ne sont pas forcément discriminants sauf dans le cas de l'indice elliptique qui met en exergue les bifaces ovalaires et sub-ovales lorsque l'indice est compris entre 0,94 et 1. Pour ce travail méthodologique exploratoire sur la série R, les indices morphologiques extraits par la règle de traitement OBIA ne suffisent pas à caractériser les différents types de biface au sens de F. Bordes, mais faut-il obligatoirement chercher à comparer les deux méthodes, l'une manuelle l'autre informatique qui gomme les biais manuels et des interprétations individuelles. Plusieurs raisons expliquent que tous les indices ne soient pas discriminants : le nombre de bifaces par type (cordiforme, discoïde, naviforme et ovale) n'est pas assez important pour dégager des valeurs statistiquement satisfaisantes dans notre démonstration et les bifaces sont de dimensions variées pour des morphologies similaires avec un grand degré de « standardisation morphologique » d'un biface à l'autre dans toutes les séries lithiques de ce gisement (Lamotte, 1992, 1994 ; Soriano, 2000). Malgré tout, dans la série R de Gouzeaucourt, si l'on croise deux données comme le rapport L/m (> à 1,50) et l'indice de

forme elliptique, nous sommes en mesure de comptabiliser les bifaces ovalaires ou cordiformes allongés. Au-dessous de 0,91 et couplé à l'indice d'allongement, l'indice de forme elliptique préfigure la catégorie des bifaces cordiformes et sub-cordiformes. Dans la série R, environ 61 % des bifaces sont ovalaires. En plus d'explorer dans le détail la valeur de chaque indice, une analyse multivariée (de type Analyse en Composantes Principales ou ACP) des diverses valeurs obtenues pourrait aider l'archéologue à appréhender divers liens de cause à effet, réduction du biface parallèlement à lui-même (Iovita, 2010), rédu-

tion du biface avec des morphologies différentes (Mc Pherron, 1991 ; Lovita, 2010). De plus l'ajout de données sur les autres faces permettrait également d'enrichir les données ArchéOBIA en variables statistiques plus discriminantes.

4. Conclusion

La méthode ArchéOBIA clarifie les données métriques de façon informatisée, elle apporte aussi de nouvelles données de mesure (surface et périmètre), morphométriques (compacité, forme elliptique, régularité du bord) et colorimétriques qui sont d'une très grande précision (= à 0,04 mm) exprimées la plupart du temps en indices. Cette nouvelle documentation archéologique numérique et cette méthode permettent de mieux caractériser les collections et de comparer les artefacts au sein d'une même série car la méthode permet d'extraire automatiquement les propriétés morphologiques de tout type d'objet archéologique (hache, sagaie, céramiques...). La méthode d'étude de F. Bordes n'a pas complètement été remplacée car la règle de traitement ne nous fournit pas encore certaines données classiques telles que la largeur du biface à mi-hauteur ou aux 2/3 de sa longueur, ainsi que la possibilité de détecter plusieurs largeurs maximales dans un biface (cas de la limande). Dans tous les cas, les bases de données produites par une telle étude sont inédites et pourraient constituer une nouveauté dans le champ de l'archéologie numérique. Cette méthode offre surtout la possibilité de comparer les objets archéologiques intra et inter-gisements et toute période archéologique confondue. ArchéOBIA participe donc de la mise en œuvre du numérique et de la création du *Bigdata* dans le domaine de l'Archéologie numérique.

Bibliographie

- BAATZ M. & SCHÄPE A., 2000. Multiresolution Segmentation: an optimization approach for high quality multi-scale image segmentation. In : Strobl J., Blaschke Th. & Griesebner G. (éd.), *Angewandte Geographische Informationsverarbeitung*, XII, Herbert Wichmann Verlag, Heidelberg : 12-23.
- BAATZ M., HOFFMANN C. & WILLHAUCK G., 2008. Progressing from object-based to object-oriented image analysis. In : Blaschke Th., Lang S. & Hay G. J. (éd.), *Object-Based Image Analysis. Spatial Concepts for Knowledge-Driven Remote Sensing Applications*, Lecture notes in Geoinformation and Cartography, Springer Verlag, Berlin : 29-42.
- BLASCHKE Th., 2010. Object based image analysis for remote sensing. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65 (1) : 2-16 ; <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.06.004>
- BLASCHKE Th., HAY G. J., KELLY M., LANG St., Hofmann P., ADDINK E., QUERIOZ FEITOSA R., VAN DER MEER Fr., VAN DER WERFF H., VAN COILLIE Fr. & TIEDE D., 2014. Geographic Object-Based Image Analysis – Towards a new paradigm. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 87 (1) : 180-191 ; <http://dx.doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2013.09.014>
- BORDES F., 1961. *Typologie du Paléolithique ancien et moyen*. 2 tomes, Imprimerie Delmas, Publication de l'Institut de Préhistoire de l'Université de Bordeaux, Bordeaux : 85 p. + 108 pl. h-t. ; réédition 2002, CNRS éditions, Paris : 102 p.
- BORN A., 1998. *Étude des vestiges lithiques du niveau G (bandes 19 à 27) du gisement paléolithique moyen de Gouzeaucourt (Nord)*. Maîtrise de Géographie, parcours Préhistoire, Université des Sciences et Technologies, Lille 1, Villeneuve d'Ascq : 102 p.
- BORN A., 2001. *Contribution à la connaissance des phases anciennes du Paléolithique moyen : étude des vestiges lithiques du niveau G du gisement de Gouzeaucourt (Nord)*. Mémoire de DEA « Dynamique des milieux naturels et anthropisés, passés et actuels », Université des Sciences et Technologies, Lille 1, Villeneuve d'Ascq : 154 p.
- CERRILLO-CUENCA E., 2016, sous presse. An approach to the automatic surveying of prehistoric barrows through LiDAR. *Quaternary International* : 11 p. ; <http://dx.doi.org/10.1016/j.quaint.2015.12.099>
- DEVRESSE K., 1997. *Étude de l'industrie lithique du niveau R du gisement de Gouzeaucourt*. Mémoire de DEA « Dynamique des milieux naturels et anthropisés, passés et actuels », Université des Sciences et Technologies, Lille 1, Villeneuve d'Ascq : 102 p.
- DIBBLE A. & MC PHERRON Sh., 1988. On the computerization of Archeological projects. *Journal of Field Archaeology*, 15 : 431-440.
- FU K. S. & MUI J. K., 1980. A survey on image segmentation. *Pattern Recognition*, 13 : 3-16.
- GOODSON K. J., 1989. Shape information in an artefacts database. In : Rahtz S. & Richards J. (éd.), *Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*, BAR International Series, 548 : 349-361.
- GRACE R., 1989. *Interpreting the Function of Stone Tools. The quantification and computerisation of microwear analysis*. BAR International Series, 474 : 256 p. Maintenant disponible sur : Ikarus Books.
- GRACE R., GRAHAM I. D. G. & NEWCOMER M. H., 1985. The Quantification of Microwear polishes. *World Archaeology*, 17 (1) : 112-120.
- KEMPE M., LYCETT St. & MESOUDI A., 2012. An Experimental Test of the Accumulated Copying Error Model of Cultural Mutation for Acheulean Handaxe Size. *PLoS ONE*, 7 (11) : 7 p. ; <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0048333>
- IOVIȚĂ R., 2010. Chap. 10. Comparing stone tool resharpening trajectories with the aid of elliptical Fourier Analysis. In : Lycett & Chauhan P. R. (éd.), *New Perspectives on Old Stones : Analytical Approches to Paleolithic Technologies*, Springer, New-York : 235-253 ; http://dx.doi.org/10.1007/978-1-4419-6861-6_10 ou http://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-1-4419-6861-6_10
- LAMOTTE A., 1992. Le gisement Paléolithique moyen de faciès cambrésien de Gouzeaucourt (Nord) : essai de reconstitution des chaînes opératoires. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 89 : 37-41.
- LAMOTTE A., 1994. *Les industries à bifaces du Pléistocène moyen dans l'Europe du Nord-Ouest* :

données nouvelles des gisements du bassin de l'Escaut, de la Somme et de la Baie de Saint-Brieuc. Thèse, Université des Sciences et Technologies, Lille 1, Villeneuve d'Ascq : 380 p.

LORIOT B., FOUGEROLLE Y., SESTIER C., & SEULIN R., 2007. 3D acquisition and modeling for flint artefacts analysis. In : Fotakis C., Pezzati L. & Salimbeni R, *O3A: Optics for Arts, Architecture, and Archaeology*, Conference Volume 6618, Munich : 10 p. ; <http://dx.doi.org/10.1117/12.726149>

MARCY J.-L., 1989. L'outillage sur éclat du gisement acheuléen de la vallée du Muid à Gouzeaucourt (Nord) : premiers résultats. In : Tuffreau A. (dir.), *Paléolithique et Mésolithique du Nord de la France : nouvelles recherches*, Publications du Centre d'Études et de Recherches Préhistoriques, 1 : 31-41.

MASSON É. & LAMOTTE A., 2016 (sous presse). Arché-OBIA : vestiges lithiques au Paléolithique et exploitation quantifiée de leurs images numériques. In : *Méthodes de relevés numériques en archéologie et en architecture : applications*, Bulletin hors-série du CRAHN (Centre de recherches historiques de Haute-Normandie).

MC PHERRON Sh., 1991. Digitalisation d'images et analyse des matériaux lithiques. In : Tuffreau A. (dir.), *Paléolithique et Mésolithique du Nord de la France, Nouvelles recherches II*, Publications du Centre d'Études et de Recherches Préhistoriques, 3 : 21-26.

MC PHERRON Sh., 1994. *A reduction model for variability in Acheulian biface morphology*. Ph. Dissertation, University of Pennsylvania, Philadelphia : 410 p.

MITCHELL J. C. 1998. *A use-wear analysis of selected british lower Paleolithic Handaxes with special reference to the site of Boxgrove (West*

Sussex). A study incorporating optical microscopy, computer aided image analysis and experimental archaeology. Ph. Dissertation, Somerville College, Oxford : 604 p.

PREWITT J. M. S., 1970 ou 1971. Object enhancement and extraction. In : Lipkin B. S. & Rosenfeld A. (éd.), *Picture Processing and Psychopictorics : Pictorial Pattern Perception*, 1ère éd., Academic Press, New-York : 75-149.

SOMMÉ J., 1977. *Les plaines du Nord de la France et leur bordure : étude géomorphologique*. Thèse de Doctorat en Géographie, Paris 1, 2 vol. : 810 p.

SORIANO S., 2000. *Outillage bifacial et outillage sur éclat au Paléolithique ancien et moyen : coexistence et interaction*. Thèse de Doctorat, Université de Paris X, Nanterre : 460 p.

[TRIMBLE DOCUMENTATION], 2015. *eCognition® Developer User Guide 9.1*. Trimble Documentation, München : 256 p.

TUFFREAU A., 1979. Les débuts du Paléolithique moyen dans la France septentrionale. *Bulletin de la Société Préhistoire Française*, 76 (5) : 140-142.

TUFFREAU A. & BOUCHET J.-P., 1985. Le gisement acheuléen de la vallée du Muid à Gouzeaucourt (Nord). *Bulletin de la Société Préhistoire Française*, 82 (10) : 291-306.

VERHAGENA P. & DRAGUT L., 2012. Object-based landform delineation and classification from DEMs for archaeological predictive mapping. *Journal of Archaeological Science*, 39 (3) : 698-703 ; <http://dx.doi.org/10.1016/j.jas.2011.11.001>

ZHANG Y. J., 1996. A survey on evaluation methods for image segmentation. *Pattern Recognition*, 29 (8) : 1335-1346.

Résumé

Nous appliquons le concept et la méthodologie OBIA (*Object Based Image Analysis*) à l'analyse des objets archéologiques (Arché-OBIA). À partir des images numériques de tout objet archéologique (biface, hache polie, sagaie), le logiciel utilisé (eCognition®) propose des règles de classification qui permettent de calculer tous les indices morphométriques habituels sans avoir recours au pied à coulisse, avec un niveau de précision inférieur au millimètre.

Mots-clés : Paléolithique, Arché-OBIA, images, méthodologie, quantification, bifaces.

Abstract

We do apply a quantitative image analysis using OBIA methodology and tools to the analysis of archaeological artifacts (Archae-OBIA). This new OBIA field of expertise aims at improving the classical archaeological methodology with robust image analysis and automation (i.e. batch processing). OBIA tools also demonstrate their potential to calculate advanced morphological and contextual feature datasets including extent, shape and other custom indices. Thus this methodology can be implemented for a wide range of applications and type of archaeological artifacts (i.e. handaxes, cleavers, ...).

Keywords: Palaeolithic, Arche-OBIA, pictures, quantification, methodology, handaxes.

Agnès LAMOTTE
HALMA, UMR 8164 CNRS
Université Charles de Gaulle
Pont-de-Bois
FR - 56655 Villeneuve d'Ascq
agnes.lamotte@univ-lille1.fr

Éric MASSON
Laboratoire TVES (EA Lille 1, ULCO, 4477)
Bâtiment de Géographie
Avenue Paul Langevin
FR - 56650 Villeneuve d'Ascq
eric.masson@univ-lille1.fr

DigiArt: towards a virtualization of Cultural Heritage

Grégory ABRAMS, Kévin DI MODICA, Frédéric BEZOMBES,
Dominique BONJEAN, David BURTON, Alex HARDY, Francis LILLEY,
Spiros NIKOLOPOULOS, Frédéric PRECIOSO, Christoph STRECHA,
Eirini THOMAIDOU, Dimitrios VERVERIDIS & Isabelle DE GROOTE

1. Presentation of the project

The main aim of DigiArt is to build on the pillars of mass 3D digitisation by enhancing and improving its process for the digitisation of cultural heritage. The ambition is to create a range of user friendly software solutions and commercially low-cost hardware to democratise the process of virtual curation and visits. With these tools, curators will be able to author dynamic scenarios into 3D cultural worlds with their heritage objects as elements for composing their stories. The DigiArt project is a consortium consisting of seven academic, industrial and museum partners: Liverpool John Moores University (LJMU, coordinator of the project, UK), Centre for Research and Technologies - Hellas (CERTH, Greece), National Centre for Scientific Research (CNRS, France), Museum of the Royal Tombs of Aigai (Greece), Pix4D (Switzerland), Vulcan UAV Ltd (UK) and Scladina Cave Archaeological Centre (Belgium). The consortium secured 2.9 million euros of funding and received 2.3 million euros of this from the European Union's "Horizon 2020 Research and Innovation programme" (grant agreement No 665066).

The objectives of the project are:

1. To develop highly efficient methods for gathering 3D data of high quality from large and distributed sites by automated means;
2. Produce and make available to cultural heritage workers a new state-of-the art Open Source 3D scanner system built from low cost and commercially available hardware;
3. Create a suite of software that will enable the analysis of highly redundant point-cloud data from scanners;
4. Develop innovative methods of generating semantic meaning from 3D models and through this semantic meaning find connectivity that will realise an "internet of historical things";
5. Use the 3D content to be the landscape for radically new immersive experiences to remote and on-site visitors;
6. To see our technologies adopted by an expanding community of cultural heritage workers.

The novelty of DigiArt lies in its consortium partners who are archaeologists, anthropologists, electrical, mechanical, optical and software engineers who are working together to develop innovative and intuitive solutions for the acquisition and presentation of archaeological sites and cultural objects. The convergence of their ideas means that the aims of the project are driven by the cultural heritage workers with the engineers to challenge the current status quo in their field. Museum curators, archaeologists and anthropologists do not speak the language of engineers and important things get lost in translation. Also, the museum partners are responsible to ensure that the solutions and innovations would translate to the sector and be usable without specialist knowledge.

It is also for this reason that the selection of the cultural partners was extremely important. They had to represent a range of environments, objects and visions that would ensure that the resulting technologies and tools would cater for a wide range of sites and museums. Firstly, the Research Centre in Evolutionary Anthropology and Palaeoecology of the Liverpool John Moores University curates an anthropological collection consisting of more than 2000 skeletons ranging from the Iron Age to the Late Medieval period. The collection is housed in secure laboratories but it lacks exhibition rooms. Both Scladina Cave and the Vergina Palace of the Aigai archaeological sites offer very different environmental constraints. While the cave is a narrow underground site with fairly stable conditions (low light and high humidity levels), the palatial site of Vergina covers more than 1 ha and is subject to many climatic variations (sun, wind, rain...). In addition, both Scladina Cave and Vergina have objects that are extremely varied. In the case of Scladina these are mostly lithic artefacts and fossilized bone, for Vergina these consist of architectural columns, gold jewellery and frescos, for example.

The first challenge of the project was to find ways of developing highly efficient methods for gathering 3D data of high quality from large and distributed sites by automated means. In this process of data acquisition, it is important to consider what the current state of the art of the field is. The use of 3D technologies in the capture of large sites has been increasingly adopted by archaeologists (Ducke et al., 2011; Emaus & Goossens, 2015; Galeazzi, 2016; Katsianis et al., 2008; Lojek, 2012). For example, Les Fraux Cave (France; Burens-Carozza et al., 2013), Pompeii (Italy; Apollonio et al., 2012; Remondino, 2011), the Etruscan Necropolis of Tarquinia (Italy; Remondino, 2011) and Happisburgh (UK; Ashton et al., 2014) highlight the huge variation in quality and the constant evolution of the techniques and the issue in 3D modelling. The main constraint that is faced by

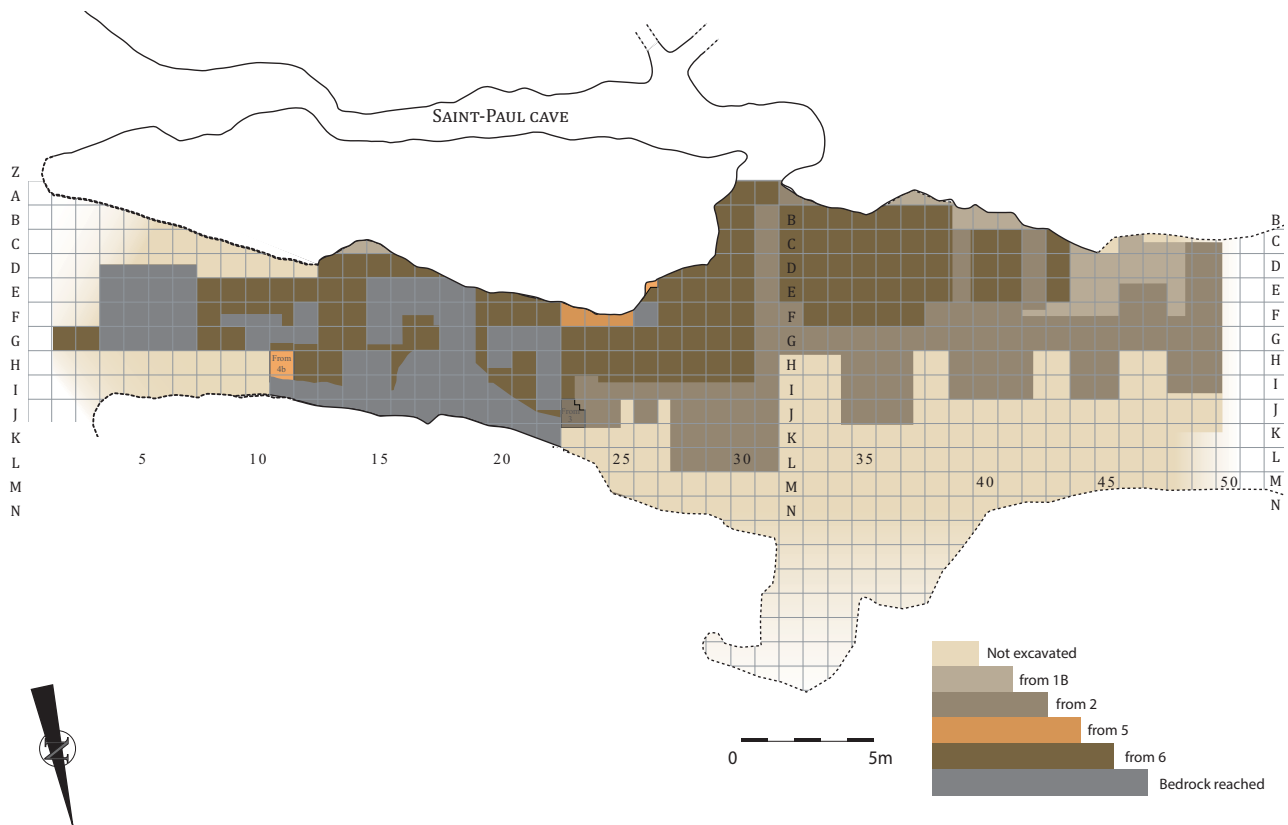


Fig. 1 – Handmade 2D mapping of the Scladina Cave.

all of these projects is either the lack of quality or the size limit of the 3D environments being scanned. In DigiArt, engineers have been working on finding a balance between data capture of large sites, data accuracy and visual accuracy. The use of Unmanned Aerial Vehicles (UAV or drone; Küng *et al.*, 2011; Vautherin *et al.*, 2016) facilitates covering large areas and those areas difficult to reach. Nevertheless, drones can only carry a small load. This is especially important if one considers the aim is to make these solutions cost-effective and user-friendly for cultural heritage workers. The use of video, photo and laser scanning is compared and combined in this project.

The second aim is to create a faster and accurate scanner for the capture of 3D objects (Arevalillo-Herráez *et al.*, 2016; Gdeisat *et al.*, 2015; Gdeisat *et al.*, 2016ab). Curators are often hampered by the time and complexity of scanning and processing 3D models of objects. This is the main reason why the uptake of virtual 3D collections is slow. In

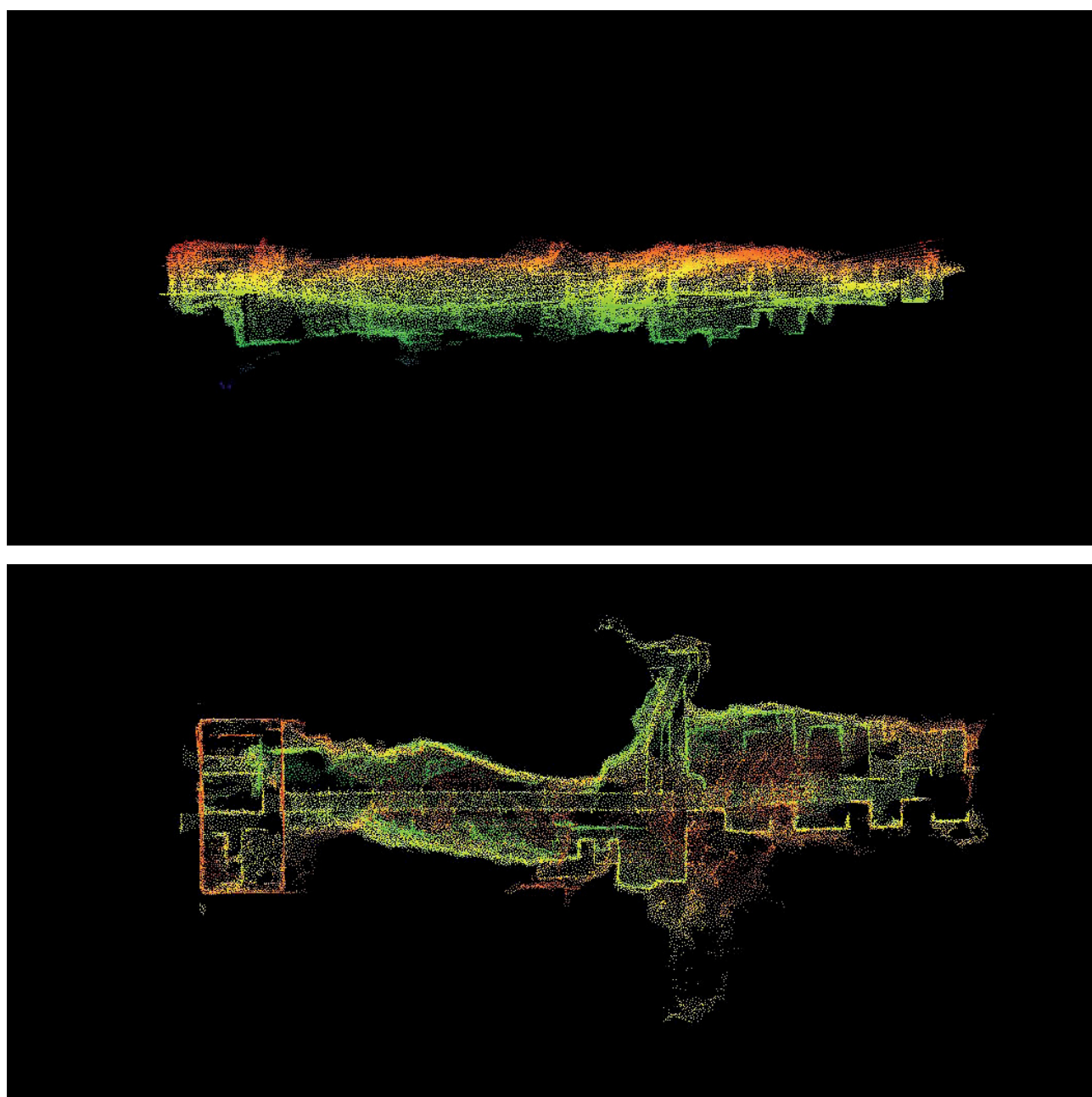


Fig. 2 – Different views of the LiDAR point cloud of the Scladina Cave.

addition, curators are concerned not only with the use of the object for display to the public, but also aim to have these virtual objects represent the real object as accurately as possible. This is one of the challenges the project is aiming to address especially because the project will transfer cultural objects from reality to virtual reality (VR) and to this “internet of historical things”. The semantic software engineers are tasked with finding meaning in the 3D objects and connect them through this meaning. They are developing recognition algorithms that will connect objects automatically based on their meaning (Ioannidou et al., 2016; Spampinato, 2016). So, people connected to the virtual museum will not only be able to virtually manipulate the artefacts, see them through optical filters (not directly visible on the objects like X-rays), but they will be able to find similar objects within the collections of the museum they are visiting or inside those of other museum of the community. This will result in the “Internet of the Historical Things” where cultural heritage will be accessible from anywhere, anytime.

As a culmination of the innovations mentioned above, the 3D content that is captured will be the landscape for radically new immersive experiences to remote and on-site visitors. The objects will be placed inside their context or where they were discovered in the 3D reconstruction of the archaeological sites through the use of augmented and virtual reality.

These three different cultural partners offer highly variable challenges, which broadly cover the spectrum of constraints inherent to most museum institutions. The creation of an all-in-one solution for museums will indeed allow them to be adopted by the entire cultural heritage domain. As mentioned above, the cultural heritage user is central to this



Scladina 2D (3D > on screen)

Fig. 3 – Photogrammetry of the transverse profile 50, the deepest part of the cave investigated to date, where the top of the sedimentary filling is in contact with the ceiling of the cave (Scladina-CO2015 Trans 50 [in y=25] C[in x=50]-I[in x=25]).

engineering innovation project and therefore adds real added value for the stakeholders of the cultural heritage world because it will make sure that specialized knowledge of 3D digitalization and virtual reality of gaming techniques is not required to create a truly immersive cultural visit.

2. Scladina Cave v3.0

In 2015, the three main caves (Scladina, Saint-Paul and Sous-Saint-Paul) composing the network of Scladina (Fig. 1) as well as the immediate outside surroundings were digitised using photogrammetry and 3D scanning (LiDAR) techniques. The LiDAR resulted in a high-precision (< 1 cm) topographic model of the ~ 90 m long cave system (Fig. 2). The photogrammetry is based on more than 6000 HD pictures, action camera and UAV videos (Fig. 3). The UAV was designed especially for the cave by the engineers, combining power, velocity and stability. Combined, both acquisition techniques offer a 3D textured model of the cave system with a precision that has never existed before (Fig. 4).

The current visit of Scladina is a guided tour of the cave system. The space has mostly been excavated and is therefore empty. In some areas deeper inside the cave the guide points out sedimentary profiles that allow him to explain the ways in which the cave was filled. Back in the museum, the visitor can view some objects that were found in the site, such as the Neanderthal child remains, stone tools and prehistoric animal bones. Although the visit is informative and receives good feedback from visitors, the objects are disconnected from the cave and it takes a lot of imagination for the visitor to visualise the cave when it was full of sediments or what it looked like during the time Neanderthals lived there.

The Scladina Cave visitor experience created by DigiArt will instead provide a fully immersive visit to the cave. It will present different scenarios, including media such as



Fig. 4 – Superposition of LiDAR and UAV 3D data within the Scladina Cave.

pictures, videos, 3D models of objects (Fig. 5) and animated avatars which will provide complementary information concerning the process of filling of the cave over time and the discovery of the Neanderthal child. Together, these media will innovate the ways in which the site is presented by placing the visitor in the centre of the experience. Through intuitive manipulations, they will be able to interact with their environment where objects are placed back inside the cave – in the location where they were discovered – while offering playful interactions (manipulation of objects, 3D animations...).

At the end of the project, the Scladina Cave experience will be available in two versions of the same product depending on whether visitors are physically inside the cave or not. The in-situ experience (inside the cave) will be based on augmented reality. Equipped with 3D glasses or tablets, visitors will walk into the cave and experience it as never be-

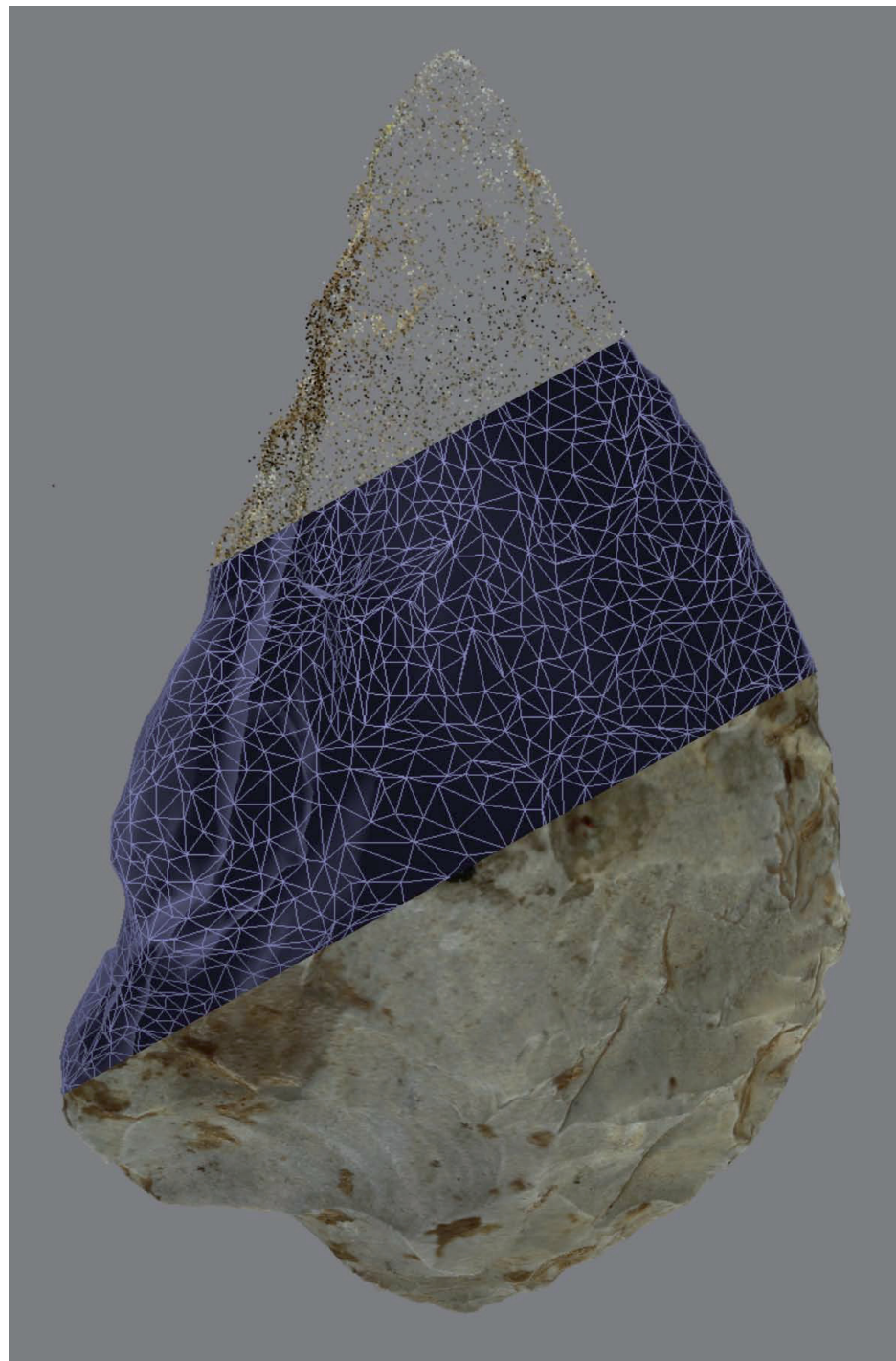


Fig. 5 – 3D model of a sidescraper made on flint (Scladina Unit 5; Sc82-333; L: 8,75 cm) highlighting the different steps from tie point cloud (upper part) to mesh (middle part), to the 3D textured model (lower part). Scale: 2/1.

fore. The objects will be visible where they were found in the cave, the sediments will re-appear where there is now a void and they will be able to find out more than ever before in what is now a connected visit. The off-site visit will be experienced as a new generation of FPS-like (First-Person Shooter) video games using the VR equipment (such as *Oculus Rift*). The visitor will walk through a completely reconstructed 3D model of the cave. By using VR technologies, they will be able to interact with the objects inside the cave, manipulate them and remove modern equipment, such as the metallic footbridge, to see the cave without it. This would not be possible without this technology. Although the process of creating these immersive virtual experiences sounds complicated, the aim is to develop simple tools for neophytes that will allow for frequent updates of the Scladina visitor experience to provide regular novelties and/or the elaboration of themed visits to keep the visitor wanting to return over and over again.

3. What's next?

The project has already challenged the engineers to think of ways in which to capture accurate data in a variety of cultural heritage settings. These have resulted in the development of new UAVs, adjustments in software and translating these to user-friendly tools to create virtual museums.

Frequently, archaeologists and curators are concerned by the use of all these new technologies and are conscious of the opportunities they provide, whether these are for preservation purposes (Mathys et al., 2013), scientific analysis (Abrams, in press; Bello et al., 2013; De Groote, 2011) or presentation to the public (Ververidis et al., 2015). Unfortunately, most of the solutions developed to date are not affordable (due to costs associated with hardware and time) and seem difficult to master by most people. The tasks ahead for DigiArt are to make data acquisition faster and easier while maintaining its accuracy. There is much benefit to be gained from semantic meaning extraction such as connecting objects across sites, identification and classification, but these can only be implemented and become meaningful when there is a substantial database of 3D objects (Ioannidou et al., 2016; Spampinato et al., 2016).

Also, the user-friendly software being developed to create the virtual visitor experiences must be easy to use and understand. It must be written in language cultural heritage workers are familiar with or is easy to learn. Feedback from the museum partners in the consortium to the software and hardware developers are therefore fundamental to this project.

The final challenge will be to ensure the distribution and uptake of the DigiArt innovations by a wide community of cultural heritage workers. The tools will enable them to create their own 3D generated content and provide the landscape for setting-up and offering radically new immersive visitor experiences. Only then, when European cultural heritage communicates through DigiArt, through these experiences whether they are within museums, archaeological sites or from their own homes, will “*The Internet Of Historical Things*” truly exist.

Bibliography

- ABRAMS G., in press. Palaeolithic bone re-touchers from Belgium: a preliminary overview of the recent research through historic and recently excavated bone collections. In: Hutson, J. M. (ed.), *The Origins of Bone Tool Technologies*, Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums, Mainz.
- APOLLONIO F. I., GAIANI M. & BENEDETTI B., 2012. 3D reality-based artefact models for the management of archaeological sites using 3D Gis: a framework starting from the case study of the Pompeii Archaeological area. *Journal of Archaeological Science*, 39: 1271-1287.
- AREVALILLO-HERRÁEZ M., GDEISAT M., LILLEY F. & BURTON D., 2016. A spatial algorithm to reduce phase wraps from two dimensional signals in fringe projection profilometry. *Optics and Lasers in Engineering*, 82: 70-78.
- ASHTON N., LEWIS S. G., DE GROOTE I., DUFFY S. M., BATES M., BATES R., HOARE P., LEWIS M., PARFITT S. A., PEGLAR S., WILLIAMS C. & STRINGER C., 2014. Hominin Footprints from Early Pleistocene Deposits at Happisburgh, UK. *PLoS ONE*, 9(2): e88329; <http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0088329>
- BELLO S. M., DE GROOTE I. & DELBARRE G., 2013. Application of 3-dimensional microscopy and micro-CT scanning to the analysis of Magdalenian portable art on bone and antler. *Journal of Archaeological Science*, 40(5): 2464-2476.
- BURENS-CAROZZA A., GRUSSENMEYER P., GUILLEMIN S., CAROZZA L., LEVEQUE F. & MATHÉV., 2013. Methodological Developments in 3D scanning and modelling of archaeological French heritage site: the Bronze Age painted cave of « Les Fraux », Dordogne (France). *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, 40(5): 131-135.
- DE GROOTE I., 2011. Femoral curvature in Neanderthals and modern humans: A 3D geometric morphometric analysis. *Journal of Human Evolution*, 60(5): 540-548.
- DUCKE B., SCORE D. & REEVES J., 2011. Multiview 3D reconstruction of the archaeological site at Weymouth from image series. *Computers & Graphics*, 35: 375-382.
- EMAUS R. & GOOSSENS R., 2015. Low cost 3D-modelling of a complex archaeological site using aerial photography in the hinterland of Petra, Jordan. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL(5), W4.
- GALEAZZI F., 2016. Towards the definition of best 3D practices in archaeology: Assessing 3D documentation techniques for intra-site data recording. *Journal of Cultural Heritage*, 17: 159-169.
- GDEISAT M. A., BURTON D. R., LILLEY F., AREVALILLO-HERRÁEZ M. & AMMOUS, M., 2015. Aiding phase unwrapping by increasing the number of residues in two-dimensional wrapped-phase distributions. *Applied Optics*, 54(34): 10073-10078.
- GDEISAT M. A., BURTON D. R., LILLEY F. & AREVALILLO-HERRÁEZ M., 2016a. Fast Fringe Pattern Phase Demodulation using FIR Hilbert Transformers. *Optics Communications*, 359: 200-206.
- GDEISAT M., QUDEISAT M., ALSA'D M., BURTON D., LILLEY F. & AMMOUS M., 2016b. Simple and accurate empirical absolute volume calibration of a multi-sensor fringe projection system. *Optics and Lasers in Engineering*, 80: 32-44.
- IOANNIDOU A., CHATZILARI E., NIKOLOPOULOS S. & KOMPATNIARIS I., 2016, submitted. Advances in Deep Learning with 3D Data: A Survey. Submitted to *Journal of ACM Computing Surveys* (July 2016).
- KATSIANIS M., TSIPIDIS S., KOTSAKIS K. & KOUSOULAKOU A., 2008. A 3D digital workflow for archaeological intra-site research using GIS. *Journal of Archaeological Science*, 35: 655-667.
- KÜNG O., STRECHA C., BEYELER A., ZUFFE-REY J.-C., FLOREANO D., FUA P. & GERVAIX F., 2011. The accuracy of automatic photogrammetric techniques on ultra-light UAV imagery. In: *UAV-g 2011-Unmanned Aerial Vehicle in Geomatics*: EPFL-CONF-168806
- LOJEK J., 2012. The use of 3D graphic modelling in geoarchaeological investigations (Bykowszczyzna archaeological site near Kock, E Poland). *Contemporary Trends in Geoscience*, 1(1): 31-37.

MATHYS A., BRECKO J., DI MODICA K., ABRAMS G., BONJEAN D. & SEMAL P., 2013. Agora 3D. Low cost 3D imaging: a first look for field archaeology. *Notae Praehistoricae*, 33/2013: 33-42.

REMONDINO F., 2011. Advanced 3D recording techniques for the digital documentation and conservation heritage sites and objects. *Change Over Time*, 1(2): 198-214, 292.

SPAMPINATO C., PALAZZO S., JOALLAND P. H., PARIS S., GLOTIN H., BLANC K., LINGRAND D. & PRECIOSO F., 2016. Fine-grained object recognition in underwater visual data. *Multimedia Tools and Applications*, 75(3): 1701-1720.

VAUTHERIN J., RUTISHAUSER S., SCHNEIDER-ZAPP K., CHOI H. F., CHOVANCOVA V., GLASS A. & STRECHA C., 2016. Photogrammetric accuracy and modelling of rolling shutter cameras. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, III(3): 139-146.

VERVERIDIS D., NIKOLOPOULOS S. & KOMPATSIARIS I., 2015. Transforming your website to an augmented reality view. In: *Proceedings of the 14th IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality, IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR)*, poster, Fukuoka: 4 p.; http://mklab.iti.gr/files/VerveridisISMAR15_POSTER.pdf

Abstract

DigiArt is a Europe-wide project aimed at providing a new, cost efficient solution to the capture, processing and display of cultural artefacts. The project will change the ways in which the public interact with cultural objects and spaces in a dramatic way. This project is unique in its collaborative approach: cultural heritage professionals working directly with electrical, mechanical, optical and software engineers to develop a solution to current issues faced by the museum sector. The innovations created by the engineers are driven by the demand of the cultural heritage sector. The diversity of the objects and spaces of the three test museums are challenging the engineers to provide a tool useful for a broad variety of indoor and outdoor museums in the future. This goes from using Unmanned Aerial Vehicle (UAVs or drones) to fly and record large sites, to using scanners to record fine jewellery.

As a case study, we present here the use-case of Scladina Cave. At the end of the project, the Scladina Cave Archaeological Centre will offer two different visitor experiences. The first uses virtual reality, which will be available anytime, anywhere, to anyone with an internet connected device. The second will use augmented reality technologies within the cave site. The augmented reality visit of the cave will enhance the tour of Scladina by offering visits that would not be possible where it not for the augmented reality, where 3D objects and animations will contribute to offer a new 3D-immersive experience.

Keywords: DigiArt, Cultural heritage, Digitisation, Virtual Reality, Augmented Reality, Scladina Cave.

Résumé

DigiArt est un projet paneuropéen dont le but est de concevoir une nouvelle solution à faibles coûts pour la numérisation et le traitement 3D des objets patrimoniaux. Le projet va profondément modifier la vision et l'interaction que le public peut avoir avec les vestiges archéologiques. Par les partenaires qui le composent, le consortium est assez unique puisque les acteurs du monde culturel sont entourés d'ingénieurs actifs dans différents domaines (électricité, mécanique, optique et informatique). L'ingénierie se retrouve ici au service du monde muséal qui guide pas-à-pas le développement matériel et logiciel. Les contraintes imposées par les acteurs culturels (diversité de sites archéologiques et d'objets) mettent à l'épreuve les ingénieurs qui doivent proposer des solutions innovantes et faciles d'utilisation, compatibles tant avec des petits objets que de grands espaces qu'ils soient extérieurs ou intérieurs. Cet enregistrement peut se faire à la fois par des vols de drones pour les sites ou l'utilisation de scanners pour la joaillerie fine.

En tant que partenaire, la grotte Scladina bénéficie en premier lieu des développements liés à ce projet. Au final, deux nouvelles expériences de médiation seront proposées aux visiteurs. La première, basée sur la réalité virtuelle, externalisera la visite du site sur des supports connectés. La seconde utilisera la réalité augmentée pour plonger les visiteurs de Scladina dans une nouvelle expérience immersive. Dans Scladina, le public pourra alors y manipuler des objets 3D replacés virtuellement dans la grotte, à l'endroit de leur découverte, ou visualiser des animations 3D qui compléteront de manière ludique et immersive la visite de la grotte.

Mots-clés: Projet DigiArt, Patrimoine culturel, numérisation, réalité virtuelle, réalité augmentée, grotte Scladina.

Grégory ABRAMS, Dominique BONJEAN, Kévin DI MODICA
Scladina Cave Archaeological Centre
339D, rue Fond des Vaux
BE - 5300 Andenne
gregory.abrams@scladina.be

Grégory ABRAMS, Dominique BONJEAN
Department of Prehistory
University of Liège
7, place du XX-Août
BE - 4000 Liège

Kévin Di Modica
Faculty of Archaeology
Leiden University
P.O. Box 9514
NL - 2300 RA Leiden
&
Department of Prehistory
National Natural History Museum, UMR 7194
1, rue René Panhard
FR - 75013 Paris

Isabelle DE GROOTE
Research Centre in Evolutionary Anthropology and Palaeoecology
James Parsons Building
School of Natural Sciences and Psychology
Liverpool John Moores University
Byrom Street
UK - L3 3AF Liverpool
i.e.degroote@ljmu.ac.uk

Frédéric BEZOMBES, David BURTON, Francis LILLEY
General Engineering Research Institute
Liverpool John Moore University
Byrom Street
UK - L3 3AF Liverpool

Alex HARDY
Vulcan UAV Ltd
11, Ground Floor Building
Vantage Point Business Village
UK - GL17 0SZ Mitcheldean (Gloucestershire)

Spiros NIKOLOPOULOS, Dimitrios VERVERIDIS
Information Technologies Institute (ITI)
Centre for Research and Technology Hellas (CERTH)
6th km Charilaou-Thermi Rd. P.O. Box 60361
GR - 57001 Thessaloniki

Frédéric PRECIOSO
CNRS University Nice Sophia Antipolis Lab I3S
UMR 7271 UNS-CNRS Team SPARKS Polytech'Nice-Sophia 930
route des Colles, BP145
FR - 06903 Sophia-Antipolis

Christoph STRECHA
Pix4D SA
EPFL Innovation Park
Building F
CH - 1015 Lausanne

Eirini THOMAIDOU
Archaeological site of Aigai
GR - 59100 Vergina (Imathia)

Twee fragmenten van dissels aan de ‘Steenberg’ te Bekkevoort (prov. Vlaams-Brabant, BE)

Erwin MEYLEMANS, Ad GOMMERS,
Jonas LEMAHIEU & Marc DE BIE

1. Inleiding

Kaderend in de werking van de Centrale Archeologische Inventaris wordt een aantal privé collecties van steentijd artefacten in detail geregistreerd en beschreven (cf. o. a. Meylemans, 2014). In de loop van 2014 werden in dit verband de heren Ad Gommers en Robert De Cock gecontacteerd.

Van de regio waar zij actief zijn werd al in de jaren '1970 de collectie Claes gedetailleerd beschreven in de doctoraat studie van P. Vermeersch (Vermeersch, 1976). Na dit doctoraat hebben Gommers en De Cock de velden in de regio Bekkevoort verder afgezocht, wat resulteert in een groot aantal nieuwe vondsten van de reeds gekende sites, maar ook in een aantal nieuwe vindplaatsen. Zo ook de locatie gekend in Gommers' inventaris als 'B-38'. De beschrijving en analyse van de vondsten van deze locatie werden verwerkt in een bachelor paper (Lemahieu, 2016).

Dit artikel biedt een beknopte beschrijving van deze resultaten, met nadruk op de beschrijving van twee fragmenten van dissels, en een update van de spreiding van vondsten van dissels buiten de bandkeramische nederzettingclusters in Vlaanderen.

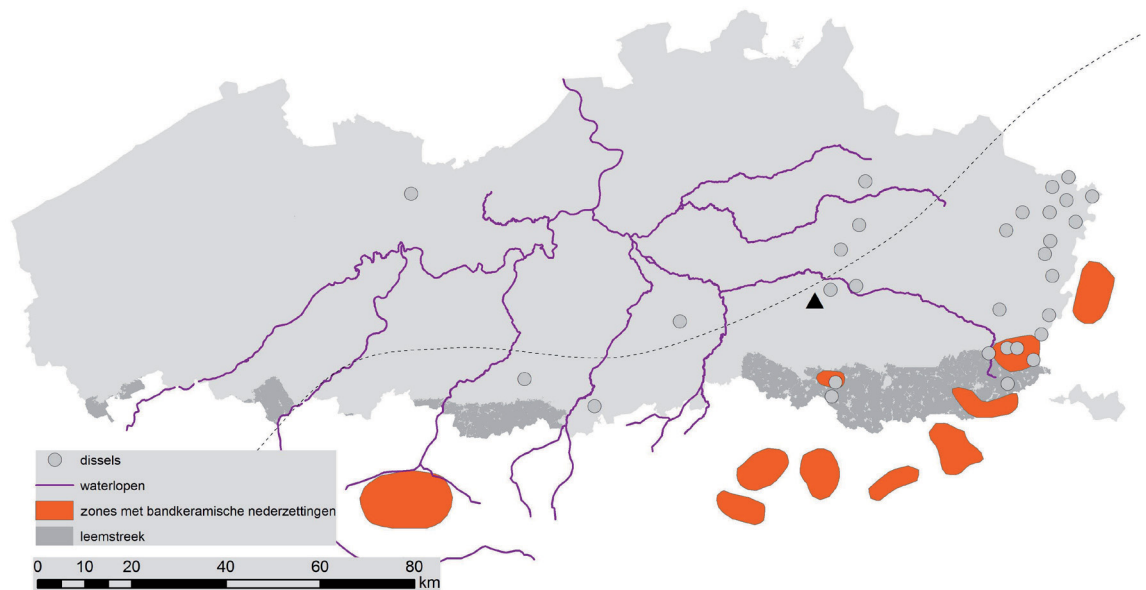


Fig. 1 – Situering van de site (driehoek) op een kaart van Vlaanderen met aanduiding van de spreiding van aangetroffen dissels (op basis van de Centrale Archeologische Inventaris) en de 30 km ‘contactzone’ (stippellijn) buiten de gekende bandkeramische clusters (naar Verhart 2013).

2. Situering

De vindplaats is gelegen in de gemeente Bekkevoort, aan de voet van de ‘Steenberg’, en in het dal van de ‘Vijverloop’ beek, in het bekken van de bovenloop van de Demer (Fig. 1).

3. Algemene beschrijving van het ensemble

In totaal bevat het ensemble 1617 artefacten, waarvan de meeste gemaakt op vuursteen ($n = 916$), en eveneens een relatief groot aantal op Wommersomkwartsiet ($n = 334$) en kwartsiet van Tienen ($n = 380$). Enkel de twee fragmenten van dissels wijken af van dit algemene spectrum aan grondstoffen (cf. *infra*). Het overgrote deel van het ensemble bestaat uit debitagemateriaal (afslagen, klingfragmenten en brokstukken). Er werden 50 kernen, 96 werktuigen en 2 kerfresten geteld (Tab. 1). Bij de werktuigen vinden we verschillende categorieën terug, waarvan de meeste schrabbers, geretoucheerde klingen, en ‘onbepaalde’ geretoucheerde werktuigen. De diagnostische kenmerken binnen het ensemble wijzen op een palimpsest situatie, met aanwezigheid uit verschillende periodes. Het gebruik van kwartsiet van Tienen en Wommersomkwartsiet, en de aanwezigheid van enkele microlieten (o. a. driehoeken) wijzen op aanwezigheid in verschillende periodes van het mesolithicum. Een hoefschrabber en fragmenten van gepolijste bijlen zijn dan weer toe te schrijven aan de middenneolithische Michelsbergcultuur. Dit is niet verrassend, gezien de site dichtbij de gekende Michelsberg site van Assent-Hermansheuvel gelegen is. Enkele pijlpunten, één met schachtdoorn en één met schachtdoorn en vleugels, tonen ook activiteit aan in het laatneolithicum/bronstijd. Eén van de getelde werktuigen is een geweerkei, en behoort dus niet tot de prehistorie. Tenslotte hebben we de twee dissselfragmenten, artefacten die toegewezen worden aan het vroegneolithicum, meer specifiek geassocieerd met de bandkeramiek.

grondstof	kernen	brokstukken	afslagen	kling (fragmenten)	werktuigen	kerfresten	n	%
Vuursteen	27	75	638	92	69	0	901	55,72
Wommersomkwartsiet	12	15	211	78	16	2	334	20,66
Kwartsiet van Tienen	11	14	289	57	9	0	380	23,50
Lydiet	0	0	0	0	1	0	1	0,06
Zandsteenconglomeraat	0	0	0	0	1	0	1	0,06
<i>Totaal</i>							1617	

Tab. 1 – Verdeling van het ensemble naar algemene categorieën en gebruikte grondstof.

4. Twee dissselfragmenten

De twee fragmenten (Fig. 2) behoren tot het type van de *flat adzes* (breedte groter dan de dikte; cf. Verhart, 2013). Eén fragment (l: 6,65 cm; b: 2,90 cm; d: 1,80 cm) is vervaardigd op lydiet, het andere (l: 5,9 cm; b: 4,40 cm; d: 1,70 cm) op een zandsteenconglomeraat. Beide artefacten zijn proximaal gebroken, breuken die gezien de patina en verwerking niet recent zijn. Het exemplaar in lydiet vertoont enkele retouches of afsplinteringen op de breuk, wat mogelijk wijst op een gebruik of poging tot herschachting posterieur aan de breuk.

5. Bespreking

Chronologisch is het gebruik van dissels beperkt tot het vroegneolithicum, en in onze regio vooral verbonden met de bandkeramiek. De exemplaren in lydiet komen vooral voor in de jonge periode van de bandkeramiek (Bakels, 1987; Brounen, 2016).

In Vlaanderen zijn buiten de gekende bandkeramische nederzittingsclusters slechts een beperkt aantal dissels teruggevonden (Fig. 1). De meeste hiervan zijn gesitueerd in de Maasregio, een verspreidingspatroon dat zich verder doorzet in het Nederlandse Maasdal (Verhart, 2013). De overige vondsten, zoals deze van Bekkevoort-Steenberg, bevinden zich verspreid in de bovenbekkens van Dender, Zenne, Dijle, Demer en Nete, en binnen of net buiten de 30 km 'grens' vanaf de spreiding van de gekende bandkeramische nederzittingsclusters (Verhart, 2013: fig. 1).

Het enige exemplaar dat afwijkt van dit patroon werd gevonden in een Romeinse context (Perdaen et al., 2006). Binnen de 30 km 'contactzone' met de bandkeramische nederzettingen duiken sporadisch ook andere typische bandkeramische artefacten op in mesolithische context, bv. aardewerk (bv. Amkreutz et al., 2010; Crombé 1985; Parent et al., 1987) en bandkeramische spitsen, o. a. ook in de regio van Bekkevoort (Vermeersch, 1976). Buiten deze primaire contactzone zijn dergelijke vondsten schaars. Een uitzondering is de site van Bazel-Sluis 5, waar eveneens enkele Bandkeramische scherven werden aangetroffen (Crombé et al., 2015; Meylemans et al., 2016).

6. Conclusie

De twee dissels aangetroffen in het ensemble van de site Bekkevoort-Steenberg dragen in de eerste plaats bij tot een verdere aandikking van een patroon van vondsten die wijzen op hetzij 'contact' tussen de boerengemeenschappen van de bandkeramiek en de jager-verzamelaarsgemeenschappen buiten de loesszone, hetzij activiteiten van de mensen van de bandkeramiek zelf buiten deze zone (Vanmontfort, 2008). Het

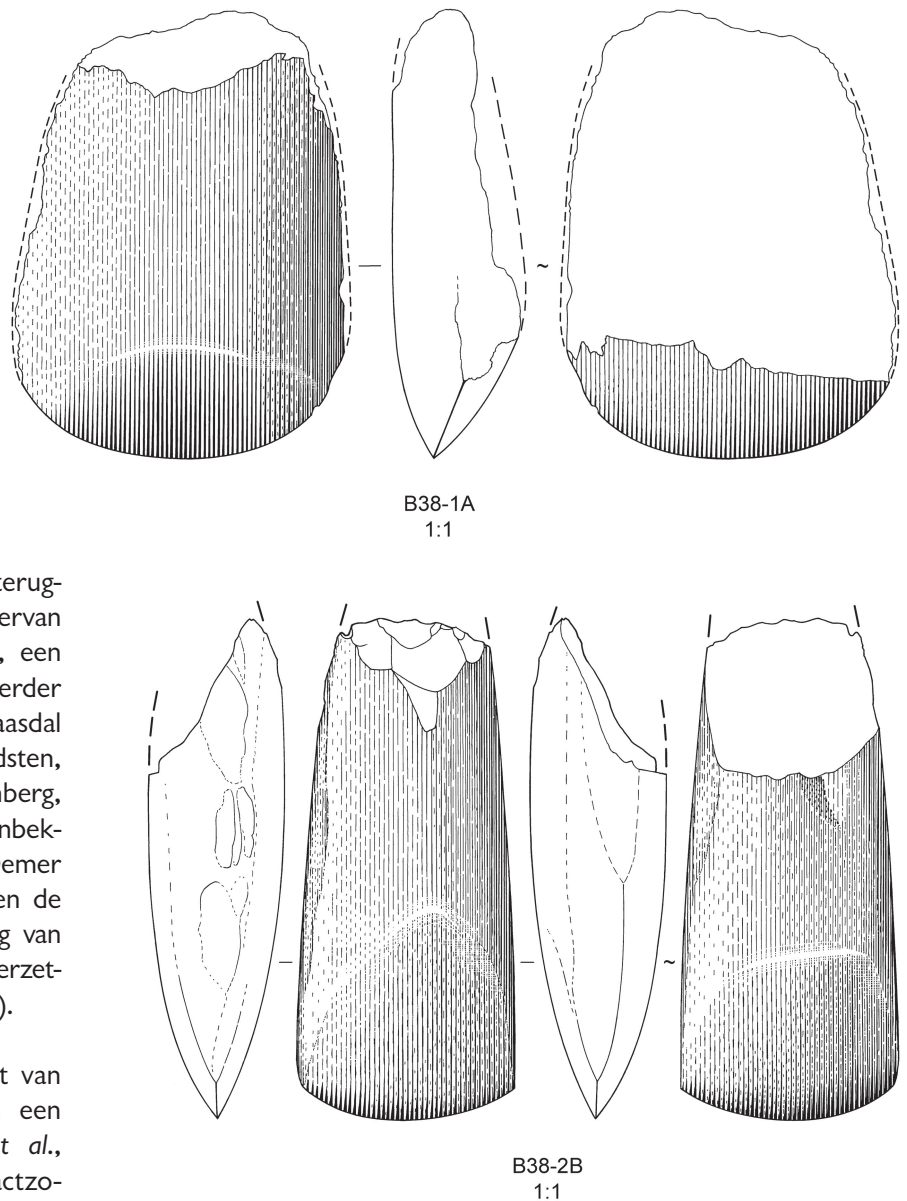


Fig. 2 – Tekening de twee dissels in a) zandsteenconglomeraat en b) lydiet.

huidige ensemble bevat evenwel weinig diagnostische stukken die wijzen op een laatmesolithische aanwezigheid. In de tweede plaats wordt nogmaals de grote meerwaarde aangetoond van een systematische beschrijving en registratie van de vele collecties van liefhebber-zoekers.

Bibliografie

- AMKREUTZ L., VANMONTFORT B., DE BIE M. & VERBEEK C., 2010. Bowls of contention. Mesolithic sites with pottery in the Lower Rhine Area. In: Vanmontfort B., Louwe Kooijmans L. P., Amkreutz L. & Verhart L. (red.), *Pots, Framers and Foragers. Pottery traditions and social interaction in the earliest Neolithic of the Lower Rhine Area*, Archaeological Studies Leiden University, 20, Leiden: 15-26.
- BAKELS C. C., 1987. *On the Adzes of the North-western Linearbandkeramik*. *Analecta Praehistorica Leidensia*, 20, Leiden.
- BROUNEN F., 2016. Dissels. In: Amkreutz L., Brounen F., Deeben J., Machiels R., van Oorsouw M. F. & Smit B. (red.), *Vuursteen verzameld. Over het zoeken en onderzoeken van steentijdvondsten en -vindplaatsen*, Nederlandse Archeologische Rapporten, 50, Amersfoort: 229-234.
- CROMBÉ P., 1985. Een prehistorisch site te Kerkhove (Mesolithicum-Neolithicum). *West-vlaamse Archaeologica*, 1: 3-39.
- CROMBÉ P., SERGANT J., PERDAEN Y., MEYLEMANS E. & DEFORCE K., 2015. Neolithic pottery finds at the wetland site of Bazel-Kruike (Flanders, Belgium): evidence of long-distance forager-farmer contact during the 5th millennium cal BC in the Rhine-Meuse-Scheldt area. *Archäologisches Korrespondenzblatt*, 45: 21-39.
- LEMAHIEU J., 2016. *Techno-typologische analyse van het lithisch ensemble van de Steenberg te Bekkevoort. Hernieuwd onderzoek naar de betekenis van prehistorische oppervlakte-sites in het Hageland*. Bachelorpaper, Vrije Universiteit Brussel, Brussel.
- MEYLEMANS E., 2014. Enkele oppervlaktevindplaatsen langs de Kleine Nete in het toekomstig overstromingsgebied 'Varenheuvel' (gem. Zandhoven, Nijlen en Grobbendonk, prov. Antwerpen, B). *Notae Praehistoricae*, 34/2014: 125-135.
- MEYLEMANS E., PERDAEN Y., SERGANT J., BASTIAENS J., CROMBÉ P., DEBRUYNE S., DEFORCE K., DU RANG E., ERVYNCK A., LENTACKER A., STORME A. & VAN NEER W., 2016. *Archeologische opgraving van een midden-mesolithische tot midden-neolithische vindplaats te 'Bazel-Sluis 5' (gemeente Kruike, provincie Oost-Vlaanderen)*. Onderzoeksrapporten agent-schap Onroerend Erfgoed, 40, Brussel.
- PARENT J.-P., VAN DER PLAETSEN P. & VANMOERKERKE J., 1987. Prehistorische jagers en veetelers aan de Donk te Oudenaarde. *VOBOV-Info*, 24/25: 1-45.
- PERDAEN Y., LALOO P., CROMBÉ P. & DE CLERCQ W., 2006. Een Bandkeramische dissel in Zandig Vlaanderen. *Notae Praehistoricae*, 26/2006: 199-202.
- VANMONTFORT B., 2008. Forager-farmer connections in an 'unoccupied' land: first contact on the western edge of LBK territory. *Journal of Anthropological Archaeology*, 27: 149-160.
- VERHART L., 2013. Contact in Stone: Adzes, Keile, and Spitzhauen in the Lower Rhine Basin. Neolithic Stone Tools and the Transition from Mesolithic to Neolithic in Belgium and the Netherlands, 5300-4000 Cal BC. *Journal of Archaeology in the Low Countries*, 4: 5-35.
- VERMEERSCH P. M., 1976. *Steentijdmateriaal uit het noordelijke Hageland*. Nationaal Centrum voor Oudheidkundige Navorsingen in België, Oudheidkundige Repertoria, Reeks B: De verzamelingen, Brussel.

Samenvatting

De door Ad Gommers geprospecteerde site 'B-38' op de Steenberg te Bekkevoort bevat twee fragmenten van bandkeramischdissels binnen een verder vooral mesolithisch ensemble. Deze dissels voegen zich bij de andere bandkeramische vondsten die ofwel door de vroegneolithische boeren zelf, ofwel door contacten met de mesolithische jager-verzamelaars verspreid raakten buiten de loësszone.

Trefwoorden: Bekkevoort-Steenberg, dissel, neolithisering, bandkeramiek, mesolithicum.

Résumé

Le site 'B-38' sur le 'Steenberg' à Bekkevoort, prospecté par Ad Gommers, a livré deux fragments d'herminettes rubanées situées dans un ensemble plutôt mésolithique. Ces herminettes s'ajoutent aux autres découvertes rubanées qui sont distribuées en dehors de la zone loëssique, soit par les agriculteurs du Néolithique ancien, soit par des contacts avec les chasseurs-cueilleurs mésolithiques.

Mots-clés : Bekkevoort-Steenberg, herminette, néolithisation, Rubané, Mésolithique.

Erwin MEYLEMANS
Marc DE BIE
Vlaamse overheid
Agentschap Onroerend Erfgoed
19, bus 5, Koning Albert II-laan
BE – 1210 Brussel
erwin.meylemans@rwo.vlaanderen.be
marc.debie@rwo.vlaanderen.be

Ad GOMMERS
3, Dennenstraat
BE – 3460 Bekkevoort

Jonas LEMAHIEU
Marc DE BIE
Vrije Universiteit Brussel
Vakgroep Kunstwetenschappen en Archeologie
2, Pleinlaan
BE – 1050 Brussel
jonas.lemahieu@vub.ac.be
marc.debie@vub.ac.be

Nouvel indice d'une occupation de l'Est de la France au Paléolithique supérieur ancien : découverte d'une pointe pédonculée à Rimling « Kohlhecke », Moselle

Olivier TOUZÉ, Justin COPPE & Sébastien SCHMIT

1. Introduction

À l'occasion d'une prospection pédestre autorisée par le Service régional d'Archéologie de Lorraine et effectuée début 2016, l'un d'entre nous (S. Schmit) découvrit une pointe pédonculée (Fig. 1) non loin du village de Rimling en Moselle. La mise au jour de ce type d'artefact étant inédite dans ce département, et au-delà en Lorraine, nous en avons réalisé un examen approfondi. Nous présentons ici les résultats de l'analyse morphologique, technologique et fonctionnelle de cet objet, avant d'envisager ensuite une hypothèse d'attribution chrono-culturelle.

2. Contexte de la découverte

2.1. Cadre géographique et géologique

Le village de Rimling se situe aux confins de la Lorraine orientale, dans le département de la Moselle, à moins de trois kilomètres de la frontière allemande. Il est situé dans le Pays de Bitche ou *Bitscherland*, lequel s'étend sur deux entités géographiques distinctes. À l'est, le « pays couvert », situé dans les grès du Buntsandstein des Vosges du Nord, qui se caractérise par un relief accidenté recouvert de forêts. À l'ouest, le « pays découvert », dont le relief peu marqué et les sols lœssiques couvrant des formations calcaires du Muschelkalk ont profité à l'agriculture. Rimling appartient à cette dernière entité.

Le village est bâti sur le front de la côte du Muschelkalk, ou côte de Lorraine, qui barre le paysage du nord au sud et dont les sommets culminent à 390 m d'altitude. Le bourg est bordé à l'est par le ruisseau de la Bickenalbe qui s'écoule du sud vers le nord en direction de l'Allemagne dans une dépression orthoclinale. À l'est du ruisseau, le relief se présente sous la forme d'un glacis montant

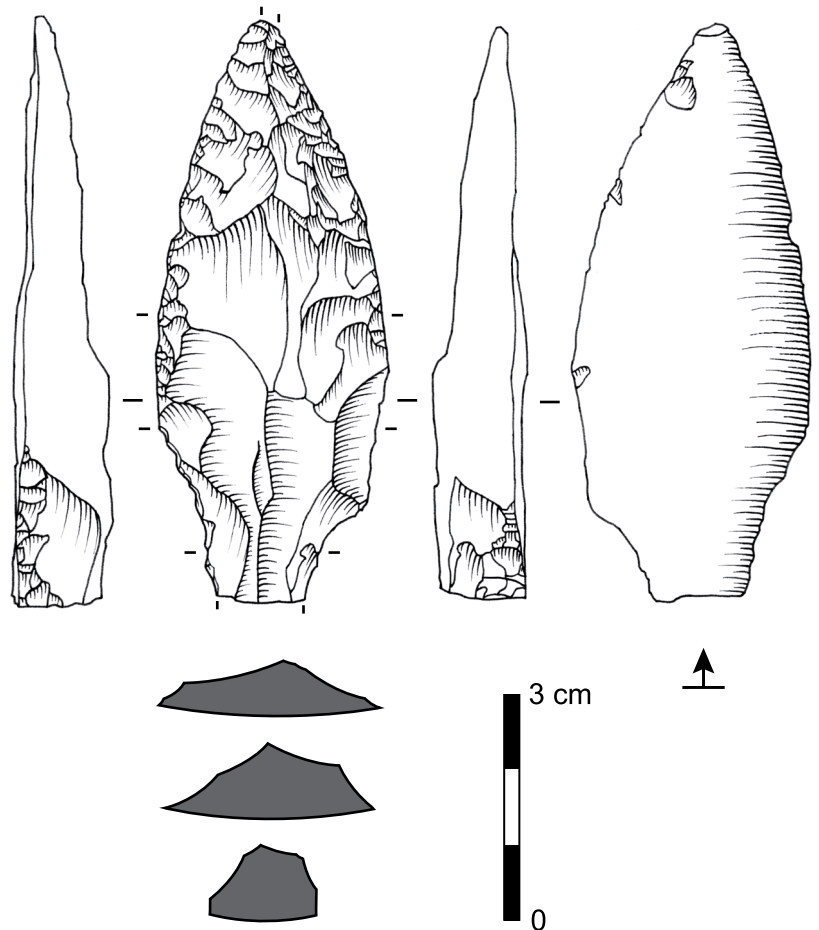


Fig. 1 – Rimling « Kohlhecke ». Pointe pédonculée. Dessin : O. Touzé.

régulièrement en pente douce jusqu'à la Koenigstrasse, une voie antique courant du nord au sud à une altitude moyenne de 330 m. Ce glaciaire présente une couverture loessique d'épaisseur variable : en partie haute (abords de la Koenigstrasse) et basse (proximité de la Bickenalbe), les loëss apparaissent peu présents et le substrat calcaire affleure sous forme de blocs et de dalles litées pris dans une matrice argileuse. En partie médiane, la couverture loessique atteint le mètre. Cette différence d'épaisseur s'explique par l'érosion fluviale des zones basses voisines du cours d'eau, et par le colluvionnement des loëss du sommet vers les zones médianes du glaciaire. La pointe pédonculée a été découverte au lieu-dit « Kohlhecke »¹, situé dans la partie haute du glaciaire, à environ 1500 m à l'est de la Bickenalbe et 200 m à l'ouest de la Koenigstrasse (Fig. 2-3).

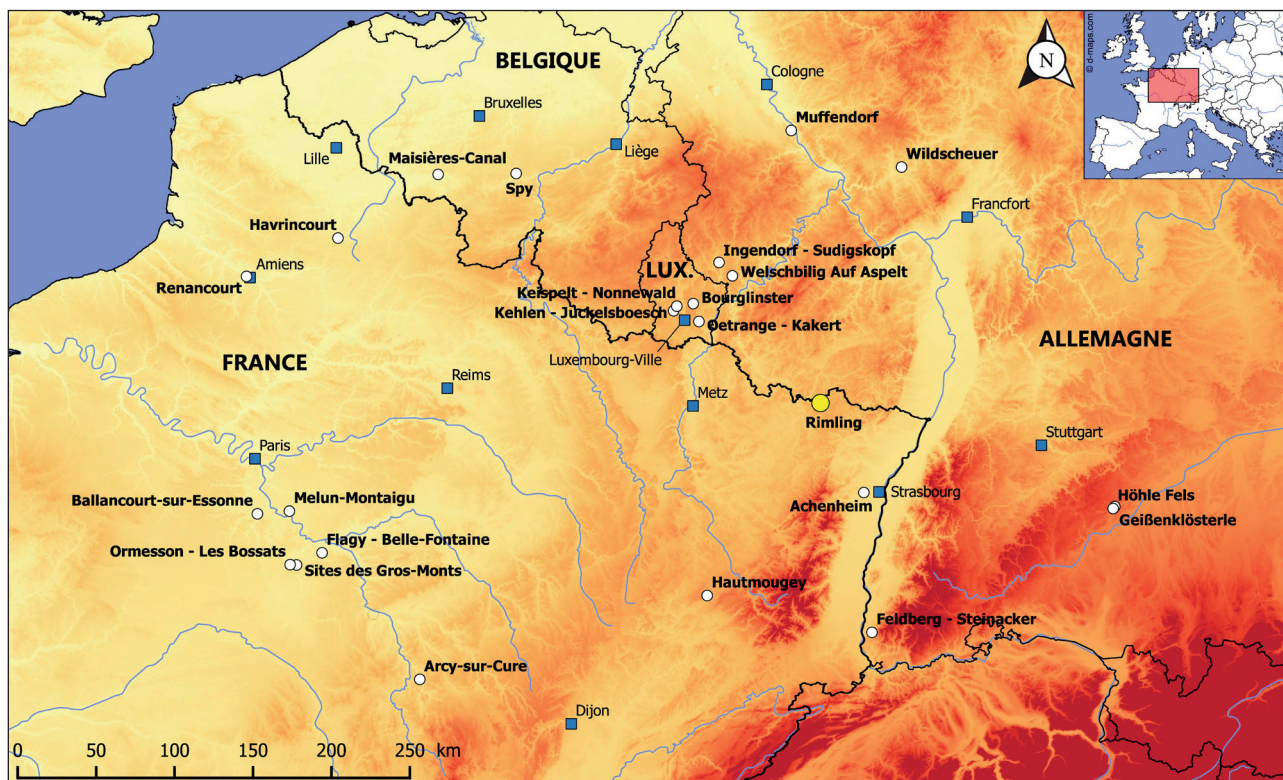


Fig. 2 – Carte des sites mentionnés dans le texte. DAO : O. Touzé.

2.2. Contexte archéologique

Les lieux-dits « Kohlhecke » et « Kammerforst », tous deux localisés dans la partie haute du glaciaire, ont livré jusqu'à présent des vestiges préhistoriques mélangés et épars, provenant de gisements remaniés et démantelés par le colluvionnement, le ruissellement et la solifluxion. Une industrie lithique attribuable au Paléolithique moyen y a été mise au jour. Celle-ci est réalisée sur le silex du Muschelkalk disponible à proximité du site, mais quelques pièces en quartz et quartzite vosgiens sont également présentes. Cette industrie présente plusieurs schémas de débitage dont le schéma Levallois, ainsi qu'un outillage dominé par les racloirs et comprenant quelques pièces bifaciales (Asselin et *al.*, 2014-2015). Le Paléolithique supérieur n'est documenté que par quelques pièces, dont la pointe pédonculée présentée ici constitue le témoin le plus fiable. Plusieurs microlithes attestent en outre une fréquentation du site au Mésolithique. Enfin, le Néolithique est représenté par

¹ Coordonnées Lambert II étendu : E = 962270.55, N = 2466603.04, altitude = 329 m. Cadastre : feuille 9, parcelle 50.

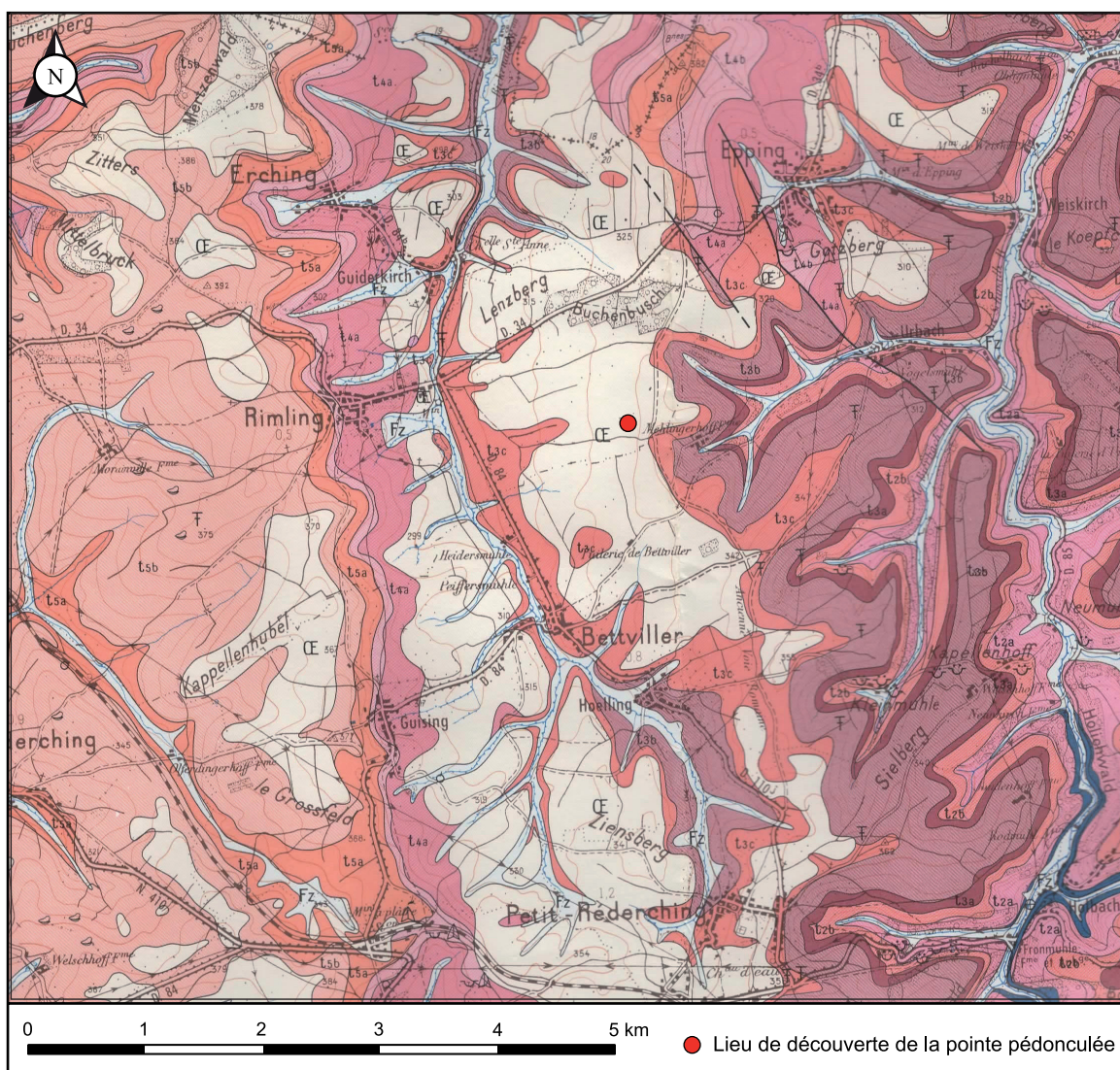


Fig. 3 – Extrait de la carte géologique au 1/50 000 Bitche-Walschbronn XXXVII 13, 1967, modifiée. DAO : S. Schmit & O. Touzé.

plusieurs dizaines de pièces, dont notamment une herminette plate rubanée en amphibolite, une lame polie de hache en péliste-quartz, plusieurs dizaines de fragments de meule ainsi qu'une lame de hache en cuivre qui pourrait être attribuée plus spécifiquement à la transition Néolithique final/Bronze ancien (Schmit *et al.*, 2008). Les découvertes réalisées à Rimling ne sont pas isolées dans la région, les prospections ayant permis l'identification de plusieurs sites attribuables en particulier au Néolithique et au Paléolithique moyen (Schmit, 2005, 2006, 2007 ; Valotteau *et al.*, 2012, 2013 ; Asselin *et al.*, 2014-2015).

3. Résultats de l'analyse techno-fonctionnelle

3.1. Description générale

Cet artefact est un fragment méso-distal d'une pointe pédonculée façonnée sur un support laminaire vraisemblablement issu d'une phase de plein débitage. La matière première utilisée est un silex sénonien (coniacien ou campanien, détermination V. Blouet), dont les gîtes les plus proches se situent 200 km à l'ouest de Rimling, dans une région comprise entre Epernay au nord et Sens au sud. Au lieu-dit « Kohlhecke », les prospections de

surface n'ont livré qu'une seule autre pièce en silex sénonien. Il s'agit d'un éclat cortical de 58 mm de long, 38 mm de large et 16 mm d'épaisseur présentant de nets stigmates d'altération récente, vraisemblablement causés par une machine agricole (présence d'oxydes ferreux ; Fig. 4). Eu égard au contexte de découverte, il est cependant impossible de savoir si cet éclat et la pointe pédonculée sont liés à une même occupation.

La face supérieure de la partie active de la pointe – le limbe – a été soigneusement façonnée par plusieurs générations de retouches plates, envahissantes et bilatérales. Les bords du limbe sont réguliers, aigus et légèrement convexes. Ils définissent une pointe fine aménagée dans la partie distale du support et positionnée dans l'axe longitudinal de la pièce. Le pédoncule est incomplet, la pièce étant cassée un peu plus d'un centimètre en-dessous des crans. Les derniers millimètres apicaux sont également manquants. Le pédoncule est façonné par des retouches d'inclinaison semi-abrupte à abrupte. Le positionnement des crans présente une légère dissymétrie, le cran senestre étant situé un peu plus haut sur le support que son homologue dextre. Leur aménagement témoigne cependant d'une réduction équivalente de la largeur du support à partir des deux bords. L'objet présente une patine blanchâtre légère. Les dimensions maximales de la pointe sont de 66 mm en longueur, 27 mm en largeur et 10 mm en épaisseur. Son poids est de 17 g.

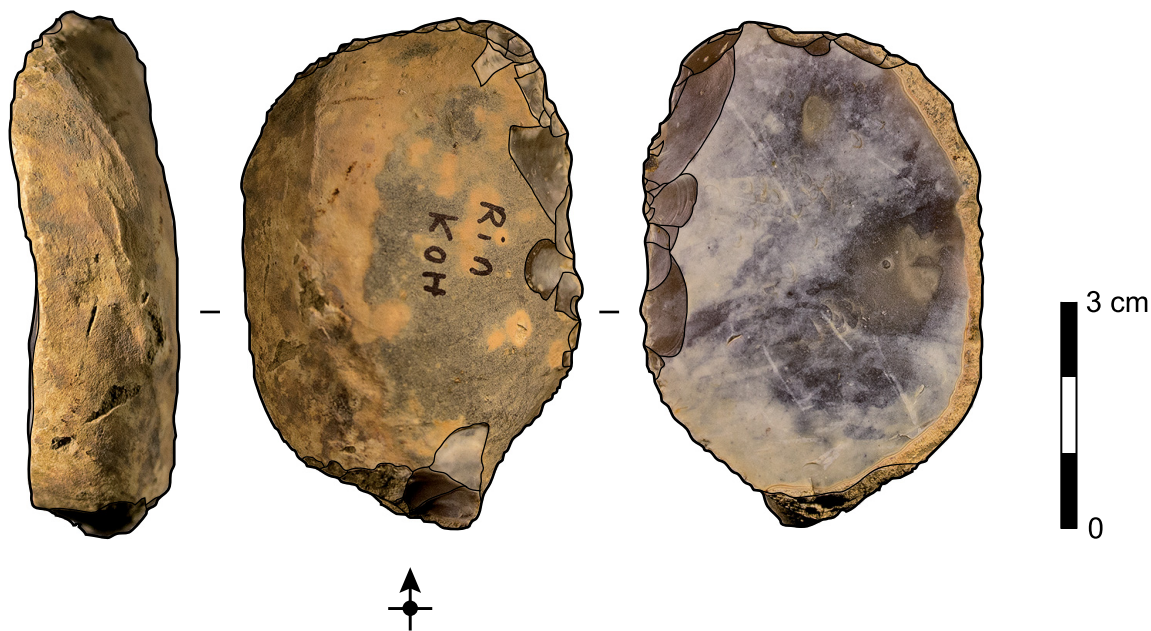


Fig. 4 – Rimling - « Kohlhecke ». Eclat cortical en silex sénonien. Photos & DAO : O. Touzé.

3.2. Analyse du façonnement

Le support laminaire sélectionné présente une section trapézoïdale définie par les deux nervures présentes sur sa face supérieure. Ces nervures correspondent à l'intersection de trois enlèvements laminaires antérieurs, détachés de la droite vers la gauche sur le nucléus². Ces enlèvements, ainsi que le support de la pointe pédonculée, ont tous été détachés depuis le même plan de frappe. La séquence de débitage dont ils sont issus est donc unipolaire. Le choix du façonnement du limbe par une retouche unifaciale, rasante, envahissante, et outrepassant les nervures centrales, paraît répondre à plusieurs objectifs.

² Le sens de lecture est inversé sur le schéma diacritique, la pièce étant positionnée partie proximale vers le bas.

Outre la configuration du support et la préparation d'une pointe, le choix de ce procédé de retouche conduit à une réduction sensible de l'épaisseur du limbe tout en permettant aux bords de demeurer vifs et donc tranchants. Le caractère à la fois mince et acuminé du limbe, ainsi que la présence de deux bords tranchants, constituent les principales caractéristiques fonctionnelles de la pièce.

L'examen des retouches permet de reconstituer les dernières étapes du processus de façonnement (Fig. 5). Sur le limbe, deux phases de façonnement sont ainsi lisibles, comprenant elles-mêmes deux générations ou plus de retouches. La phase la plus ancienne consiste dans le détachement d'enlèvements envahissants, larges en partie mésiale du limbe et devenant progressivement plus étroits dans sa partie distale, qui configurent entièrement sa morphologie et son épaisseur. L'étude de la succession de ces enlèvements montre que le façonnement du bord gauche a été réalisé de manière linéaire depuis la partie mésiale du limbe jusqu'à l'apex. Cette progression est toutefois entrecoupée par le façonnement, cette fois non-linéaire, du bord droit (Fig. 6). La seconde phase, elle, comprend des enlèvements étroits et sensiblement plus courts dont la principale fonction est la régularisation des bords, et notamment l'effacement de la micro-denticulation qui a dû résulter de la phase précédente de retouche. L'examen de la partie conservée du pédoncule permet d'identifier également deux phases de façonnement, la première consistant en de larges retouches semi-abruptes, la seconde en de courts enlèvements abrupts régularisant les bords.

La relation chronologique entre le façonnement du limbe et celui du pédoncule ne peut être envisagée qu'à partir de l'examen du cran senestre, seule zone à présenter une superposition de retouches intervenant dans la configuration de ces deux parties de l'artefact. Cette zone est toutefois très réduite et elle ne présente pas, en outre, les larges retouches envahissantes observées plus haut sur le limbe. Le résultat de cet examen ne peut donc être véritablement représentatif, et constitue tout au plus une indication. Quoiqu'il en soit, l'observation montre qu'une courte retouche de régularisation du limbe (Fig. 5, retouche 2'') recoupe une large retouche de façonnement du pédoncule (retouche 1'') avant d'être elle-même recoupée par une retouche de régularisation du pédoncule (retouche 3''). L'étude du cran senestre suggère donc une imbrication, au moins à cet endroit, du façonnement du limbe et du pédoncule. Aucun indice sur un éventuel décalage chronologique entre les préparations du limbe et du pédoncule ne peut donc être dégagé.

3.3. Éléments d'analyse fonctionnelle

Les observations ont été réalisées à l'échelle micro et macroscopique à l'aide d'un stéréomicroscope Zeiss Discovery V12 (agrandissement de 8-100 x) et d'un microscope métallographique Axio Imager Zeiss (agrandissement de 50 x - 500 x). La surface de la pièce s'avère malheureusement trop altérée (patine blanche et lustre post-dépositionnel) pour permettre une analyse microscopique. La pointe porte cependant plusieurs fractures macroscopiques interprétables. Ces fractures sont toutes patinées ce qui garantit leur ancienneté. Plusieurs d'entre elles sont probablement la conséquence d'endommagements post-dépositionnels et ne seront donc pas décrites ici.

En partie distale la pointe porte une *bending break*³ de faible amplitude. Celle-ci est initiée depuis la surface dorsale et se termine en *feather* sur la surface ventrale. La partie distale porte aussi une importante série de *scars* initiées depuis le bord droit de la surface dorsale. Les initiations de ces *scars* se superposent les unes aux autres et présentent

3 Les fractures sont décrites selon la terminologie proposée dans Coppe & Rots (soumis). Les termes utilisés ont été conservés en anglais dans un souci de précision terminologique, la traduction générant souvent un glissement sémantique que nous souhaitons éviter.

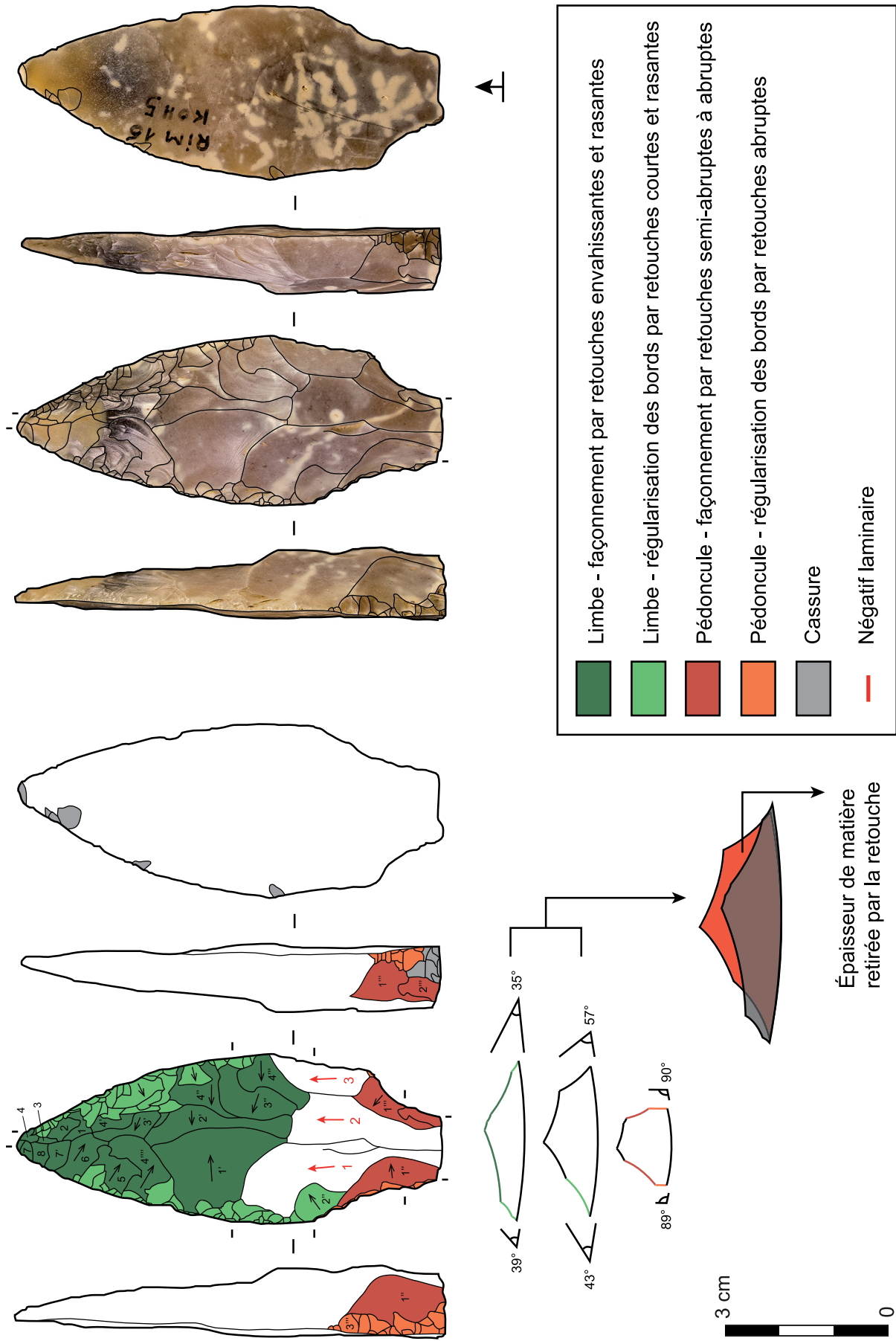


Fig. 5 – Schéma diacritique. Photos & DAO : O. Touzé.

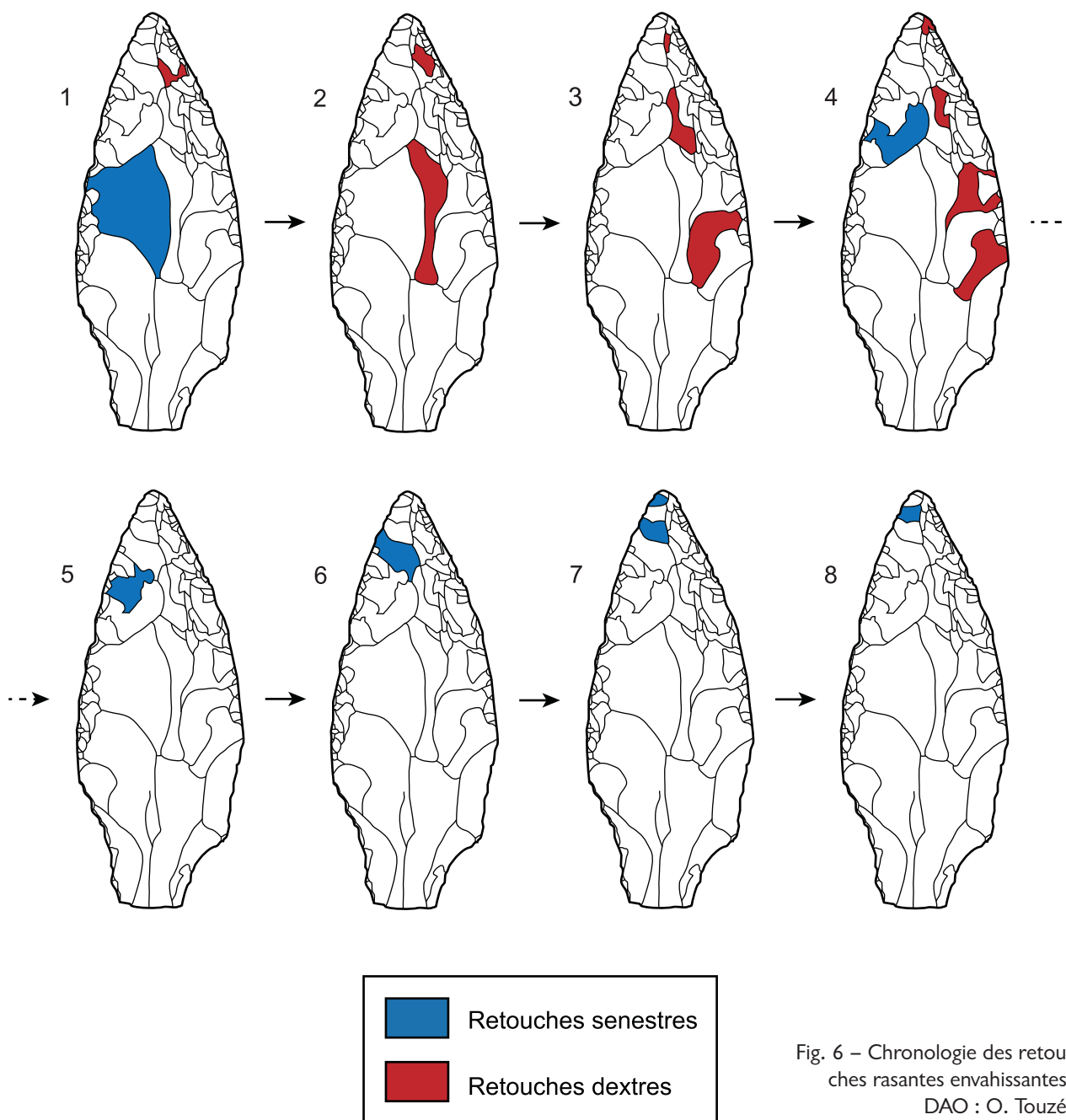


Fig. 6 – Chronologie des retouches rasantes envahissantes.
DAO : O. Touzé.

une orientation oblique et dirigée vers le pédoncule par rapport à l'axe longitudinal de la pièce (Fig. 7b). Ces stigmates correspondent à un contact violent avec un matériau dur lors d'un mouvement longitudinal, comme l'illustrent des expérimentations de tir de pointes pédonculées de type atérien (Tomasso & Rots, soumis ; Fig. 7c). Si les pointes pédonculées atériennes ne présentent pas une morphologie en tous points comparable à l'exemplaire de Rimling, elles partagent cependant avec ce dernier un façonnage unifacial par retouches couvrantes conférant à ces pièces des angles de bords similaires. Or, ces angles constituent l'un des principaux paramètres inhérents à l'artefact qui conditionnent la morphologie des enlèvements créés lors d'un impact (Bertouille, 1989 ; Cotterell & Kamminga, 1979 ; Tsirk, 2014). Leur similitude sur ces deux types de pointes pédonculées permet donc de supposer que la création de traces d'impact fonctionne de manière relativement analogue sur ces artefacts.

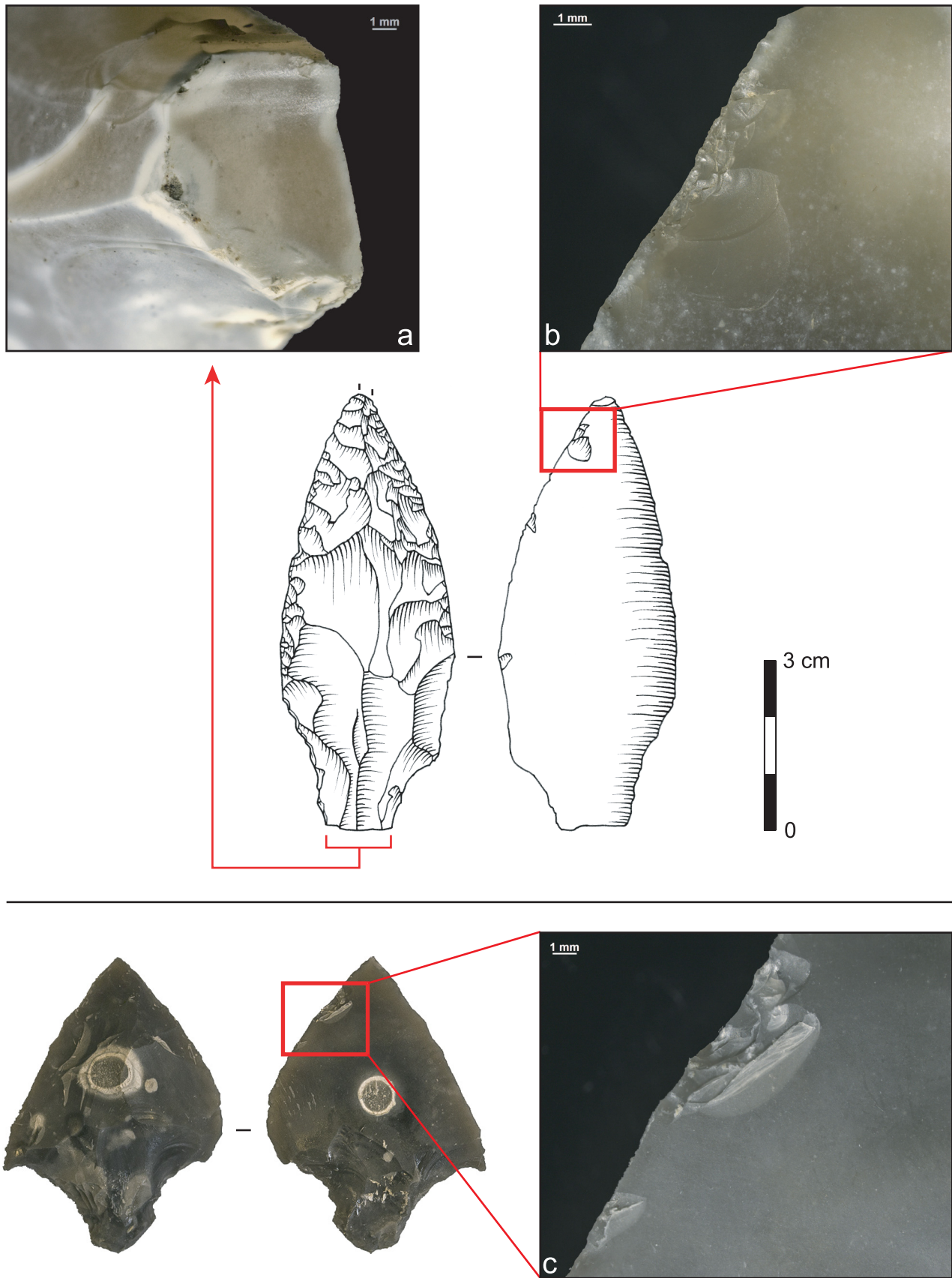


Fig. 7 – Détail des fractures et comparaison avec une réplique de pointe pédonculée atérienne.
Photos & DAO : J. Coppe & O. Touzé.

En partie proximo-mésiale, deux *scars* sont initiées en *cone* depuis le bord droit de la surface dorsale, et se terminent en *hinge*. La première d'entre elles présente une orientation oblique et dirigée vers l'apex par rapport à l'axe longitudinal de la pièce, tandis que la seconde est dirigée vers le pédoncule. Ce dernier a été fracturé par une *bending break* initiée depuis le bord gauche et se terminant en *hinge* sur le bord droit (Fig. 7a). La nature et l'orientation de cette fracture pourraient renvoyer à une cassure en flexion au sein du dispositif d'emmanchement. Ce phénomène est fréquemment observé lorsque le fût d'un projectile (ou d'une arme d'hast) exerce une pression latérale sur une pointe figée dans la matière impactée (Bertouille, 1989 ; Rots & Plisson, 2014).

Ces différentes traces, leurs orientations et leur combinaison, permettent d'envisager une utilisation de la pointe pédonculée de Rimling comme pointe axiale de projectile ou d'arme d'hast. Cependant, le faible nombre de traces macroscopiques observées, et l'impossibilité de détecter d'éventuels stigmates diagnostiques complémentaires à l'échelle microscopique, limitent la portée de ce diagnostic. Celui-ci doit être en conséquence considéré comme l'hypothèse la plus probable, à défaut d'être certaine, de la fonction de la pointe pédonculée de Rimling.

4. Proposition d'attribution chrono-culturelle et comparaisons

La pointe pédonculée de Rimling est le premier exemplaire de ce type d'artefact découvert en Moselle⁴. Ses caractères morphologiques et techniques permettent de la rapprocher typologiquement des pointes pédonculées des débuts de la période gravettienne, conventionnellement dénommées « Font-Robert ». Le Gravettien reste toutefois peu connu dans cette partie de l'Est de la France. En Lorraine, seul le site d'Hautmougey était jusqu'à présent connu. Situé à 140 km au sud-ouest de Rimling, ce site de plein-air documenté également par des ramassages de surface a cependant livré une industrie attribuable à un Gravettien moyen à burin de Noailles (Hans, 1997). Les premières traces de pièces pédonculées gravettiennes surviennent à 60 km au sud-est de Rimling, en Alsace, où un exemplaire fragmenté a été découvert à Achenheim, dans une loessière (Junkmanns, 1995). A 150 km au sud de Rimling, le site de plein-air de Feldberg-Steinacker a livré plusieurs pointes pédonculées dont certaines sub-entières (Braun, 2015). Au Luxembourg et à l'ouest de la Rhénanie-Palatinat, de 90 à 110 km au nord-ouest de Rimling, des pièces pédonculées sont connues également. Ces découvertes, qui comprennent systématiquement un ou deux individus, proviennent de ramassages de surface ou bien de gisements mal contextualisés : Oetrange - Kakert, Kehlen - Juckelsboesch, Keispelt - Nonnewald, Bourglinster, Ingendorf - Sudigskopf, Welschbilig Auf Aspelt (Ziesaire, 1986 ; Ziesaire & Thill, 1985). Les pointes pédonculées de ces sites ont en commun avec l'exemplaire de Rimling la présence récurrente d'une retouche rasante et envahissante sur le limbe (Fig. 8 : 2-3). Au nord-est de cette zone, d'autres fragments de pièces pédonculées sont signalés à Muffendorf en Rhénanie du Nord-Westphalie, et dans la grotte de la Wildscheuer dans la Hesse (Otte, 1981 : 161-162). La pointe de Rimling s'inscrit donc dans un contexte macro-régional livrant de nets indices d'une présence anthropique au Gravettien ancien, mais ne comportant cependant aucun véritable site-référence pour cette période.

Les premières concentrations de gisements gravettiens importants sont rencontrées dans un rayon d'au moins 200 km autour de Rimling. Au sud, d'est en ouest, les vallées de

4 Un autre individu potentiel a été toutefois découvert à Marly, près de Metz, au sein d'une séquence de loess. Une phalange de rhinocéros a également été mise au jour dans cette même séquence, mais les deux vestiges n'entretiennent cependant ni relation stratigraphique, ni relation spatiale (Blouet, comm. pers.). Pour des raisons d'accessibilité, cette possible pièce pédonculée n'a pas pu être observée en vue de la préparation de cet article.

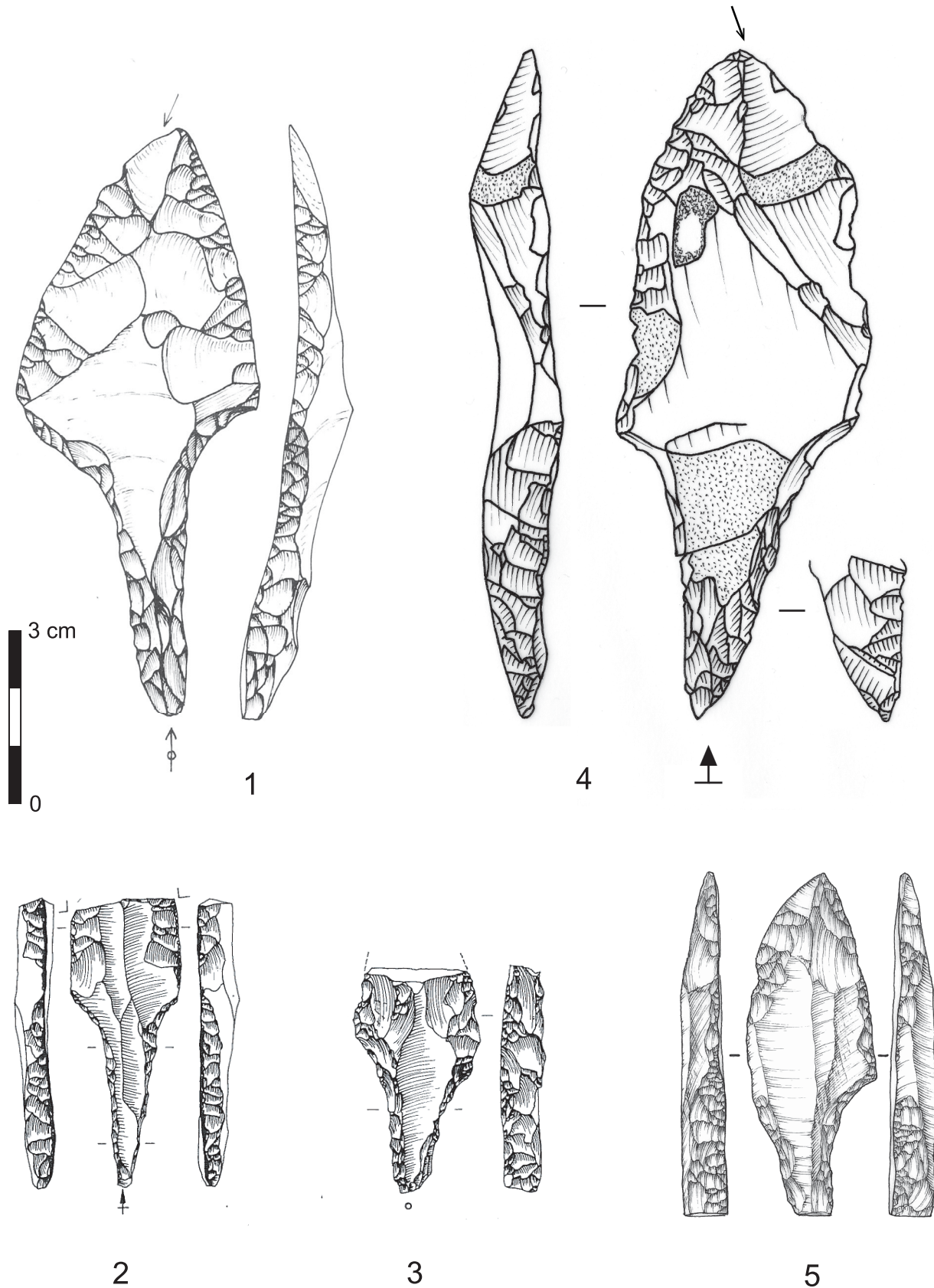


Fig. 8 – Pointes et pièces pédonculées à retouches rasantes. 1 : Maisières-Canal, 2 : Oetrangle-Kakert, 3 : Ingendorf-Sudigskopf, 4 : Cirque de la Patrie, 5 : Melun - Montaigu.
Dessin : 1 par M. Otte, 2-3 par P. Ziesaire (modifiés), 4 par O. Touzé, 5 par E. Boitard.

l'Ach dans le Jura Souabe et de la Cure dans l'Yonne constituent deux pôles importants d'occupations gravettiennes. La première a livré plusieurs gisements de première importance, parmi lesquels Geißenklösterle et Höhle Fels, dont les occupations gravettiennes remontent à la phase ancienne de la période et comprennent de très rares éléments pédonculés (Conard & Moreau, 2004⁵). La seconde, quant à elle, a livré plusieurs occupations attribuables au Gravettien moyen à burin-nucléus du Raysse (Rayssien), et peut-être également au Gravettien récent (Klaric, 2013). Le Gravettien ancien serait quant à lui représenté par certaines manifestations pariétales de la Grande Grotte d'Arcy-sur-Cure (Baffier *et al.*, 2001).

Plus au nord, dans la vallée du Loing, à 350 km au sud-est de Rimling, se trouve la principale concentration d'occupations gravettiennes de l'Europe nord-occidentale. Différents ensembles gravettiens récents y sont signalés, comme au Cirque de la Patrie, à Haut-le-Roc ou à la Pente-des-Brosses⁶ (Nouel, 1936 ; Schmider, 1986 ; Klaric, 2003, 2013). Mais cette région se distingue surtout par le nombre important de sites livrant des industries à pièces pédonculées pouvant être rattachées au Gravettien ancien. Plusieurs occupations sont ainsi connues dans le massif stampien des Gros Monts de Nemours (Béraud *et al.*, 1965 ; Cheynier, 1963 ; Delarue & Vignard, 1959, 1963 ; Schmider, 1971 : 45 ; Touzé, 2013). En face des Gros-Monts, sur la rive gauche du Loing, le site d'Ormesson - Les Bossats livre également une riche occupation datée d'une phase récente du Gravettien ancien (Bodu *et al.*, 2011 ; Lacarrière *et al.*, 2015 ; Touzé, 2015). D'autres ensembles lithiques à pièces pédonculées sont encore documentés dans les environs, à Flagy - Belle Fontaine (Klaric *et al.*, 2004), Ballancourt-sur-Essonne (Delarue & Vignard, 1964) et, plus récemment, Melun - Montaigu (Chaussé *et al.*, 2015). Parmi ces sites, le secteur « Clairière Est » du Cirque de la Patrie et Melun - Montaigu ont livré chacun une pointe pédonculée présentant une retouche plate envahissante comparable à celle utilisée sur l'exemplaire de Rimling (Fig. 8 : 4-5). Dans le nord de la France, deux sites datés des débuts du Gravettien ont été récemment identifiés à Renancourt, près d'Amiens, et à Havrincourt, mais les ensembles lithiques concernés se révèlent assez peu diagnostiques (Hérisson & Goval, 2013 ; Paris, comm. pers.). C'est finalement en Belgique que les meilleurs points de comparaison avec Rimling peuvent être établis, en particulier avec le gisement de Maisières-Canal situé 280 km au nord-ouest. En effet, l'industrie lithique de l'occupation principale de ce site, outre de nombreux outils pédonculés de types variés, a donné plus de 50 pointes pédonculées présentant une retouche rasante d'intensité variable, parfois couvrante, et localisée sauf exception exclusivement sur la face dorsale des supports laminaires (Fig. 8 : 1 ; Touzé, en prép.). D'autre part, certaines pointes pédonculées de Maisières-Canal présentent un « enlèvement plan sommital » (Le Mené, 1999) ou « coup de tranchet ». Si cette retouche apicale latéralisée très spécifique est absente sur la pointe de Rimling, elle apparaît en revanche sur deux pointes pédonculées provenant de la grotte de la Bêche-aux-Roches à Spy (Pesesse & Flas, 2013), ainsi que sur les pièces du Cirque de la Patrie et de Melun - Montaigu mentionnées plus haut. En termes de dimensions, la pointe pédonculée de Rimling s'avère comparable aux exemplaires de Maisières-Canal qui mesurent en moyenne 83 mm de long (pour les exemplaires complets), 31 mm de large et 9 mm d'épaisseur.

L'industrie lithique de Maisières-Canal se caractérise par un ensemble de traits typologiques, technologiques et fonctionnels particuliers qui s'éloignent sensiblement des industries habituellement rencontrées dans le Gravettien ancien. Maisières-Canal s'insère ainsi

5. Nous excluons le site de Sirgenstein de cette liste, les dessins de pièces pédonculées étant, à notre sens, trop peu évocateurs.

6. Une réévaluation de la chronologie de la Pente-des-Brosses serait cependant à envisager (Bodu, comm. pers.).

dans une tradition technique spécifique, le Maisièrien, dont le développement intervient entre la fin de l'Aurignacien et les débuts du Gravettien (Campbell, 1980 ; Pesesse & Flas, 2011 ; Touzé *et al.*, 2016). D'après les datations et l'étude stratigraphique réalisées pour ce site, cette tradition est présente dans le Nord-Ouest de l'Europe aux environs de 28 000 BP (Haesaerts & de Heinzelin, 1979 ; Haesaerts, 2004 ; Haesaerts & Damblon, 2004 ; Jacobi *et al.*, 2010). Sur base des similitudes morphologiques et techniques entre les pointes pédonculées de Maisières-Canal et de Spy, et celles du Cirque de la Patrie et de Melun - Montaigu, il est envisageable que cette tradition maisiérienne se soit étendue jusqu'au Bassin parisien. La pointe pédonculée de Rimling, en dépit du contexte de sa découverte et de son isolement parmi le produit des prospections de surface effectuées jusqu'à présent dans les environs, apparaît très similaire aux pièces de ces sites. S'il constitue indéniablement le témoin d'une fréquentation des environs des Vosges du Nord au début de la période gravettienne, cet artefact pourrait signer de plus – mais de nouvelles découvertes seront nécessaires pour que cette hypothèse puisse être (ou non) validée – l'extension de la tradition maisiérienne jusqu'en Moselle. On rappellera ici la présence de pointes pédonculées à retouches rasantes envahissantes au Luxembourg et dans ses environs (voir *supra*), ce caractère technique ayant conduit également à un rapprochement avec Maisières-Canal (Ziesaire, 1986). Une continuité géographique pourrait ainsi exister entre les sites belges et Rimling via les découvertes réalisées au Luxembourg. En définitive, la pointe pédonculée de Rimling n'apparaît pas si isolée que cela, et nous ne pouvons qu'espérer que de nouvelles découvertes enrichiront ce constat et fourniront, à terme, des sites réunissant les conditions nécessaires pour une étude approfondie des groupes porteurs des traditions lithiques associées aux débuts du Gravettien dans le Nord-Ouest de l'Europe.

Remerciements

Nous remercions chaleureusement Guillaume Asselin, Hans Cappel, Laurent Delaunay, Jean Detrey, Simon Diemer, Marc Griette et François Vallotteau pour les échanges autour de la pointe de Rimling et des industries préhistoriques de l'Est de la France. Des remerciements supplémentaires sont dus à François Vallotteau ainsi qu'à Damien Flas sans lesquels cet article n'aurait pu être préparé. Nous remercions également Vincent Blouet pour les informations qu'il nous a très aimablement fournies, et Sonja Tomasso pour la traduction du résumé en allemand. Olivier Touzé remercie l'ensemble du CNRA du Luxembourg pour son accueil, ainsi que Georges Thill pour la consultation de sa collection. Sébastien Schmit remercie enfin Christian Jeunesse, Pierre Pétrequin et Pierre Ziesaire pour leurs observations.

Bibliographie

ASSELIN G., SCHMIT S. & DETREY J., 2014-2015. Biface en silex du Muschelkalk de Bettviller - Hoelling « Hinterste Kieshuebel Bauertchen » (département de la Moselle, France). *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 36-37/2014-2015 : 54-67.

BAFFIER D., GIRARD M., BRUNET J., GUILLAMET E., CHILLIDA J., HARDY M., TISNERAT N. & VALLADAS H., 2001. Du nouveau à la Grande Grotte d'Arcy-sur-Cure, Yonne, France. *International Newsletter on Rock Art*, 28 : 1-3.

BERAUD H., VACHER G. & VIGNARD E., 1965. Le Périgordien Gravettien des Ronces dans les Gros Monts de Nemours (Seine-et-Marne). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 62, 1 : 98-109.

BERTOUILLE H., 1989. *Théories physiques et mathématiques de la taille des outils préhistoriques*. Cahiers du Quaternaire, 15, CNRS, Paris : 100 p.

BODU P., BIGNON O. & DUMARÇAY G., 2011. Le gisement des Bossats à Ormesson, région de Nemours (Seine-et-Marne) : un site gravettien à faune dans le Bassin parisien. In : Goutas N., Klaric L., Pesesse D. & Guillermin P. (dir.), *À la recherche des identités gravettiennes : actualités, questionnements et perspectives. Actes de la Table ronde, Aix-en-Provence, 6-8 octobre 2008*, Mémoires de la Société préhistorique française, 52, Société préhistorique française, Paris : 259-272.

BRAUN I. M., 2015. The Gravettian open air site of Feldberg « Steinacker », Müllheim/Baden (Germany). *Quaternary International*, 359-360 : 318-323.

CAMPBELL J. B., 1980. Le problème des subdivisions du Paléolithique supérieur britannique dans son cadre européen. *Bulletin de la Société royale belge d'Anthropologie et de Préhistoire*, 91 : 39-77.

CHAUSSÉ C., BLASER F., DEBENHAM N., ROQUE C. & VARTANIAN E., 2015. Pléistocène supérieur et Paléolithique dans le domaine des sables stampiens (rupéliens) du sud du bassin de Paris : les données du site de Melun-Montaigu (Seine-et-Marne, France). *Quaternaire*, 26, 3 : 245-255.

CHEYNIER A. (dir.), 1963. *Le Cirque de la Patrie*

à Nemours (Seine-et-Marne). Mémoires de la Société préhistorique française, 6, Société préhistorique française, Paris : 196 p.

CONARD N. J. & MOREAU L., 2004. Current research on the Gravettian of the Swabian Jura. *Mitteilungen der Gesellschaft für Urgeschichte*, 13 : 29-59.

COPPE J. & ROTS V., soumis. Focus on the target. The importance of a transparent fracture terminology for understanding projectile points. *Journal of Archaeological Science Reports*.

COTTERELL B. & KAMMINGA J., 1979. The mechanics of flaking. In : Hayden B. (ed.), *Lithic use-wear analysis. Proceedings of the Conference on lithic use-wear, Simon Fraser University, Burnaby, 16-20 mars 1977*, Academic Press, New York, San Francisco, Londres : 97-112.

DELARUE R. & VIGNARD E., 1959. L'Aurignaco-Périgordien des Gros-Monts Bis et Ter dans les bois des Beauregards près de Nemours. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 56, 7-8 : 462-478.

DELARUE R. & VIGNARD E., 1963. Le Périgordien-Gravettien du Bois des Chênes dans les Gros Monts de Nemours (S.-et-M.). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 60, 5-6 : 340-351.

DELARUE R. & VIGNARD E., 1964. Le gisement composite de Ballancourt-sur-Essonne (Seine-et-Oise). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 61, 2 : 289-299.

FAGNART J.-P., COUDRET P. & ANTOINE P. avec la collaboration de VALLIN L., SELLIER N. et MASSON B., 2013. Le Paléolithique supérieur ancien dans le Nord de la France. In : Bodu P., Chehmana L., Klaric L., Mevel L., Soriano S. & Teyssandier N. (dir.), *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest : réflexions et synthèses à partir d'un projet collectif de recherche sur le centre et le sud du Bassin parisien. Actes du colloque de Sens, 15-18 avril 2009*, Mémoires de la Société Préhistorique Française, 56, Société préhistorique française, Paris : 197-214.

HAESAERTS P., 2004. Maisières-Canal (2000-2002) : cadre stratigraphique. In : Miller R., Haesaerts P. & Otte M. (dir.), *L'atelier de taille aurignacien de Maisières-Canal (Belgique)*, ERAUL, 110, Université de Liège, Liège : 13-26.

HAESAERTS P. & DAMBLON, F., 2004. Les

- dates radiocarbone de Maisières-Canal. In : Miller R., Haesaerts P. & Otte M. (dir.), *L'atelier de taille aurignacien de Maisières-Canal (Belgique)*, ERAUL, 110, Université de Liège, Liège : 27-28.
- HAESAERTS P. & DE HEINZELIN J., 1979. *Le site paléolithique de Maisières-Canal*. *Dissertationes Archaeologicae Gandenses*, 19, De Tempel, Brugge : 120 p.
- HANS J.-M., 1997. Périgordien à burins de Noailles : le site de Hautmougey (Vosges, canton de Bains-les-Bains). *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 19 : 55-66.
- HÉRISSON D. & GOVAL É., 2013. Du Paléolithique inférieur au début du Paléolithique supérieur dans le Nord de la France : lumière sur les premières découvertes du Canal Seine-Nord Europe. *Notae Praehistoricae*, 33/2013 : 91-104.
- JACOBI R. M., HIGHAM T. F. G., HAESAERTS P., JADIN I. & BASELL L. S., 2010. Radiocarbon chronology for the Early Gravettian of northern Europe : new AMS determinations for Maisières-Canal, Belgium. *Antiquity*, 84 : 26-40.
- JUNKMANN J., 1995. Les ensembles lithiques d'Achenheim d'après la collection de Paul Wernert. *Bulletin de la Société préhistorique française*, 92, 1 : 26-36.
- KLARIC L., 2003. *L'unité technique des industries à burins du Raysse dans leur contexte diachronique. Réflexions sur la variabilité culturelle au Gravettien*. Thèse de Doctorat, Université de Paris 1 – Panthéon-Sorbonne, Paris : 426 p.
- KLARIC L., 2013. Faciès lithiques et chronologie du Gravettien du sud du Bassin parisien et de sa marge sud-occidentale. In : Bodu P., Chehmana L., Klaric L., Mevel L., Soriano S. & Teyssandier N. (dir.), *Le Paléolithique supérieur ancien de l'Europe du Nord-Ouest : réflexions et synthèses à partir d'un projet collectif de recherche sur le centre et le sud du Bassin parisien*. *Actes du colloque de Sens, 15-18 avril 2009*, Mémoires de la Société Préhistorique Française, 56, Société préhistorique française, Paris : 61-87.
- KLARIC L., SENÉE A. & SORIANO S., 2004. Note sur le site Paléolithique de surface de Belle-Fontaine à Flagey (Seine-et-Marne). In : Bodu P., Chehmana L. & Teyssandier N. (dir.), *Le Paléolithique supérieur ancien du Bassin parisien : des systèmes techniques aux comportements*, Rapport de Projet collectif de recherche, Service régional de l'Archéologie d'Île-de-France, Saint-Denis : 57-66.
- LACARRIÈRE J., BODU P., JULIEN M.-A., DUMARÇAY G., GOUTAS N., LEJAY M., PESCHAUX C., NATON H.-G., THÉRY-PARISOT I. & VASILIU L., 2015. Les Bossats (Ormesson, Paris basin, France) : a new early Gravettian bison processing camp. *Quaternary International*, 359-360 : 520-534.
- LE MENÉ F., 1999. *Proposition pour une nouvelle approche de la pointe de la Font-Robert : les données de la Ferrassie et de Maisières-Canal*. Mémoire de Master, Université de Paris 1 – Panthéon-Sorbonne, Paris : 168 p.
- NOUEL A., 1936. La station paléolithique de Hault-le-Roc à Montigny-sur-Loing (Seine-et-Marne). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 33, 10 : 567-576.
- OTTE M., 1981. *Le Gravettien en Europe Centrale*. *Dissertationes Archaeologicae Gandenses*, 20, De Tempel, 2 vol., Brugge : 504 p.
- PARIS C., FAGNART J.-P. & COUDRET P., 2013. Du Gravettien final dans le Nord de la France ? Nouvelles données à Amiens-Renancourt (Somme, France). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 110, 1 : 123-126.
- PESESSE D. & FLAS D., 2012. The Maisierian, at the edge of the Gravettian. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 78 : 95-109.
- PESESSE D. & FLAS D., 2013. Which Gravettians at Spy? In : Rougier H. & Semal P. (éd.), *Spy Cave. 125 years of multidisciplinary research at the Betche-aux-Roches (Jemeppe-sur-Sambre, Province of Namur, Belgium)*. *Volume I*, Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Société royale belge d'Anthropologie et de Préhistoire, NESPOS Society, Bruxelles, *Anthropologica et Praehistorica*, 123 : 257-268.
- ROTS V. & PLISSON H., 2014. Projectiles and the abuse of the use-wear method in a search for impact. *Journal of Archaeological Science*, 48 : 154-165.
- SCHMIDER B., 1971. *Les industries du Paléolithique supérieur en Île-de-France*. Supplément à Gallia Préhistoire, 6, CNRS Éditions, Paris : 244 p.
- SCHMIDER B., 1986. A propos de la datation par le C14 du gisement de la Pente-des-Brosses, à Montigny-sur-Loing (S.-et-M.). *Bulletin de la Société préhistorique française*, 83, 6 : 163-164.

- SCHMIT S., 2005. Découverte de gisements et stations paléolithiques dans l'ouest du canton de Volmunster à Rimling, Erching, Obergailbach. *La Revue du Pays de Bitche. Bulletin de la Société d'Histoire et d'Archéologie de Lorraine*, 6 : 2-19.
- SCHMIT S., 2006. De la pierre au métal : découverte de gisements mésolithiques et néolithiques dans l'ouest du canton de Volmunster à Rimling, Epping, Erching, Obergailbach. *La Revue du Pays de Bitche. Bulletin de la Société d'Histoire et d'Archéologie de Lorraine*, 7 : 2-13.
- SCHMIT S., 2007. Découverte de 34 haches et instruments perforés néolithiques dans la région de Rimling. *La Revue du Pays de Bitche. Bulletin de la Société d'Histoire et d'Archéologie de Lorraine*, 8 : 4-17.
- SCHMIT S., VALOTTEAU F. & WÖRLE M., 2008. Lame de hache plate en cuivre de Rimling-«Kohlhecke» (département de la Moselle, France). *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 30 : 63-72.
- TOMASSO S. & ROTS V., soumis. What is the use of shaping a tang ? Tool use and hafting of tanged tools in the Aterian of Northern Africa.
- TOUZÉ O., 2013. *Nouveau regard sur le Gravettien de la « Clairière Est » du Cirque de la Patrie. Étude typo-technologique d'une industrie à pièces pédonculées du Nord-Ouest européen*. Mémoire de Master, Université de Paris 1 – Panthéon-Sorbonne, Paris : 78 p.
- TOUZÉ O., 2015. L'industrie lithique gravettienne du Locus 1. In : Bodu P. (dir.), *Le gisement du Paléolithique moyen et du Paléolithique supérieur des Bossats, Ormesson (Seine-et-Marne) 77348. Rapport de synthèse (3^{ème} année de fouille) (autorisation triennale 2013-2015)*, Service régional de l'Archéologie d'Île-de-France, Paris : 279-309.
- TOUZÉ O., FLAS D. & PESESSE D., 2016. Technical variability into the Gravettian with tanged tools: new results from Belgium. *Quaternary International*, 406 : 65-83.
- TSIRK A., 2014. *Fractures in knapping*. Archaeopress, Oxford : XII-262 p.
- VALOTTEAU F., GRIETTE M., SCHMIT S. & CAPPEL H., 2012. Contribution à l'inventaire des objets perforés du Néolithique ancien/moyen en Moselle (France) et en Sarre (Allemagne). *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 34 : 41-50.
- VALOTTEAU F., PÉTREQUIN P. & ROSSY M., avec la participation de CAPPEL H. & SCHMIT S., 2013. Lames polies néolithiques en roches noires vosgiennes. État de la question pour le Luxembourg et les régions limitrophes. *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 35 : 115-203.
- ZIESAIRE P., 1986. Les pointes pédonculées du Paléolithique supérieur ancien du Grand-Duché de Luxembourg. *Helinium*, 26 : 182-192.
- ZIESAIRE P. & THILL G., 1985. Jungpaläolithische Funde von Kehlen-Juckelsboesch. *Bulletin de la Société préhistorique luxembourgeoise*, 7 : 45-56.

Résumé

Début 2016, une prospection pédestre autorisée par le Service régional d'Archéologie de Lorraine, et réalisée non loin du village de Rimling en Moselle, permit la découverte inédite d'une pointe pédonculée. Nous présentons ici les résultats de l'analyse morphologique, technologique et fonctionnelle de cet objet, lesquels permettent d'envisager, malgré le contexte de sa découverte, une hypothèse d'attribution chrono-culturelle au Gravettien ancien. Cet artefact constitue ainsi le premier témoin d'une fréquentation des environs des Vosges du Nord durant la période gravettienne.

Mots-clés : Paléolithique supérieur ancien, Gravettien, Rimling, France, pointe pédonculée, prospection.

Zusammenfassung

Anfang des Jahres 2016 wurde bei einer durch das archäologische Amt Lothringen zugelassene Oberflächenbegehung in der Umgebung der Moselortschaft Rimling eine gestielte Spitze entdeckt. In der hier vorliegenden Arbeit werden wir die Ergebnisse der morphologischen, technologischen und funktionalen Analyse dieses Gegenstandes vorstellen, die trotz der dürftigen Rahmenbedingungen seiner Entdeckung eine chronologische und kulturelle Zuweisung zum *Gravettien Ancien* ermöglichen. Das Artefakt bildet somit das allererste Zeugnis einer Besiedlung der Umgebung der nördlichen Vogesen während des Gravettiens.

Schlagwörter: Jungpaläolithikum, Gravettien, Rimling, Frankreich, gestielte Spitze, Oberflächenbegehung.

Abstract

Early 2016, a survey authorized by the Lorraine Regional Service of Archaeology, and conducted in the vicinity of the village of Rimling in Moselle, led to the unprecedented discovery of a tanged point. Here we present the results of a morphological, technological and functional analysis of this object. Despite the context of the discovery, these results allow to propose a chrono-cultural attribution to the Early Gravettian. This artifact is in consequence the first testimony of a human presence in the surroundings of the Northern Vosges during the Gravettian period.

Keywords: Early Upper Palaeolithic, Gravettian, Rimling, France, tanged point, survey.

Olivier TOUZÉ
Université de Paris 1 – Panthéon-Sorbonne
UMR 7041 ArScAn – Ethnologie préhistorique
et
F.R.S.-FNRS, Université de Liège
Service de Préhistoire
7, Place du 20 Août, Bât. A1
BE - 4000 Liège
otouze@ulg.ac.be

Justin COPPE
TraceoLab, Université de Liège
Service de Préhistoire
7, Place du 20 Août, Bât. A1
BE - 4000 Liège
justin.coppe@ulg.ac.be

Sébastien SCHMIT
Société d'Histoire et d'Archéologie de Lorraine
Section de Bitche
4, rue de la Paix
FR - 57720 Rimling
schmitse@wanadoo.fr

Exhumation de la collection faunique d'Édouard Dupont provenant du Trou Magrite (Pont-à-Lesse) Quelles données et quelles perspectives pour une collection du XIX^e siècle ?

Elodie-Laure JIMENEZ, Alison SMOLDEREN,
Ivan JADIN & Mietje GERMONPRÉ

1. Introduction

Le Trou Magrite est sans aucun doute l'un des sites paléolithiques les plus « riches » de Belgique, et sa réputation n'est du reste plus à faire : la figurine anthropomorphe et le bois de renne gravé qui y ont été identifiés ont notamment participé à sa renommée nationale et internationale. L'essentiel du matériel archéologique extrait du site est issu d'une seule campagne de fouille menée par Édouard Dupont en 1867. Stockée dans sa plus grande partie dans les conservatoires des services de Paléontologie, d'Anthropologie et de Préhistoire de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (IRScNB), cette collection renferme plus de 50 000 restes fauniques et plus de 11 000 pièces lithiques. Si ces dernières ont fait l'objet de plusieurs révisions, en totalité ou très partiellement (e.a. : Sonnevile-Bordes, 1961 ; Ulix-Closset, 1975 ; Otte, 1979 ; McComb, 1989 ; Charles, 1996 ; Charles *et al.*, 2003 ; Depestele, 2005 ; Flas, 2008 ; Dinnis, 2008 ; Di Modica, 2010), la colossale collection faunique n'a quant à elle jamais été étudiée de façon exhaustive. Ce matériel a été exhumé dans le cadre des doctorats en zooarchéologie d'E.-L. Jimenez (Jimenez, thèse en préparation) et en archéologie du feu d'A. Smolderen (Smolderen, 2016). Au vu du caractère ancien et mélangé de la collection, la première étape de ce travail a consisté à reconstituer le maximum d'informations sur le contexte archéologique et scientifique de ces vestiges à partir des notes – publiées ou inédites – de Dupont, de l'étiquetage et du rangement du matériel. Une fois que les modalités de la constitution de la collection furent restituées, la deuxième étape de l'étude a visé à déterminer quels types de données peuvent être extraites de ce matériel faunique. Différentes approches analytiques ont été tentées afin d'exploiter au maximum le potentiel informatif de cette collection massive, mais mal documentée. Cet article est l'occasion de présenter le cheminement de cette enquête historiographique, ainsi qu'un aperçu des types de données recueillies et les perspectives de recherches qu'elles ont permis d'engager.

2. Présentation du site

2.1. Localisation et description du gisement

Le Trou Magrite se trouve sur l'ancienne commune de Pont-à-Lesse en province de Namur, à environ 4 km de la ville de Dinant. Le site est situé en surplomb de la Lesse, à moins de 2 km de sa confluence avec la Meuse (Fig. 1). Le lacet tout proche formé par ces deux cours d'eau ainsi que l'orientation sud-ouest de son vaste porche et de sa terrasse font de ce site une position indéniablement stratégique à plusieurs égards (Dupont, 1871 : 33 ; Straus, 1995 : 23). La grotte se compose d'une large et haute salle de 6 m de large sur 12 m de longueur et d'un vestibule plus restreint d'environ 7 m de côté.

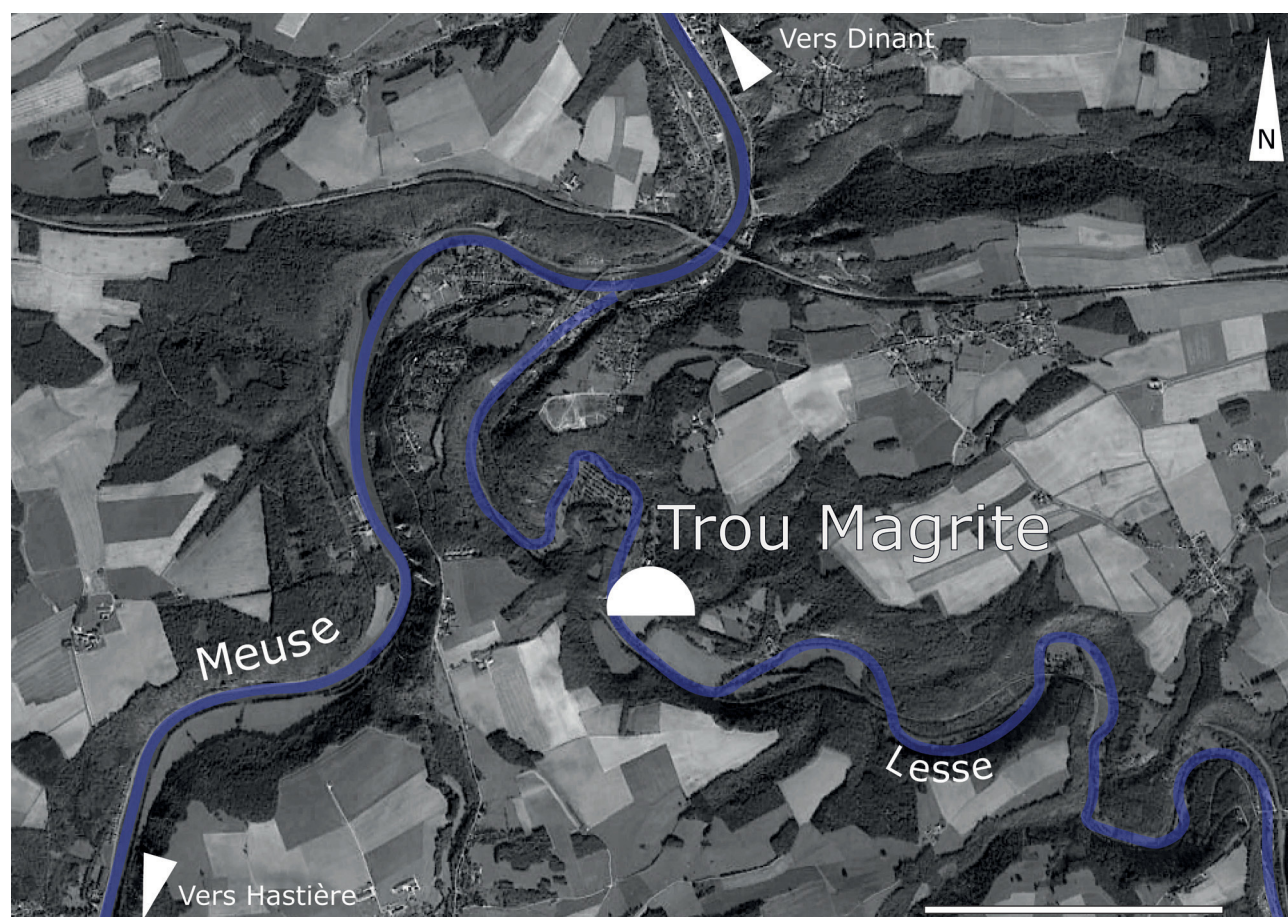


Fig. 1 – Carte satellite avec emplacement du Trou Magrite (Pont-à-Lesse).
Échelle : 1 km. Sur un fond de carte de « Google Maps ».

2.2. La séquence du Trou Magrite élaborée par Dupont et supérieure en Europe occidentale

En pleine exploration archéologique de la vallée de la Meuse, Dupont découvre le site du Trou Magrite pour la première fois en 1864. Lors de cette première visite, Dupont récolte quelques artefacts paléolithiques : « J'ai encore pu y recueillir plus de 50 silex taillés, une coquille éocène, des os à moelle brisés, un fragment de bois de renne, une molaire de cheval, etc. » (Dupont, 1867b : 24). En 1866, Dupont obtient l'autorisation d'effectuer de véritables fouilles dans le gisement auprès du propriétaire du terrain (Dupont, 1867a : 33). Les travaux débutent l'année suivante. Au cours de cette seule et unique campagne de fouille une grande partie de la grotte est vidée jusqu'à la roche en place (quelques 100 m³ selon nos estimations) et une quantité prodigieuse de matériel faunique et lithique est exhumée de cet impressionnant déblaiement (Dewez, 1985 : 118 ; Straus, 1995 : 21-35).

Dupont identifie quatre niveaux au Trou Magrite au sein de l'épaisse couche de « limon fluviatile stratifié » : deux « niveaux ossifères inférieurs » et deux « niveaux ossifères supérieurs » (Dupont, 1867a : 87-91 ; Dupont, 1871 : 33-41). Les niveaux ossifères inférieurs comportent relativement peu de vestiges, mais selon Dupont les espèces fauniques, « analogues aux débris recueillis à Montaigne », doivent être associées à l'âge du Mammouth (Dupont, 1867a : 88). L'outillage lithique est représenté par de « gros éclats retouchés ». Les niveaux ossifères supérieurs présentent quant à eux une faune de l'« âge

du Renne », dominée par le Cheval et le Renne, dans laquelle les espèces aujourd'hui disparues sont bien moins nombreuses (Dupont, 1867a). Les vestiges lithiques y sont réalisés sur lames. Dupont note que les premiers niveaux situés dans l'argile à blocs (sommet de la stratigraphie) ont fait l'objet d'un creusement et d'un remaniement important dans les années 1840, lors de l'aménagement d'une promenade par le propriétaire des lieux (Dupont, 1867b : 24).

Au sein d'un contexte scientifique effervescent dans lequel l'idée de l'existence d'un « Homme antédiluvien » se fait progressivement accepter (Boucher de Perthes, 1847), l'approche multidisciplinaire de Dupont est tout à fait moderne. Géologue de formation, il tente d'exploiter et de confronter tous types de données (la nature variable des couches sédimentaires, l'évolution des industries et la succession des espèces fauniques et leurs niveaux trophiques) afin de déduire la succession chronologique des différents environnements et des différentes cultures développées par ces humains troglodytes (voir citation Fig. 3). C'est d'ailleurs partant de ces observations soigneuses et de leurs correspondances avec les autres sites de la région que Dupont élabore sa stratigraphie au Trou Magrite, reconnaissant ainsi un niveau de Montaigne (« Aurignacien »), un niveau du Trou Magrite (« Périgordien »), un niveau de Goyet (également « Périgordien ») et un niveau de Chaleux (« Magdalénien » ; Dupont 1867a, 1871). Il faut cependant attendre le début du XX^e siècle pour que ses découvertes au Trou Magrite et sa chronologie du Paléolithique belge trouvent un réel écho au sein de la communauté scientifique internationale, notamment au sein de l'épineux débat sur la chronologie des industries du Paléolithique supérieur européen (Breuil, 1907, 1909 ; Rutot, 1908 ; Otte, 1979 ; Dewez, 1985 ; Zilhão & d'Errico, 1999 ; Flas, 2006 ; Teyssandier & Liolios, 2008).

2.3. Historique des fouilles suivantes

Après Dupont, plusieurs fouilleurs se succèdent sur le gisement à partir du début du XX^e siècle. En 1908, de Loë puis, en 1913, Rutot entreprennent successivement des fouilles dans le gisement (Rahir, 1928 ; Ulrix-Closset, 1975 : 40). Éloy effectue ensuite plusieurs ramassages de surface et quelques fouilles dans les déblais de ses prédécesseurs, entre 1939 et 1962 (Di Modica, 2009 : 145). Enfin, en 1976, Toussaint réalise un sondage « à la limite du surplomb de la grotte » afin de préciser la stratigraphie (Dewez, 1985 : 118-119). Ces différentes explorations et les nombreuses excursions du gisement n'ont toutefois laissé que peu de traces dans la littérature. La seule indication liée à la « petite fouille » menée par de Loë consiste en une brève mention de Rahir (1928). Rutot n'a pour sa part pas publié ses résultats mais a consigné ses observations de terrain dans des notes datées de 1920 (Ulrix-Closset, 1975 : 40). Les résultats des travaux de Toussaint ont quant à eux été relayés par Dewez (Dewez, 1985) et par Straus (Straus, 1995).

Après ces nombreux travaux relativement mal documentés, le gisement fait pour la première fois l'objet d'une fouille moderne et programmée dans les années 1990. Afin de tenter de préciser la séquence stratigraphique du gisement, Otte et Straus entament la fouille de la terrasse en 1991 et creusent plusieurs tranchées (Otte & Straus, 1995 : 31). Les fouilles se poursuivent jusque l'année suivante et le matériel issu de cette excavation fait l'objet d'une analyse multidisciplinaire (Otte & Straus, 1995).

2.4. Synthèse et comparaison des données chrono-stratigraphiques issues des différents travaux

Les résultats des fouilles menées plus récemment par Toussaint puis par Otte et Straus permettent de confirmer l'amplitude chronologique des occupations au Trou Magrite et la composition de la stratigraphie (Dewez, 1985 ; Otte & Straus, 1995). Au som-

met, se présentent un ou plusieurs niveaux perturbés avec des industries de l'âge du Fer, du Néolithique, du Mésolithique et du Magdalénien. Sous ces niveaux superficiels, plusieurs niveaux interprétés comme aurignaciens et moustériens surmontent un niveau basal stérile. Les études lithiques récentes sur le matériel des différentes collections tendent cependant à montrer l'existence d'un palimpseste de différentes occupations moustériennes tendent cependant à montrer l'existence d'un palimpseste de différentes occupations moustériennes (Di Modica, 2009 ; Di Modica, 2010) et du Paléolithique supérieur (Dinnis, 2008 ; Flas, 2008 ; Pesesse & Flas, 2011). Le tableau 1 synthétise et compare les informations d'ordre géologique et les séquences stratigraphiques observées par les différents fouilleurs. Les équivalences proposées entre les observations des différents fouilleurs ont été établies à partir des données disponibles et ne sont évidemment présentées ici qu'à l'état d'hypothèse.

3. Extraire, reconstituer et évaluer les données contextuelles

3.1. Notes inédites et publications de Dupont

Dupont ne publiera jamais les résultats de ses fouilles au Trou Magrite de façon détaillée. Il ne doute cependant pas un instant de l'intérêt scientifique de ses découvertes. Les quelques passages consacrés à ce gisement dans ses ouvrages de synthèse mettent en effet l'accent sur l'importance quantitative et scientifique du matériel récolté au sein de sa séquence stratigraphique (Dupont, 1867b, 1867c, 1871). En particulier, il consacre une note aux deux pièces les plus spectaculaires : une statuette et un fragment de bois de renne gravé (Dupont, 1867c). Il semblerait que ces objets aient été récoltés au sein du troisième niveau (niveau ossifère inférieur) (Breuil, 1909), mais leur attribution culturelle est encore débattue (Otte, 1979 ; Dewez, 1985).

Fouilles Dupont et Rutot			Sondage Toussaint		Fouilles Otte & Strauss		
Géologie	Niveaux	Archéologie	Géologie	Attribution	Niveaux	Géologie	Attribution
Argile à blocs	Terrassement datant de 1840		Blocs effondrés	Niv. perturbés : Âge du Fer, Paléo. sup., Mésolithique	Niv. 1	Mélange de déblais et d'humus	
Limons stratifiés	Niveaux ossifères supérieurs (partiellement détruits lors du terrassement) : niv. 1 et 2	Industrie lithique sur lame, « couteaux », outils au pédoncule détaché » Faune intermédiaire entre Âge du Renne et Âge du Mammouth	Dépôts argilo-limoneux	Aurignacien	Niv. 1.1	Fosse qui entame le niv. 2, remplissage de limons	Néolithique, Mésolithique, Magdalénien
	Niv. ossifères inférieurs : niv. 3 et 4	Gros éclats en silex, phtaniste et marbre noir Faune de l'Âge du Mammouth Figurine anthro-pomorphe et bois de Renne gravé (niv. 3)			Niv. 2	Éboulis cryoclastiques	Aurignacien
Cailloux roulés	Archéologiquement stérile, occupation par des carnivores		Cailloux roulés	Stérile	Niv. 3	Éboulis cryoclastiques	Aurignacien
					Niv. 4	Limons argileux brun-jaune avec gros blocs calcaires	Paléo. moyen
Cailloux roulés	Archéologiquement stérile, occupation par des carnivores		Cailloux roulés	Stérile	Niv. 5	Couche loessique Hétérogène d'origine Fluviale (microfaune + déjections de rapaces)	Paléo. moyen
					Niv. 6	Graviers, sables et galets, origine fluviale	Stérile

Tab. 1 – Récapitulatif des données disponibles pour les fouilles de Dupont, de Toussaint et d'Otte & Strauss, et tentative de correspondance entre les informations géologiques, stratigraphiques et archéologiques (modifié, d'après Smolderen, 2016).

Au sein des « archives Dupont » non publiées conservées à l'IRScNB, des fardes comportent des listes détaillant les espèces déterminées en 1870-1871 par Dupont et ses aides Vincent et Depauw (Fig. 2). Ces mêmes documents précisent qu'une détermination de contrôle a été réalisée par Vincent en 1895. Par ailleurs, des dessins indiquent les parties squelettiques identifiées pour chaque espèce et leurs décomptes. Aucun document (publié ou non) ne laisse penser que l'analyse de ces restes a été menée plus loin, hormis leur attribution à un « âge du Mammouth » ou « âge du Renne ». Cette étude a néanmoins été valorisée dans les cartels accompagnant les plateaux d'exposition à partir de la réouverture du Museum après son agrandissement, en 1905.



Fig. 2 – « Archives Dupont » de l'IRScNB datant du début du XX^e siècle, comprenant des listes de décomptes pour chaque espèce et des dessins avec leurs représentations squelettiques.

Malgré un intérêt avant-gardiste pour les modes de vie, les stratégies de subsistances et même la mobilité des groupes « troglodytes » (Fig. 3), Dupont ne publie que très peu d'informations sur le contexte archéologique des découvertes hormis les quelques observations stratigraphiques que nous avons mentionnées plus haut. Dans le cadre de ce travail, une enquête a été menée en amont de l'analyse afin de recueillir toutes formes de données concernant les modes de tri, de stockage et d'archivage du matériel, et de rassembler tout autre type de documents liés à l'histoire de la collection dans le but d'exploiter au mieux l'intégralité des informations à disposition.

3.2. Une archéologie des collections : tri, stockage et archivage du matériel faunique

3.2.1. Emplacement du matériel

Outre quelques dizaines de pièces conservées dans les réserves d'Anthropologie et Préhistoire, la majorité du matériel faunique de la collection Dupont est stockée dans



Fig. 3 – Détail des différents types de stockage du matériel faunique du Trou Magrite et des notes rédigées par Dupont.

les conservatoires (conservatoires d'origine de l'aile Janlet datant de 1905) et compactus (construits lors de la réfection du bâtiment dans les années 2000) de Paléontologie de l'IRScNB.

3.2.2. Tri et modes de stockage

Dupont et son équipe veillèrent au stockage du matériel au sein de l'Institut, où plusieurs niveaux de tri et de stockage furent entrepris. Cette organisation originelle de la collection est encore constatable aujourd'hui, et elle peut être décrite selon trois niveaux de rangements (Fig. 3) :

- les plus belles pièces, destinés à l'exposition, furent déposées méticuleusement sur un cadre en plâtre peint en vert, dont les moulages furent préalablement préparées. Ces « cadres-écrin » sont accompagnés de leurs cartels précisant leur contenu (principaux éléments squelettiques, espèces présentes) ainsi qu'une rapide interprétation des modes de vie que l'on peut déduire de ces « restes de cuisine »¹;

- de nombreuses autres pièces portant des stigmates d'origine anthropique (ossements avec traces de boucherie, fragments avec plages de retouches, etc.) ou de carnivores furent isolées par Dupont dans les plateaux de sa « collection d'étude » pour une analyse ultérieure. Ce tri succinct a permis d'isoler dans de petites cuvettes en carton des éléments identiques (par exemple, des fragments de côtes portant des « égratignures »). Ces marques anthropiques (ou jugées comme telles) ont été encadrées ou indiquées à l'encre rouge directement sur la pièce ;
- enfin, le reste de la collection, c'est-à-dire la grande majorité des restes fauniques, fut entassé dans de grands et profonds plateaux en bois, dont le poids conséquent (souvent plus de 30 kg par plateau) ne les destinait manifestement pas à une quelconque manipulation.

3.2.3. À l'origine des mélanges

Malgré des précautions lors de la fouille très en avance sur leur temps, les choix effectués lors du tri post-fouille ont été malheureusement assez préjudiciables pour l'intégrité de la collection. Dans une note inédite, Dupont énonce en effet avoir pris la décision de mélanger le matériel issu des différents niveaux, identifié *a priori* comme homogène : « La faune et l'industrie des quatre niveaux ossifères, ne différant pas sensiblement, ont été réunies. » (Dupont inédit, juillet 1905). Il apparaît cependant que cette décision a été prise en cours de route, puisque l'examen exhaustif du matériel réalisé dans le cadre de ce travail révèle que quelques restes portent une étiquette « niv. oss. infér. », témoins d'une volonté première d'indiquer l'origine stratigraphique de ces vestiges. Leur très faible nombre laisse cependant penser que le mélange s'est déroulé relativement tôt dans le processus de tri.

Aussi, quelques éléments retrouvés lors de notre tri sont étiquetés « Trou de l'Hyène », « Goyet », ou encore « Trou de Chaleux ». Il est cependant difficile de dire si ces contaminations sont dues à une erreur d'étiquetage, ou si elles sont dues à des mélanges lors du stockage du matériel, même postérieur à Dupont. Ces pièces à l'étiquetage douteux ont été systématiquement mises de côté et ne sont pas prises en compte dans notre analyse.

4. Matériel et méthodes

4.1. Angle de l'étude

Malgré la quantité quelque peu inhabituelle de matériel, l'intégralité des restes a été étudiée à l'exception de la microfaune et de l'avifaune². En l'absence de toute donnée stratigraphique, la totalité de la collection a été appréhendée comme un « tout » homogène. Face à l'impossibilité évidente d'obtenir des données attribuables aux différentes occupations ni même à un quelconque ensemble chrono-culturel, notre objectif est ainsi d'identifier des tendances susceptibles de nous éclairer sur les types de comportements des différents occupants du site ayant laissé une trace. Pour ce faire, il a d'abord fallu identifier les taxons, les parties squelettiques, les marques anthropiques ou de carnivores, etc. (voir partie 5). Dans un second temps, ces différents critères ont été quantifiés dans le but d'évaluer leur fréquence absolue et relative. De cette approche quantitative découle un second parti pris : l'examen exhaustif du matériel. Celui-ci est justifié par plusieurs raisons :

1 À ce propos, il est utile de préciser que l'absence de matériel sur ces cadres-écran est très rapidement remarquable au premier coup d'œil. Certains de ces cadres comportent en effet plusieurs négatifs de matériel, mais souvent rien ne permet de savoir ce qu'il est advenu de ces pièces.

2 Des restes de microfaune et avifaune ont été aperçus sur quelques cadres-écrans dans les conservatoires VF. Ils sont cependant en cours d'inventaire.

1. L'étude complète du vrac (observations, mesures) permettait de récolter des données sur le réel état du matériel et de sa fragmentation ;
2. Le nouveau tri permettait d'identifier les pièces portant des traces d'activités anthropiques ou de carnivores non reconnues comme telles lors du premier tri (fragments avec plages de retouches, *cut marks*, os brûlés, os digérés ou rognés etc.). Cette approche exhaustive permet de mieux appréhender l'impact des différents agents accumulateurs ;
3. Le tri effectué par Dupont et son équipe, bien que parfois approximatif, rend un éventuel échantillonnage relativement risqué. La quantité des plateaux et leur éparpillement au sein de plusieurs lieux de stockage, combinés à une inventarisation toujours en cours, ne permettait d'ailleurs pas une vision globale de la collection en amont de cette étude ;
4. Enfin et surtout, obtenir une vision exhaustive et détaillée du matériel permet non plus de raisonner uniquement en termes de *présence*, mais aussi d'*absence* de données. Ainsi, et une fois écartée les biais éventuels de ramassage et/ou de conservation, l'absence de certaines données (absence d'espèces, de parties squelettiques ou d'étapes d'une chaîne opératoire par exemple) permet de discuter des raisons de ces absences. Réintégrées au sein d'un contexte régional et comparées aux autres données, elles peuvent être interprétées ou, du moins, servir à poser des hypothèses.

Bien entendu, l'interprétation de ces données quantitatives relatives ne peut s'effectuer que si des tendances claires s'en dégagent ; or, le risque est que celles-ci soient masquées par les mélanges (Fontana, 2006). Malgré cet obstacle, nous avons néanmoins décidé de tester le potentiel informatif de cette démarche globalisante. Par ailleurs, il va de soi

que les données récoltées pourront être dans tous les cas comparées aux données issues du contexte régional et ainsi fournir des éléments intéressants concernant les modes d'occupations du territoire et de gestion des ressources des espèces-clés durant le Pléistocène récent.

4.2. Description du matériel

Les restes de macrofaune de cette collection sont au nombre de 50 296, répartis à l'origine en 22 plateaux dont le contenu est décrit dans la liste suivante (Tab. 2). Ces plateaux ont été retrouvés distribués sur plusieurs inventaires différents, correspondant à plusieurs réserves de stockage : « Quaternaire » (plateaux Q), « Vertebrate fossils » (plateaux VF), Dupont (plateaux D) et « Anthropologie et Préhistoire ».

À noter qu'un inventaire ancien précise que « deux molaires » de *Capra* sp., « sept molaires supérieures » de Rhinocéros et « deux maxillaires inférieurs gauches et un maxillaire inférieur droit » de Renne ont fait l'objet d'un don au « Musée local de Charleroi (M. le Baron de Hénin) » à une date que nous n'avons pas pu déterminer.

Numéro de plateaux	Destination du contenu	Type de plateaux
Q 46	Vrac	Plateaux bois
Q 49	Pour étude	Plateaux bois
Q 50	Pour étude	Plateaux bois
Q 300	Pour étude	Plateaux bois
Q 302	Pour étude	Plateaux bois
Q 303	Pour étude	Plateaux bois
Q 342	Vrac	Plateaux bois
Q 374	Vrac	Plateaux bois
VF DX1 (21)	Exposition	Cadres-écrin
VF DX2 (20)	Exposition	Cadres-écrin
D 195	Exposition	Cadres-écrin
D 196	Exposition	Cadres-écrin
D 197	Exposition	Cadres-écrin
D 198	Exposition	Cadres-écrin
D 199	Exposition	Cadres-écrin
D 200	Exposition	Cadres-écrin
D 201	Exposition	Cadres-écrin
D 202	Exposition	Cadres-écrin
D 203	Exposition	Cadres-écrin
1928 (A&P)	Exposition (reconditionné)	Diverses cuvettes
1923 (A&P)	Exposition (reconditionné)	Diverses cuvettes
1939 + divers (A&P)	Exposition (reconditionné)	Diverses cuvettes

Tab. 2 – Inventaire des plateaux Trou Magritte de la collection Dupont, IRScNB.

Par ailleurs, et à l'exception d'une molaire retrouvée sur un cadre-écriin, tous les restes d'Ours (osseux et dentaires) ont été analysés et mis de côté par Ehrenberg dans les années 1960 (Ehrenberg, 1966). Ces restes (au nombre de 374) n'ont été retrouvés que très tardivement dans le cours de cette présente étude du fait que les plateaux n'étaient pas inventoriés « Trou Magrite » mais « Ehrenberg ». Il peut être utile de préciser que dans cette dizaine de plateaux « Ehrenberg » non classés par site se trouvent de nombreux restes d'Ours provenant de différents sites belges et même français.

5. Analyse faunique

Différentes approches ont été combinées dans le but d'extraire le maximum de données sur les modalités d'occupation du site et les différentes activités anthropiques qui y ont été menées : analyse archéozoologique classique (analyse du spectre faunique, décompte, fragmentation, traces anthropiques, chaîne opératoire de l'exploitation des carcasses, etc.), étude de la saisonnalité et analyse des restes brûlés.

5.1. État de conservation

Dans l'ensemble, les restes de la collection Dupont sont peu impactés par la météorisation. La grande majorité des pièces présente un stade de *weathering* inférieur à 3, avec des surfaces lisses et lisibles (Berhensmeyer, 1978). Les phénomènes post-dépôts, qu'ils soient d'origine biologiques ou abiotiques, n'ont été que très peu identifiés. Les traces de racines, de *trampling*, et de concrétionnement atteignent en effet un nombre extrêmement restreint de fragments (moins de 10 % pour chacune de ces modifications). Par ailleurs, quelques centaines de pièces présentent une patine noire uniforme et homogène. Une analyse MEB+EDAX montre que cette coloration est due à la présence d'oxydes de manganèse à la surface des ossements, qui pourrait être due à une fossilisation en milieu anaérobie (Smolderen, 2016). Cette patine, tout comme les autres altérations identifiées, n'entravent que très ponctuellement la lecture des états de surface. Le très bon état de conservation général de la collection offre la possibilité d'une analyse détaillée et approfondie des stigmates d'activités laissés par chacun des agents accumulateurs.

5.2. Tri, détermination, décompte

L'étude des plateaux a été réalisée dans les bureaux et la salle d'étude de Paléontologie de l'IRScNB. Afin de faciliter la manipulation du matériel, les grands plateaux de vrac (plateaux en bois de « type 3 » ou « type 4 ») ont été subdivisés en 4 plus petits plateaux (plateaux en bois de « type 1 »). Ils ont gardé leur numéro d'origine (Tab. 2), auquel les lettres *a*, *b*, *c*, *d* ont été accolées. Certains plateaux contenaient également du matériel provenant d'autres sites et non inventoriés comme tel ; ce tri a permis de replacer ces pièces dans les plateaux appropriés.

La phase concrète du tri s'est déroulée en deux temps. En premier lieu, les 3 544 restes déterminables conservés dans les cadres-écriin ont été observés un à un. La détermination taxinomique, bien que déjà réalisée avec grand savoir-faire par l'équipe de Dupont, a été vérifiée. L'importante collection de comparaison de l'IRScNB a été utilisée à cette fin. Chaque élément a été encodé dans un fichier d'analyse en prenant soin de noter les critères communément utilisés lors de toute analyse faunique : nature du reste, taxon, élément squelettique, latéralisation, complétude de l'élément, traces anthropiques, traces de carnivores, types de fracturation, estimation de l'âge, etc. En second lieu, les plateaux « vrac » et « pour étude » ont été triés et étudiés : s'agissant pour beaucoup de restes indéterminables, une classe de taille de Mammifères (MAM1/2 ; MAM2/3 ; MAM 3/4 ; MAM4/5) leur a été attribuée en fonction de leur épaisseur corticale et selon l'équivalence présentée en tableau 3.

Classes de taille	Taxons concernés	Tailles génériques
MAM 1/2	Blaireau, Renard commun et polaire	Petits Carnivores
MAM 2/3	Renne, Cerf, Hydruntin, Chamois, Bouquetin, Hyène, Lion, Loup	Moyens Ongulés/Carnivores
MAM 3/4	Cheval, Ours, Bovinés, Mégacéros	Grands Ongulés/Carnivores
MAM 4/5	Rhinocéros, Mammouth	Très grands Ongulés

Tab. 3 – Classes de taille de Mammifères utilisées dans le cadre de ce travail.

Pour chacun des 46 377 fragments issus des plateaux « vrac » et « pour étude », la taille des restes (classée par tranche de 2 cm), l'élément squelettique, l'origine de leur fragmentation et la présence de traces d'origine anthropique ou carnivore ont été notés.

Un nombre minimum d'individus a été calculé pour chaque espèce grâce au fichier d'analyse de données. Au regard de la quantité de matériel impliquée dans cette étude, les remontages, raccords et connexions anatomiques n'ont pour le moment pas été testés.

Il est important de préciser que nous avons documenté toutes les étapes du tri par des notes, et des photos afin qu'un minimum d'informations ne soit perdu définitivement.

5.3. Intérêt de l'étude de la fragmentation

La grande majorité de la collection Dupont du Trou Magrite consiste en des esquilles osseuses, taxonomiquement et/ou anatomiquement indéterminables. Ce type de fragments, souvent non ramassé lors des fouilles anciennes ou délaissé lors de certaines études (voir Klein & Cruz-Urbe, 1984 : *Consequently, the non-identifiable bones are frequently sorted out at a very early stage in the analysis and ignored thereafter*), est pourtant essentiel à la compréhension des modalités et de l'intensité de l'exploitation des ressources d'origine animale (Bunn, 1983 ; Outram, 2001 ; Villa et al., 2004).

Cependant, loin de ne s'en tenir qu'aux « belles pièces », Dupont ramassa tous les éléments – ou presque – mis au jour lors de la fouille. L'absence presque systématique de tous les éléments inférieurs à 1 cm mis en évidence par des études portant sur le lithique et sur les os brûlés du Trou Magrite suggère cependant la possibilité d'un tamisage sur le terrain (Di Modica, 2010 ; Smolderen, 2016). Malgré ce biais, l'analyse de la fragmentation peut être très bénéfique, et ce même en l'absence de contexte stratigraphique, puisqu'elle nous renseigne sur la nature et les modalités de l'exploitation des proies par leurs consommateurs (intensité de la fracturation anthropique, parties préférentiellement consommées par les petits ou grands Carnivores, etc.).

5.4. Saisonnalité

Afin d'explorer l'aspect saisonnier des occupations au Trou Magrite, une attention particulière a été portée aux restes de fœtus ainsi qu'aux restes dentaires et osseux de juvéniles. L'objectif de ce volet est de savoir si le site fut occupé durant une saison préférentielle ou tout au long de l'année, et par quel prédateur : Humain, Hyène, Lion, Loup, etc. De plus, ces informations peuvent compléter les données avancées par Stutz sur les fouilles plus récentes, et venir confirmer ou infirmer l'hypothèse selon laquelle le Trou Magrite aurait été un « site-refuge » durant la mauvaise saison (Stutz et al., 1995). Par ailleurs, des analyses cémento-chronologiques sont actuellement en cours dans le cadre du projet CemeNTAA (Cementochronology : New Techniques for Archaeological Applications) mené par William Rendu et Lionel Gourichon en partenariat avec le CEPAM (UMR 7264

CNRS - Université de Nice) et le CIRHUS (UMI 3199 - New York University), et financé par l'organisme français de l'Agence Nationale de la Recherche (ANR). Ces analyses permettront d'agrandir l'échantillon disponible grâce aux méthodes « traditionnelles » (foetus, éruption et usure dentaire) et d'en savoir plus sur la saisonnalité des individus adultes.

5.5. Identification des agents accumulateurs et de leurs activités

5.5.1. Traces anthropiques

L'agent de fracturation, anthropique, carnivore ou post-dépositionnel, a été systématiquement déterminé. Les surfaces corticales ont également été observées à l'œil nu et, lorsque nécessaire, au microscope à faible grossissement Zeiss Stemi 2000 (x 10 à x 20). Cet examen a permis l'identification de plusieurs catégories de traces anthropiques (Binford, 1981 ; Shipman & Rose, 1983 ; Villa & Mahieu, 1991 ; Fischer, 1995 ; Blumenschine *et al.*, 1996 ; Patou-Mathis, 2002 ; Domínguez-Rodrigo *et al.*, 2009 ; Tartar, 2012 ; Mallye, 2012) :

1. Celles liées au traitement de la carcasse, qui comprennent les stries de découpes et les traces d'impact ;
2. Celles liées à l'utilisation technique des restes d'origine animale, c'est-à-dire les traces de raclage de la corticale, les plages de retouches, et de l'utilisation comme combustible.

Les os brûlés ont été identifiés grâce aux critères analytiques définis à partir d'un référentiel expérimental. Ces critères colorimétriques, morphologiques et texturaux sont décrits en détail dans la thèse de doctorat de Smolderen (2016). Lorsque nécessaire une analyse au MEB+EDAX a été effectuée, surtout dans les cas où l'examen à l'œil nu n'était pas suffisant pour distinguer les traces de carbonisation de la patine noire détectée sur certaines pièces (voir paragraphe 5.1). L'interprétation des résultats se fonde en grande partie sur le modèle quantitatif établi par Costamagno et Théry-Parisot (Costamagno *et al.*, 2009).

5.5.2. Traces de carnivores

Les grands Carnivores ont très largement participé à l'accumulation et à la modification des assemblages fauniques du Pléistocène (e.g. Fosse, 1995 ; Fosse *et al.*, 2011 ; Münzel & Conard, 2004 ; Bourdillat, 2008 ; Fourvel, 2013 ; Germonpré *et al.*, 2013). L'étude de l'impact respectif du Lion, du Loup, de l'Ours et de l'Hyène sur ceux-ci constitue par conséquent l'autre étape essentielle de l'analyse faunique. Leurs comportements entrent en effet très souvent en compétition directe ou indirecte avec ceux des Humains, que ce soit pour les ressources alimentaires ou les habitats. Alors que le spectre faunique nous renseigne sur la présence de ces compétiteurs au sein d'un site (Cruz-Uribe, 1991), l'étude des traces laissées par ces derniers sur l'assemblage nous éclaire sur les espèces consommées, les stratégies d'acquisition (classes d'âge privilégiées) ainsi que sur le type et l'intensité de l'occupation (repaire permanent, charognage des restes laissés par les Humains, etc.).

Ces stigmates sont identifiables sur les surfaces osseuses : les marques de rognage (*scoring, furrowing*), de fracturation (*chipping back, crenulated edge*), de crocs (*pits, punctures*) ont été identifiées à l'œil nu (Binford, 1981 ; Haynes, 1983 ; Campmas & Beauval, 2008 ; Fourvel, 2013). Les attaques chimiques sont également facilement identifiables : les restes ayant subi l'action des sucs gastriques présentent des surfaces de fracturation lisses et corrodées, les restes digérés, os ou dents, sont en partie dissous et souvent troués (d'Errico & Villa, 1997).

6. Résultats préliminaires

Ce travail est l'occasion de présenter un aperçu des types de données récoltées lors de cette analyse faunique et des pistes que celles-ci laissent entrevoir pour une contextualisation régionale plus globale.

6.1. Spectre faunique

Au sein de cette collection, 16 taxons ont été identifiés (Fig. 4) : 9 espèces d'Ongulés et 8 espèces de Carnivores. Les Ongulés sont représentés par l'Aurochs, le Bison, le Cheval, le Renne, le Cerf, le Bouquetin, le Sanglier, le Rhinocéros et le Mammouth. Les Carnivores sont représentés par le Loup, le Lion, l'Ours, l'Hyène, le Chat sauvage, le Blaireau, la Martre et les Renards. La figure 4 montre leur présence en Nombre Minimum d'Individus (NMI). Le Cheval et le Renne sont largement en tête du cortège faunique, tel que l'avait déjà noté Dupont : « Dans les niveaux supérieurs, les ossements d'espèces perdues sont moins nombreux, tandis que les ossements de renne et de cheval abondent » (Dupont, 1867 : 90). Ainsi, les Ongulés représentent 70 % du spectre, et les grands Carnivores, 15 %. Il est également pertinent de noter que toutes les portions squelettiques sont représentées, et ce quel que soit le taxon considéré.

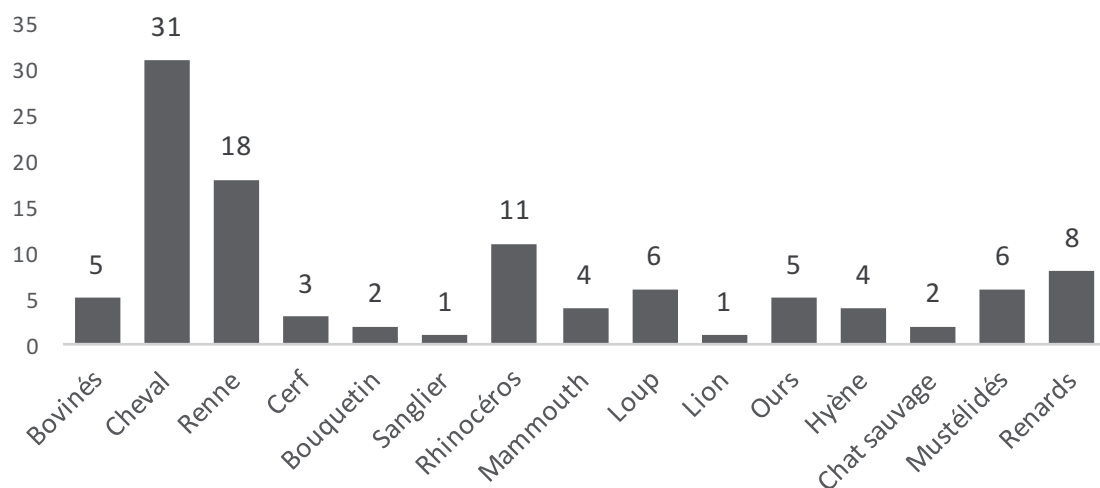


Fig. 4 – Spectre faunique de la collection Dupont, en NMI.

6.2. Fragmentation

L'assemblage est très fragmenté. Comme le montre le graphique de la figure 5, 79 % du total des restes de faune mesurent entre 2 et 6 cm et seul trois os longs sont complets : un fémur et un humérus de Cheval, ainsi qu'un tibia de Rhinocéros juvénile. Comme cela a été suggéré par différents auteurs, la faible présence de restes inférieurs à 2 cm est probablement due à un tamisage à la fouille (Di Modica, 2010 ; Smolderen, 2016). Le profil de fragmentation mis en évidence est toutefois cohérent avec de nombreux autres sites anthropiques du Paléolithique moyen et récent (e. g. Villa et al., 2004 ; Soulier, 2013).

6.3. Présence et impact des grands Carnivores

Le Loup, le Lion, l'Ours et l'Hyène représentent à eux tous 15 % du NMI total. Le Loup et l'Ours sont les plus représentés avec respectivement 38 % et 31 % du spectre des grands Carnivores (Fig. 6).

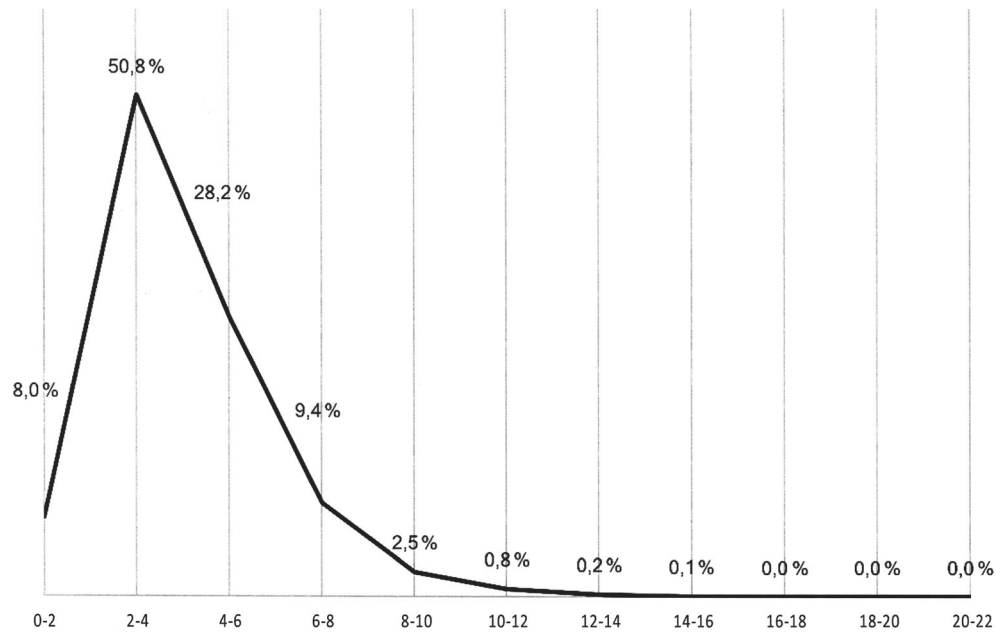


Fig. 5 – Répartition des restes fauniques de la collection Dupont selon leur longueur (en cm).

Leur impact est cependant très limité : à peine 2 % de la collection comporte des indices de consommation par les grands Carnivores. Les stigmates observés sont principalement des traces de rognage sur épiphyses et sur os courts. Peu de traces caractéristiques de fracturation par les Carnivores ont été identifiés. Certains restes ont été digérés. Par ailleurs, il est intéressant de noter que des traces de rognage sont observables sur quelques pièces comportant des stigmates d'origine anthropique, indiquant que certains Carnivores ont probablement tiré avantage des restes laissés par les Humains.

6.4. Traces anthropiques

Cette analyse a permis d'identifier une importante diversité de traces d'origine anthropique, et d'isoler l'intégralité des fragments portant des stigmates de boucherie (*cut marks*, percussion, fracturation³), de retouches ou de chauffe (Fig. 7). Ces restes sont environ 18 000 au total, et représentent ainsi près de 36 % du matériel étudié. Remarquons que les deux tiers d'entre eux (soit environ 12.000 restes) n'avaient pas été identifiés comme restes anthropisés auparavant.

Enfin, alors que le Cheval (MAM 3/4) et le Renne (MAM 2/3) dominent l'assemblage, il est intéressant de noter la grande différence de proportion des fragments anthropisés entre les différentes classes de Mammifères (Fig. 8). Alors que seulement 1,5 % des restes de très grands Mammifères comportent des marques d'activité anthropique (probablement en partie explicable par une plus grande résistance mécanique des os des espè-

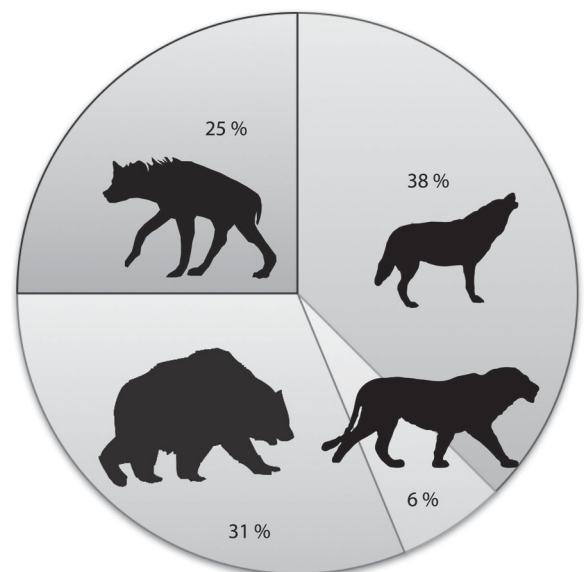


Fig. 6 – Représentation de chaque espèce au sein du spectre des grands Carnivores identifiés au Trou Magrite.

3 Les stigmates de fracturation anthropique n'ont cependant été relevés que pour les fragments supérieurs à 4 cm.

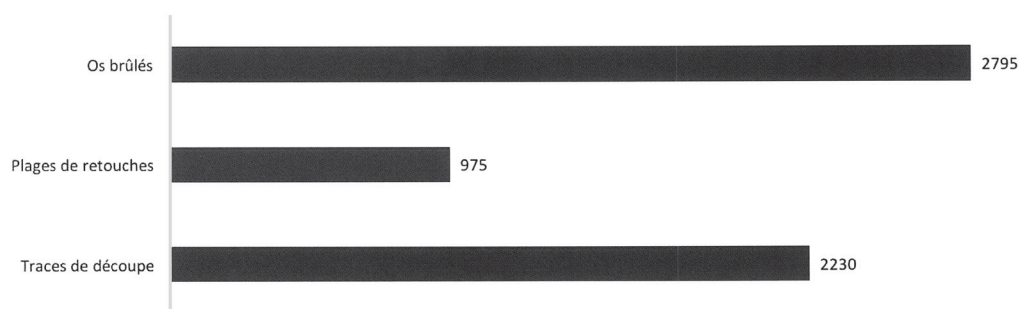


Fig. 7 – Nombres de restes portant les principales traces d’activité anthropique au Trou Magrite (en NR).

ces concernées), ces traces ont été identifiées sur un quart des restes des Mammifères moyens et jusqu’à la moitié des grands Mammifères. Ce dernier résultat semble révéler une exploitation des carcasses globalement plus importante orientée sur les Mammifères de grande taille.

6.4.1. Traces de traitement des carcasses

Sur les 50 296 restes de la collection, des traces de découpe ont été observées sur 2 230 fragments, soit 4,4 % du matériel (Fig. 9 : a, b, c, d, e). Plus de 98 % des fragments concernent des Ongulés moyens (MAM 2/3) et seulement 1,7 % concernent de grands Ongulés. Cette différence de répartition peut s’expliquer par les facteurs combinés d’une plus faible représentation des grands Ongulés dans le spectre faunique ainsi qu’à un taux de fragmentation moins élevé de leurs restes. Une analyse plus détaillée sur les parties anatomiques et les portions sur lesquelles se trouvent ces traces est en cours.

L’étude de la fragmentation a permis de mettre en évidence une fracturation anthropique très généralisée sur l’assemblage. Le bon état de conservation des restes rend la lecture des indices de percussion globalement très aisée (voir paragraphe 5.1). Des traces d’impacts et d’encoches de percussion ont été largement identifiées sur l’ensemble du matériel (Fig. 9 : f, g, h).

6.4.2. Traces d’utilisation techniques des restes

Au début du XX^e siècle, Rutot fait déjà mention de « fragments de diaphyses utilisées » comportant « des stries [...] transversales » retrouvés au Trou Magrite (Rutot, 1908 ;

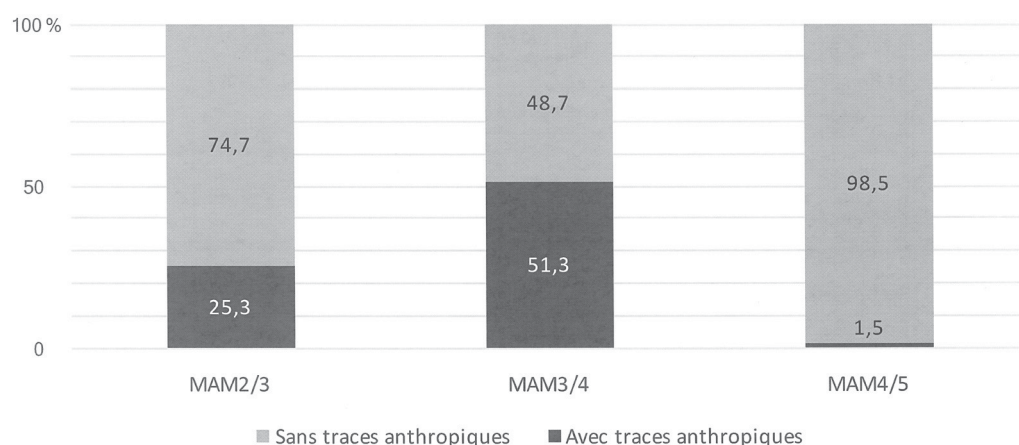


Fig. 8 – Proportion des restes portant des traces d’origine anthropique en fonction des catégories de Mammifères.

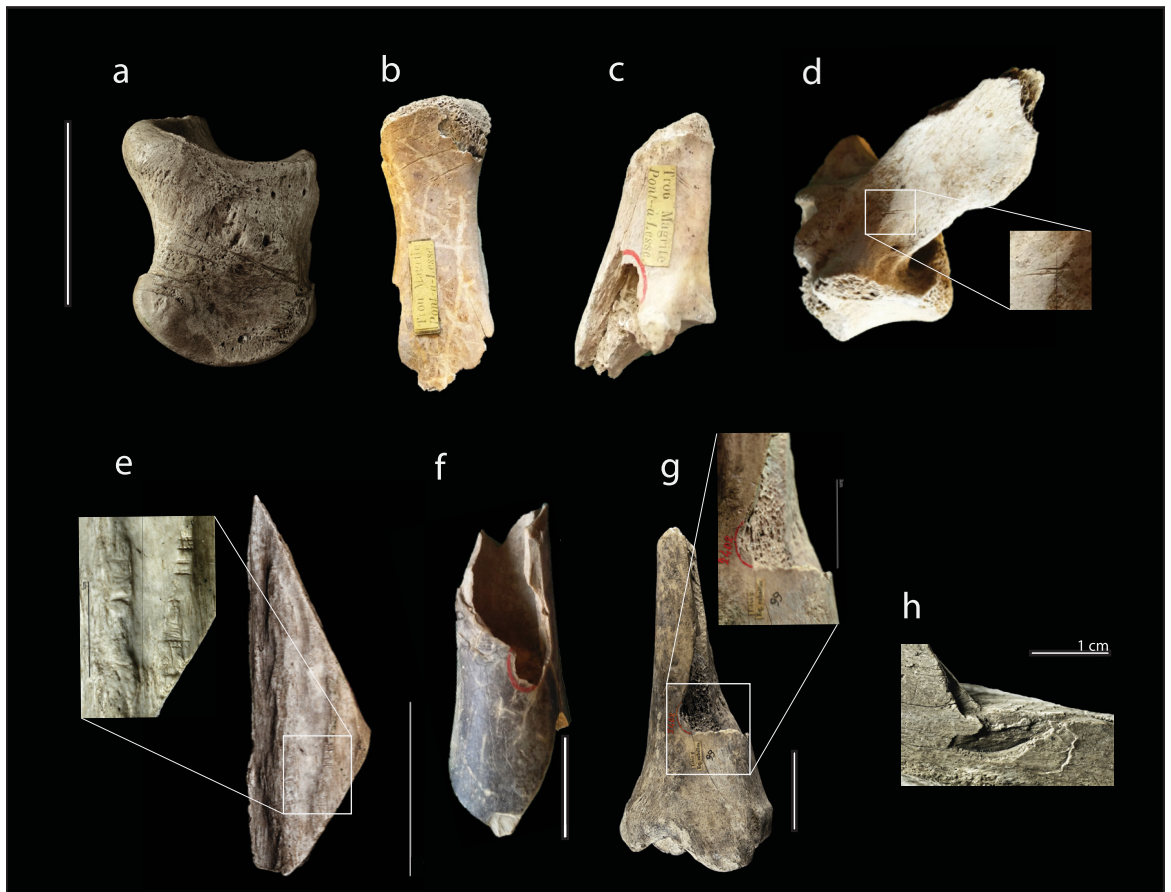


Fig. 9 – Ossements portant des traces d'origine anthropique. Trace de découpe a, b, c, d, e (numéros d'inventaire a : IRSNB M 2238 ; b : IRSNB M 2239 ; c : IRSNB M 2240 ; d : IRSNB M 2241 ; e : IRSNB M 2242) ; Marques de percussion : f, g, h (f : IRSNB M 2243 ; g : IRSNB M 2244 ; h : IRSNB M 2245) (sauf mention contraire, échelle : 3 cm).

Henri-Martin, 1907-1910). Ces plages de retouches ont été observées sur 975 fragments osseux, soit 1,9 % du matériel (Fig. 10). Ce premier décompte est réalisé *a minima*, plusieurs centaines de pièces portant des traces moins caractéristiques ont en effet également été isolées et doivent faire l'objet d'un examen plus approfondi. La très grande majorité de ces « retouchoirs » sont réalisés sur diaphyse, principalement d'os de Mammifères de taille moyenne. Cependant, quelques plages de retouches ont également été observées sur un fragment de mandibule de Renne et sur quelques côtes, ainsi que sur des diaphyses de grands Ongulés indéterminés (Bison ou Rhinocéros). Les impressions de ces plages de retouches sont essentiellement orientées perpendiculairement et, plus rarement, obliquement à l'axe de la diaphyse. Elles sont majoritairement hachurées (*hatched areas*) et souvent profondes. Sur certains de ces outils, des plaques osseuses se sont détachées sur une surface variable lors de l'utilisation (*scaled areas*). Cette caractéristique, discutée après expérimentation par Mallye et collaborateurs (2012), ne serait pas due au type de matière première utilisée (quartzite versus silex) mais plutôt à l'état de fraîcheur du fragment osseux. En effet, les traces d'impacts s'impriment moins bien sur les ossements non frais du fait qu'ils sont plus secs et moins gras, et leur surface corticale est donc plus susceptible d'éclater ou de s'écailler lors de leur utilisation. Il semblerait ainsi que certains « retouchoirs » du Trou Magrite aient été réalisés sur os frais mais également sur os légèrement sec (et donc dégraissé), montrant le réemploi de faune acquise lors d'une occupation (ou d'un épisode d'acquisition) précédent(e). Il sera intéressant de tenter de clarifier les motivations – techniques et/ou opportunistes – de ce choix lors d'une étude ultérieure portant sur la chaîne opératoire de ces « retouchoirs ».

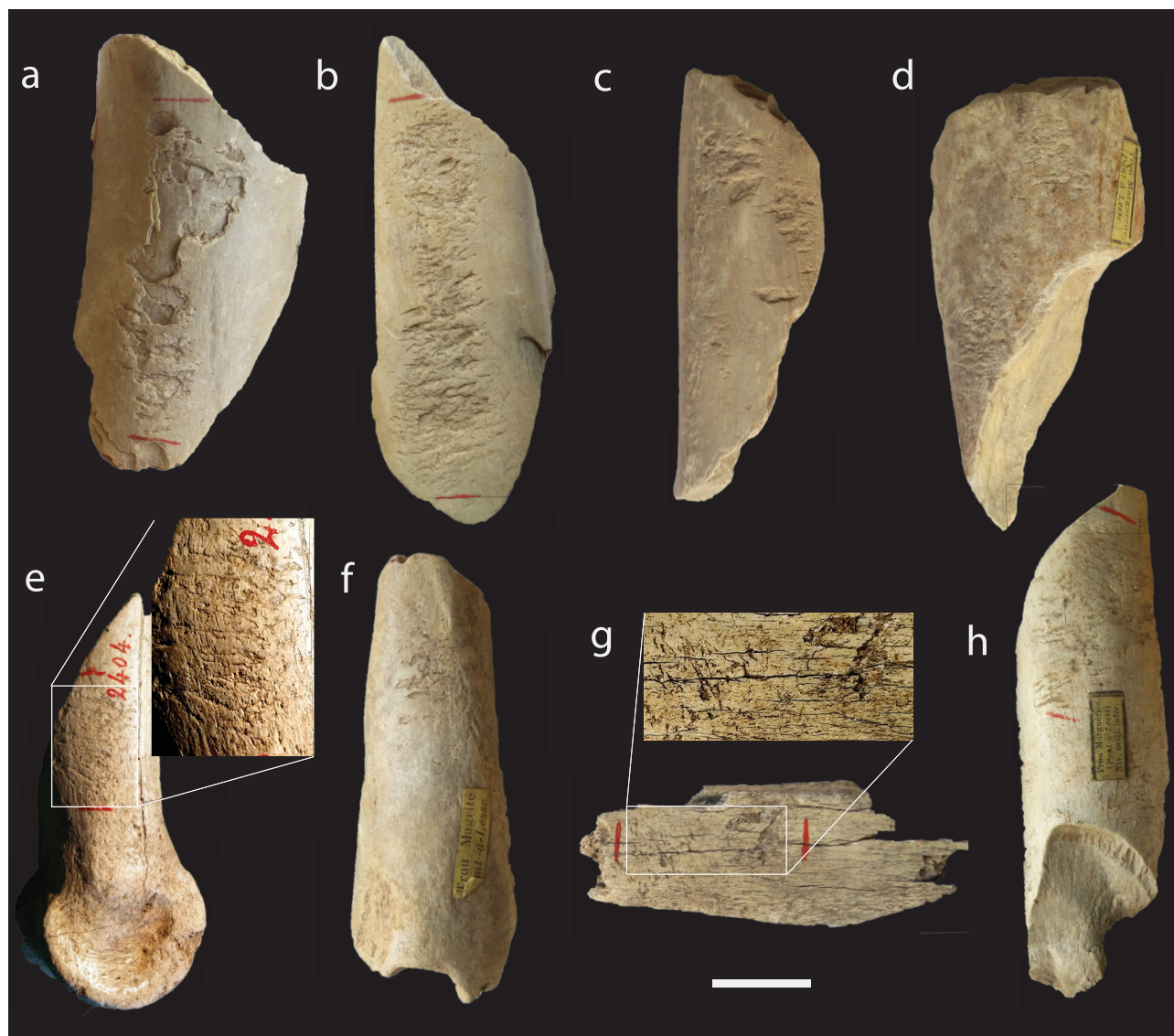


Fig. 10 – Fragments présentant une ou plusieurs plages de retouches.
Numéros d'inventaire a : IRSNB M 2246 ; b : IRSNB M 2247 ; c : IRSNB M 2248 ; d : IRSNB M 2249 ;
e : IRSNB M 2250 ; f : IRSNB M 2251 ; g : IRSNB M 2252 ; h : IRSNB M 2253. Échelle : 2 cm.

Au terme de l'analyse combinant des critères colorimétriques, morphologiques et texturaux, nous avons décompté 2 795 restes brûlés⁴ qui étaient majoritairement regroupés dans le plateau Q49 (Fig. 11). En nombre d'effectifs, ces restes représentent donc 5,5 % de la collection faunique totale. Cet assemblage comprend 89,5 % de fragments au moins carbonisés ce qui suggère une mise au feu intentionnelle plutôt qu'accidentelle (Costamagno *et al.*, 2009). L'interprétation du taux de fractionnement et de la proportion d'os spongieux est plus délicate puisque, comme nous l'avons mentionné, un tamisage à maille de 1 cm est suspecté. Malgré l'absence de la fraction inférieure à 1 cm, les fragments de la catégorie 0-2 cm représentent tout de même 56,6 % du corpus. Ce résultat obtenu sur le matériel conservé est vraisemblablement largement inférieur à la proportion réelle de fragments de petite taille. L'analyse histologique révèle par ailleurs que 8 % du matériel

4 Depuis ce décompte, quelques fragments d'aspect brûlé ont été retrouvés éparpillés dans différents plateaux de vrac. Ils n'ont à ce jour pas pu faire l'objet d'une analyse poussée et n'ont donc pas été inclus dans cette étude.

brûlé correspond à des épiphyses ou os spongieux indéterminés et 3 % à des fragments de *spongiosa* isolés. L'assemblage brûlé comprend donc 11 % d'os spongieux. Cette valeur doit également être considérée comme une valeur minimale puisque, l'os spongieux étant plus fragile que l'os compact, il est probable que les fragments de *spongiosa* aient été mieux représentés dans la fraction inférieure manquante. Ce résultat suggère qu'une sélection préférentielle des parties spongieuses est possible, mais pas majoritaire. La combinaison de ces trois critères – intensité de l'altération, fragmentation et proportion d'os spongieux – permettent de poser l'hypothèse de comportements de combustion mixtes alliant usage comme combustible et élimination de déchets (Costamagno et al., 2009).



Fig. 11 – Ossements brûlés isolés par Dupont, provenant du plateau Q49.

6.4.3. Traces anthropiques sur des Carnivores

Fait remarquable, le tri du vrac a permis d'identifier plusieurs marques anthropiques sur des restes de grands Carnivores, qui s'ajoutent à la phalange de Lion présentant des traces de découpe déjà identifiée par Charles et al. (2003). Les marques d'exploitation et d'utilisation anthropique sur grands Carnivores sont relativement peu fréquentes, mais sont par exemple documentées pour le Paléolithique supérieur et moyen de Belgique (Germonpré & Hämäläinen, 2007 ; Abrams, 2014), l'Aurignacien et le Gravettien du Jura Souabe (Kitawaga et al., 2012, Camarós, 2016), le Paléolithique moyen et le Gravettien de République tchèque (Auguste, 2002 ; Germonpré et al., 2012), l'Aurignacien du sud-ouest français (Leroy-Prost, 2002 ; Castel, 2003), ou encore plus récemment pour le Magdalénien ibérique (Cueto et al., 2016). Comme le souligne Camarós (2016), la multiplication de traces d'exploitation et d'utilisation des carcasses de grands Carnivores (Ours, Lion, Hyène) à la fin du Pléistocène récent – à l'aube de leur extinction – est un élément intéressant dans le contexte des nombreuses pressions écologiques et du développement parallèle des expressions symboliques qui leurs sont liées.

6.5. Données saisonnières

Le tri réalisé sur le vrac a permis de récupérer plus de 200 restes de fœtus et d'individus juvéniles, éléments extrêmement sous-représentés dans le reste de la collection. Ces restes, dont une détermination taxinomique plus précise est toujours en cours, permettent à ce stade de l'analyse de nuancer l'hypothèse d'un site utilisé durant la mauvaise saison avancée par Stutz et collaborateurs (Stutz *et al.*, 1995).

6.6. Quid des restes notés « niveau ossifère inférieur » ?

Quelques éléments portant une étiquette « niv. oss. inf » ont été isolés afin de les traiter indépendamment et de les comparer avec le reste de la collection (Fig. 10, h). Seulement 232 restes portent la mention « niv. oss. inf », soit moins de 0,5 % du matériel de la collection Dupont. Parmi eux, 19 restes sont de grands Ongulés (soit 8,2 %) et 35 sont de très grands Ongulés (soit 15,1 %). La proportion des grands et très grands Mammifères est ainsi deux fois plus élevée au sein de cette catégorie. Cette observation, bien que réalisée sur un nombre très réduit de restes, semble cohérent avec la remarque de Dupont au sujet d'une faune disparue plus importante dans les niveaux inférieurs. Au regard de la faible quantité de matériel portant une indication de « niveau », il est néanmoins impossible d'interpréter les faibles différences observées. À ce stade de l'étude, les informations recueillies sur les étiquettes ne permettent donc pas d'extraire d'informations utiles concernant l'organisation stratigraphique des vestiges.

7. Conclusion

L'exhumation et l'analyse de la collection faunique du Trou Magrite constituée par Édouard Dupont à la fin du XIX^e siècle a permis de la documenter sur plusieurs aspects historiographique, conservatoire et scientifique.

Premièrement, le travail de recherche réalisé dans les différentes réserves du Muséum en croisant les données de plusieurs inventaires a mené à la redécouverte d'une grande partie de la collection et, de ce fait, à un inventaire plus précis de celle-ci. La confrontation des données issues des diverses sources de documentation (notes publiées et manuscrites, système d'étiquetage, cartels d'exposition, dessins) concernant les choix réalisés en post-fouilles (tri, stockage, marquage, etc.) a largement contribué à la réévaluation de l'intégrité de la collection et a permis une meilleure appréciation de sa valeur scientifique.

Dans un second temps, l'analyse exhaustive et détaillée du matériel, qui est toujours en cours et dont nous ne présentons ici qu'un simple aperçu, permet de préciser ou de réévaluer d'un point de vue qualitatif et quantitatif les données déjà avancées par Dupont lui-même ou par les fouilleurs qui ont suivi (spectre faunique, impact des Carnivores, etc.). Parallèlement à cela, de nouvelles données sont extraites par l'exploration de problématiques encore jamais envisagées pour cette collection : l'étude de la fragmentation, de la représentation squelettique, des profils de mortalité et des os brûlés notamment, offrent la possibilité de mieux appréhender les activités anthropiques et les choix opérés sur le site durant le Paléolithique (Smolderen, 2016 ; Jimenez, en préparation). La nature et la fréquence des marqueurs d'activité anthropique mises en évidence lors de cette réévaluation ainsi que l'analyse faunique montrent par exemple un import complet et une exploitation intensive des carcasses au Trou Magrite, suggérant globalement un fort investissement du site par les groupes humains paléolithiques. Néanmoins, le nouveau décompte des différents grands Carnivores et l'intérêt porté à leur impact respectif sur le stock osseux permet de documenter leurs présences sur le site. Par ailleurs, la décou-

verte de plusieurs restes portant à la fois des traces de boucherie et de consommation par les grands Carnivores montre que ces derniers ont ponctuellement tiré parti de l'abandon du site par les groupes humains. Enfin, les analyses morphométriques sur le Cheval, le Renne et l'Hyène permettront de caractériser les différentes populations, et ainsi de préciser la bio-chronologie de leurs occupations.

Nous terminerons en insistant sur le fait que malgré la quasi absence de contexte stratigraphique due à un intérêt précoce pour le site, l'examen exhaustif de cette ancienne collection colossale prouve que l'exercice, certes un peu ingrat, est loin d'être dénué d'intérêt. La présentation prochaine du détail des données zooarchéologiques et paléontologiques et leur mise en perspective au sein de leur contexte écologique et archéologique (Peigné *et al.*, 2009 ; Bocherens *et al.*, 2011 ; Germonpré *et al.*, 2013 ; Wissing *et al.*, 2015, etc.) permettra de préciser la nature et l'intensité des liens trophiques existants entre les grands prédateurs (Carnivores et Humains) et leurs proies durant les environnements changeants du Pléistocène récent dans la vallée de la Meuse et ses environs (Jimenez, en préparation).

Remerciements

Nous remercions chaleureusement l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, et plus particulièrement les conservateurs Annelise Folie, Cécilia Cousin et Alain Drèze pour leur disponibilité et le temps consacré à la recherche des plateaux et à leurs (épuisants !) déplacements.

Bibliographie

- ABRAMS G., BELLO S. M., DI MODICA K., PIRSON S. & BONJEAN D., 2014. When Neanderthals used cave bear (*Ursus spelaeus*) remains : Bone retouchers from unit 5 of Scladina Cave Belgium). *Quaternary International*, 326-327 : 274-287.
- AUGUSTE P., 2002. Fiche éclats diaphysaires du Paléolithique moyen : Biache-saint-Vaast (Pas-de-Calais) et Kulna (Moravie, République Tchèque). In : Patou-Mathis M. (dir.), *Compresseurs, percuteurs, retouchoirs... Os à impressions et éraillures*, Fiches de la Commission de nomenclature sur l'industrie de l'os préhistorique, Cahier X, Éditions de la Société Préhistorique Française, Paris : 39-57.
- BEHRENSMEYER A. K., 1978. Taphonomic and ecologic information from bone weathering. *Paleobiology*, 4 (2) : 150-162.
- BINFORD L., 1981. *Bones: ancient men and modern myths*. Academic Press, Orlando : 320 p., 151 pl.
- BLUMENSCHINE R.-J., MAREAN C.-W. & CAPALDO S.-D., 1996. Blind tests of inter-analyst correspondence and accuracy in the identification of cut marks, percussion marks, and carnivore tooth marks on bone surfaces. *Journal of Archaeological Science*, 23 : 493-507.
- BOCHERENS H., DRUCKER D. G., BONJEAN D., BRIDAULT A., CONARD N. J., CUPILLARD C., GERMONPRÉ M., HÖNEISEN M., MÜNDEL S.C., NAPIERRA H., PATOU-MATHIS M., STEPHAN E., UERPMANN H.-P. & ZIEGLER R., 2011. Isotopic evidence for dietary ecology of cave lion (*Panthera spelaea*) in North-western Europe: prey choice, competition and implications for extinction. *Quaternary International*, 245 : 249-261.
- BOUCHER DE PERTHES J., 1847. *Antiquités celtiques et antédiluviennes. Mémoire sur l'industrie primitive et les arts à leur origine*. Treuttel & Wurtz, Derache, Dumoulin, Didron, Libraires, Paris, tome 1 (XII) : 628 p.
- BOURDILLAT V., 2008. *Hommes – Carnivores ? Caractériser l'action de l'hyène des cavernes: de l'utilisation des données fossiles pour l'interprétation des sites mixtes*. Thèse de doctorat, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris : 298 p.
- BREUIL H., 1907. La question aurignacienne. Étude critique de stratigraphie comparée. *Revue Préhistorique*, 2 : 173-219.
- BREUIL H., 1912. Les subdivisions du Paléolithique supérieur et leur signification. In : *Congrès International d'Anthropologie et d'Archéologie Préhistoriques*, XIVe session, Imprimerie Albert Kundig, Genève : 165-238.
- BUNN H. T., 1983. Comparative analysis of modern bone assemblages from a San hunter-gatherer Camp in the Kalahari Desert, Botswana, and from a spotted hyena den near Nairobi, Kenya. In : Clutton-Brock J. & Grigson C. (ed.), *Animals and Archaeology: 1 - Hunters and Their Prey*, BAR (British Archaeological Reports), International Series, 163, Oxford : 143-148.
- CAMARÓS E., MÜNDEL S., CUETO M., RIVALS F. & CONARD N. J., 2016. The evolution of Paleolithic hominin-carnivore interaction written in teeth : Stories from the Swabian Jura (Germany). *Journal of Archaeological Science Reports*, 6 : 798-809.
- CAMPAS E. & BEAUVAL C., 2008. Consommation osseuse des carnivores : résultats de l'étude de l'exploitation de carcasses de bœufs (*Bos taurus*) par des loups captifs. *Annales de Paléontologie*, 94 (3) : 167-186.
- CASTEL J.-C., CHAUVIERE F.-X. & MADELAINE S., 2003. Sur os et sur dents : les « retouchoirs » aurignaciens de la Ferrassie (Saignac-de-Miremont, Dordogne). *Paléo*, 15 : 29-50.
- CHARLES R., 1996. Back into the North: the radiocarbon evidence for the human recolonisation of the northwest Ardennes after the last glacial maximum. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 62 : 1-19.
- CHARLES R., HEDGES R., JADIN I., 2003. Aurignacian point, butchery remains and Radiocarbon Accelerator Dates from the *Trou Magrite* at Pont-à-Lesse (Commune of Dinant, Province of Namur, Belgium). *Anthropologica et Præhistorica*, 114 : 81-84.
- CRUZ-URIBE K., 1991. Distinguishing Hyena from Hominid bone accumulations. *Journal of Field Archaeology*, 8 : 467-488.
- COSTAMAGNO S., THÉRY-PARISOT I., CASTEL J.-C. & BRUGAL J.-P., 2009. Combustible ou non ? Analyse multifactorielle et modèles explicatifs sur des ossements brûlés paléolithiques. In : Théry-Parisot I., Costamagno S. & Henry A. (dir.), *Gestion des combustibles au*

- Paléolithique et au Mésolithique. Nouveaux outils, nouvelles interprétations. Actes du XV^e congrès mondial [de l'UISPP] (Lisbonne, 4-9 septembre 2006). Session WS21, BAR, International Series, 1914, Oxford : 65-84.
- CUETO M., CAMARÓS E., CASTAÑOS P., ONTAÑÓN & ARIAS P., 2016. Under the Skin of a Lion: Unique Evidence of Upper Paleolithic Exploitation and Use of Cave Lion (*Panthera spelaea*) from the Lower Gallery of La Garma (Spain). *PLoS one*, en ligne : DOI:10.1371/journal.pone.0163591
- DEPESTELE L., 2005. *De hollenleeuwen (Panthera leo spelaea) uit de Belgische grotten: osteometrie, tafonomie en paleoecologie*. Mémoire de Master, Université de Gand, Gand : 90 p.
- D'ERRICO E. & VILLA P., 1997. Holes and grooves. The contribution of microscopy and taphonomy to the problem of art origins. *Journal of Human Evolution*, 33 : 1-31.
- DE SONNEVILLE-BORDES D., 1961. Le paléolithique supérieur en Belgique. *L'anthropologie*, 65 : 421-443.
- DEWEZ M., 1985. L'art mobilier paléolithique du Trou Magrite dans son contexte stratigraphique. *Bulletin de la Société royale d'Anthropologie Préhistorique*, 96 : 117-133.
- DI MODICA K., 2009. Le Trou Magrite à Walzin. In : Di Modica K. & Jungel C. (dir.), *Paléolithique moyen en Wallonie. La collection Louis Éloy*, Catalogue d'exposition du Musée de Préhistoire de Ramioul, Collection du Patrimoine culturel, n° 2, Communauté française [de Belgique, Bruxelles] : 145-158.
- DI MODICA K., 2010. *Les productions lithiques du Paléolithique moyen de Belgique : Variabilité des systèmes d'acquisition et des technologies en réponse à une mosaïque d'environnements contrastés*. Thèse de doctorat, Université de Liège - Museum National d'Histoire Naturelle, Liège-Paris : 822 p.
- DINNIS R., 2015. A survey of north western European Aurignacian sites and some comments regarding their potential chrono-cultural significance. In : Ashton N. & Harris C. R. E. (éd.), *No Stone Unturned: Papers in Honour of Roger Jacobi*, Lithic Studies Society, Occasional Paper, 9, London : 59-76.
- DOMÍNGUEZ-RODRIGO M., DE JUANA S., GALÁN A. B. & RODRÍGUEZ M., 2009. A new protocol to differentiate trampling marks from butchery cut marks. *Journal of Archaeological Science*, 36 : 2643-2654.
- DUPONT É., 1867a. *L'ethnographie de l'homme de l'âge du Renne dans les cavernes de la vallée de la Lesse : ses caractères, sa race, son industrie, ses mœurs*. Mémoires couronnés de l'Académie de Bruxelles, Hayez, Bruxelles : 75 p.
- DUPONT É., 1867b. *Notice préliminaire sur les fouilles exécutées sous les auspices du gouvernement belge dans les cavernes de la Belgique (tome I)*. Mucquardt, Bruxelles : 240 p.
- DUPONT É., 1867c. Découverte d'objets gravés et sculptés dans le Trou Magrite à Pont-à-Lesse. *Bulletin de l'Académie royale des Sciences, des Lettres et des Beaux-Arts en Belgique*, 2^e Série, t. XXIV, n° 8 : 129-132.
- DUPONT É., 1871. *L'homme pendant les âges de la pierre dans les environs de Dinant-sur-Meuse*. Mucquardt, Bruxelles : 154 p.
- EHRENBERG K., 1966. *Die Plistozänen Bären Belgiens. III. Teil : Cavernes de Montaigle (Schluss), Cavernes de Walzin, Caverne de Freyr, Cavernes de Pont-à-Lesse*. Mémoires de l'Institut royal des Sciences Naturelles de Belgique, 155, Bruxelles : 74 p., 10 pl.
- FISCHER J. W., 1995. Bone Surface Modifications in Zooarchaeology. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 2 (1) : 7-68.
- FLAS D., 2006. *La transition du Paléolithique moyen au supérieur dans la plaine septentrionale de l'Europe : les problématiques du Licombien-Ranisien-Jerzmanowicien*. Thèse de doctorat, Faculté de Philosophie et Lettres, Département de Préhistoire, Université de Liège, Liège, 2 vol. : 370 p. & 315 fig.
- FLAS D., 2008. La transition du Paléolithique moyen au supérieur dans la plaine septentrionale de l'Europe. *Anthropologica et Praehistorica*, 119 : 254 p.
- FOSSE P., 1995. Le rôle de l'hyène dans la formation des associations osseuses : 150 ans de controverses. Réflexions d'après les anciens textes de préhistoire et de paléontologie du Quaternaire. *Paléo*, 7 : 49-84.
- FOSSE P., GRAHAM A., SELVA N., SMITANA W., OKARMA H., WAJRAK A., FOURVEL J.-B. & MADELAINE S., 2011. Taphonomie comparée des os longs d'ongulés dévorés par les

grands prédateurs modernes d'Europe et d'Afrique (*C. lupus*, *P. brunnea*). In : Brugal J.-P., Gardeisen A. & Zucker A. (dir.), *Prédateurs dans tous leurs états : évolution, biodiversité, interactions, mythes, symboles, XXXIe rencontres internationales d'archéologie et d'histoire d'Antibes*, Éditions APDCA, Antibes : 127-156.

FOURVEL J.-B., 2013. *Hyénidés modernes et fossiles d'Europe et d'Afrique: taphonomie comparée de leurs assemblages osseux*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse Le Mirail : 616 p.

GERMONPRÉ M., LÁZNIČKOVÁ-GALETOVÁ M. & SABLIN M. 2012. Palaeolithic dog skulls at the Gravettian Předmostí site, the Czech Republic. *Journal of Archaeological Science*, 39 : 184-202.

GERMONPRÉ M. & HÄMÄLÄINEN R., 2007. Fossil bear bones in the Belgian Upper Palaeolithic: the possibility of a proto-bear ceremonialism. *Arctic Anthropology*, 44 : 1-30.

GERMONPRÉ M., UDRESCU M. & FIERSE E., 2013. The fossil mammals of Spy. *Anthropologica et Praehistorica*, 123/2012 : 298-327.

HAYNES G., 1983. A guide for differentiating mammalian carnivore taxa responsible for gnaw damage to herbivore limb bone. *Paleobiology*, 9 (2) : 164-172.

HENRI-MARTIN L., 1907-1910. *Recherches sur l'évolution du Moustérien dans le gisement de la Quina. I - Industrie osseuse*. Schleicher, Paris : 316 p., 67 pl.

JIMENEZ E.-L., 2016. Palaeoecology and Subsistence Strategies in Belgium and Northwestern Europe during the MIS 3 through the Reassessment of Forgotten Collections: A Methodological Approach. *Papers from the Institute of Archaeology*, 25 (2) : 1-8.

KITAGAWA K., KRÖNNECK P., CONARD N. J. & MÜNZEL S. C., 2012. Exploring cave use and exploitation among cave bears, carnivores and hominins in the Swabian Jura, Germany. *Journal of Taphonomy*, 10 : 439-461.

KLEIN R. G. & CRUZ-URIBE K., 1984. *The Analysis of Animal Bones from Archaeological Sites*. University of Chicago Press, Chicago - London : 265 p.

LEROY-PROST C., 2002. Fiches canines de carnivores. In : Patou-Mathis M. (dir.), *Compresseurs, percuteurs, retouchoirs... Os à impres-*

sions et éraillures, Fiches de la Commission de nomenclature sur l'industrie de l'os préhistorique, Cahier X, Éditions de la Société Préhistorique Française, Paris : 99-104.

MALLYE J.-B., THIÉBAUT C., MOURRE V., COSTAMAGNO S., CLAUD E. & WEISBECKER P., 2012. The Mousterian bone retouchers of Noisetier Cave: experimentation and identification of marks. *Journal of Archaeological Science*, 39 : 1131-1142.

MC COMB P., 1989. *Upper Paleolithic Osseous Artifacts from Britain and Belgium*. BAR, International Series, 481, Oxford : 2 (X) : 362 p.

MÜNZEL S. C. & CONARD, N. J., 2004. Change and Continuity in Subsistence during the Middle and Upper Paleolithic in the Ach valley of Swabia (South-west Germany). *International Journal of Osteoarchaeology*, 14 : 225-243.

OTTE M., 1979. *Le paléolithique supérieur ancien en Belgique*. Musées royaux d'Art et d'Histoire, Monographies d'archéologie nationale 5, Bruxelles : 684 p.

OTTE M. & STRAUS L. G. (dir.), 1995. *Le Trou Magrite : Fouilles 1991-1992. Résurrection d'un site classique en Wallonie*. Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 69, Liège : 246 p.

OUTRAM A. K., 2001. A New Approach to Identifying Bone Marrow and Grease Exploitation: Why the "Indeterminate" Fragments should not be Ignored. *Journal of Archaeological Science*, 28 : 401-410.

PATOU-MATHIS M. (dir.), 2002. *Compresseurs, percuteurs, retouchoirs... Os à impressions et éraillures*. Fiches de la Commission de nomenclature sur l'industrie de l'os préhistorique, Cahier X, Éditions de la Société Préhistorique Française, Paris : 136 p.

PEIGNÉ S., GOILLOT C., GERMONPRÉ M., BLONDEL C., BIGNON O. & MERCERON G., 2009. Predormancy omnivory in European cave bears evidenced by a dental micro-wear analysis of *Ursus spelaeus* from Goyet, Belgium. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106 (36) : 15390-15393.

PESESSE D. & FLAS D., 2012. The Maisierian, at the edge of the Gravettian. *Proceedings of the Prehistoric Society*, 78 : 95-109.

- RAHIR E., 1928. *Vingt-cinq années de recherches, de restaurations et de reconstitutions*. Service de fouilles de l'état, Musées royaux du Cinquantenaire, Bruxelles : 278 p.
- RUTOT A., 1908. Le Présolutréen ou Aurignacien en Belgique. In : *Congrès préhistorique de France, compte-rendu de la troisième session : Autun, 1907*, Schleicher Frères, Paris : 179-181.
- SHIPMAN P. & ROSE J. J., 1983. Early hominid hunting, butchering, and carcass processing behavior: Approaches to the fossil record. *Journal of Anthropological Archaeology*, 2 : 57-98.
- SMOLDEREN A., 2016. *Cinquante nuances de noir. Problèmes de diagnostic en archéologie du feu : études de cas du Bassin Mosan belge au MIS 3*. Thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles : 560 p.
- SOULIER M. C., 2013. *Entre alimentaire et technique : l'exploitation animale aux débuts du Paléolithique supérieur. Stratégies de subsistance et chaînes opératoires de traitement du gibier à Isturitz, La Quina aval, Roc-de-Combe et Les Abeilles*. Thèse de doctorat, Université de Toulouse Le Mirail, Toulouse : 756 p.
- STRAUS L. G., 1995. The 1991-1992 excavations. In : Otte M. & Straus L. G. (dir.), *Le Trou Magrite, fouilles 1991-1992. Résurrection d'un site classique en Wallonie*. Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, 69, Liège : 21-46.
- STUTZ A. J., LIEBERMAN D. & SPIESS A. E. 1995. Toward a reconstruction of subsistence economy in the upper Pleistocene Mosan Basin: Cementum increment evidence. In : Otte M. & Straus L. G. (dir.) *Le Trou Magrite, fouille 1991-1992*. ERAUL, Liège : 167-187.
- TARTAR E., 2012. Réflexion autour de la fonction des retouchoirs en os de l'Aurignacien ancien. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 109 (1) : 69-83.
- TEYSSANDIER N. & LIOLIOS D., 2008. Le concept d'Aurignacien : entre rupture préhistorique et obstacle épistémologique. *Bulletin de la Société Préhistorique Française*, 105 (4) : 737-747.
- ULRIX-CLOSSET M., 1975. *Le Paléolithique moyen dans le bassin mosan en Belgique*. Universa, Wetteren : 221 p.
- VILLA P., CASTEL J.-C., BEAUVAL C., BOURDILLAT C. & GOLDBERG P., 2004. Human and carnivore sites in the European Middle and Upper Paleolithic: similarities and differences in bone modification and fragmentation. *Revue de Paléobiologie*, 23 (2) : 705-730.
- VILLA P. & MAHIEU E., 1991. Breakage patterns of human long bones. *Journal of Human Evolution*, 21 (1) : 27-48.
- WISSING C., ROUGIER H., CREVECOEUR I., GERMONPRÉ M., NAITO Y. I., SEMAL P. & BOCHERENS H., 2016. Isotopic evidence for dietary ecology of Late Neandertals in North-West Europe. *Quaternary International*, 411 : 327-345.
- ZILHÃO J. & D'ERRICO F., 1999. The chronology and taphonomy of the Earliest Aurignacian and its implications for the understanding of Neandertal extinction. *Journal of World Prehistory*, 13 : 1-68.

Résumé

Découvert au XIX^e siècle puis fouillé à plusieurs reprises, le Trou Magrite est probablement l'un des sites paléolithiques les plus connus et les plus riches de Belgique. Analysée dans son intégralité pour la première fois, la collection faunique a été exhumée dans le double cadre des doctorats en archéologie du feu d'A. Smolderen et en zooarchéologie d'E.-L. Jimenez. Dans cet article nous exposons les résultats de l'enquête historiographique menée sur la collection ainsi qu'un aperçu des données recueillies lors de l'analyse exhaustive de ces 50 000 restes et des perspectives de recherches qu'elles permettent d'engager.

Mots-clés : Trou Magrite, Édouard Dupont, zooarchéologie, archéologie du feu, anciennes collections, Paléolithique belge, stratégies de subsistance, conservation.

Abstract

Discovered during the 19th century and excavated several times thereafter, Trou Magrite is probably one of the most famous palaeolithic sites in Belgium. The present study was led as part of two doctoral projects in zooarchaeology and archaeology of fire. In this paper our aim is first, to present the results of our historiographical investigation within the Royal Belgian Institute of Natural Sciences to extract as much data as possible from the history of this old collection. Second we present an overview of the data collected during the exhaustive analysis of these 50 000 faunal remains, as well as the scientific potential of the collection.

Keywords: Trou Magrite, Édouard Dupont, zooarchaeology, archaeology of fire, old collection, Belgian Palaeolithic, subsistence strategies, museum studies.

Elodie-Laure JIMENEZ
Mietje GERMONPRÉ
Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
DO Terre et Histoire de la Vie
Homme et environnements au Quaternaire
29, rue Vautier
BE - 1000 Bruxelles
elodie-laure.jimenez@naturalsciences.be
mietje.germonpre@naturalsciences.be

Alison SMOLDEREN
Université de Liège, Service de Préhistoire
7, place du XX-Août, Bât. A1
BE - 4000 Liège
alison.smolderen@gmail.com

Ivan JADIN
Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
DO Terre et Histoire de la Vie
Anthropologie & Préhistoire
29, rue Vautier
BE - 1000 Bruxelles
ivan.jadin@naturalsciences.be

Men on their right sides and women on their left sides? Corpse position in barrows and flat graves of the Single Grave Culture from the Netherlands

Erik DRENTH

1. Introduction

More than forty five years ago A. E. Lanting (1969) published a paper on corpse position in barrows and flat graves of the Single Grave Culture from the Netherlands. This culture is the northwestern branch of the Battle Axe or Corded Ware Complex and dates to c. 2800-2400 BC (Lanting & van der Plicht, 1999/2000: 35)¹. In Dutch archaeology it is a representative of the first half of the Late Neolithic, for which the term ‘Late Neolithic A’ has been dubbed (van den Broeke et al., 2005: fig. 1.10).

In his paper from 1969 A. E. Lanting came to the tentative conclusion that men had been buried in a crouched position lying on their right sides and women in the same posture, however on their left sides. In other words, corpse position was regarded to have been in all likelihood gender-related. On its own the archaeological record for the Netherlands available at the time would not have allowed for this inference. As regards to human remains it consisted only of corpse silhouettes at best. What is more, for his analyses A. E. Lanting had only ten silhouettes at his disposal. He tried to overcome these hurdles by assessing the Dutch data in the larger context of the Corded Ware Complex. The Single Grave Culture from the Netherlands (hereafter abbreviated as SGC) was in particular compared with the Enkeltgravskultur in Jutland, Denmark (Glob, 1944), the Schnurkeramik in central Germany (Fischer, 1956) and the Schnurkeramik in Bohemia, Czech Republic (Buchvaldek, 1967). By doing so, A. E. Lanting discovered that the SGC had a connection between the way in which the corpse had been arranged and grave good types that was in keeping with the general pattern observed for the sister cultures above. An example is the positive correlation between stone battle-axes and ditto axes on the one hand and on the other skeletons/corpse silhouettes lying on their right sides. That correlation was one of the reasons for the afore-mentioned scholar to relate such a posture in the SGC to men. To underpin the claim, A. E. Lanting referred to physical anthropological evidence from the Corded Ware Complex outside the Netherlands.

The view held by A. E. Lanting has never been seriously questioned since, as exemplified by publications by Ten Anscher (2012: 363), Drenth (2005: 357), Drenth & Lohof (2005: 435) and [J. N.] Lanting & van der Plicht (1999/2000: 36). Likewise new discoveries and studies have reinforced a gender-related corpse position in the Corded Ware Complex abroad (see the references cited here). It came therefore as a surprise that very recently

1. This branch also includes (part of) northwestern Germany (van der Waals, 1964: 11 [173]), where the Single Grave Culture is called Einzelgrabkultur. This is indicated e.g. by the distribution of beakers decorated with zigzags regularly alternating with oblique impressions (Drenth, 2015: 192-193 and fig. 11). The author discusses only the Dutch finds in the present contribution, as he is far more familiar with the Netherlands. Accordingly, he has practically studied the entire original documentation with respect to Single Grave Culture burials from the Netherlands, whereas for the northwestern German Einzelgrabkultur he has not.

A. E. Lanting's hypothesis has been challenged by Fokkens and Meurkens on the occasion of an excavation at Twello, province of Gelderland (Fokkens, 2014: 103; Meurkens, 2014b: 98; cf. Meurkens *et al.*, 2015: 46). Here, a corpse silhouette was excavated lying in a crouched posture on the left side and furnished amongst other things by a non-flint stone axe (Tab. 2, site no. 32). The observation does obviously not accord with the situation sketched above. But does this mean that the general idea of a gender-related corpse position in the SGC should be rejected, as Fokkens and Meurkens want it? And does the SGC in this respect stand apart from other branches of the Corded Ware Complex, as they seriously consider? With his stance they really put the cat among the pigeons, though their assertion is not substantiated in figures. Nonetheless, the claim may hold an element of truth and that is why the author has decided to revisit the issue under consideration².

The key word in this re-assessment was quantification. A comprehensive list with SGC corpse silhouettes and skeletons has therefore been compiled presenting per burial, as far as possible and present, physical anthropological data, grave gifts and corpse position. The list in question with references is included here as Table 2. As far as posture is concerned, a simple distinction has been made between interments in crouched position on the left or right sides. It should be stressed that the attribution to either group rests solely on the arrangement of the legs. The burials have furthermore been 'sexed'; the results of this evaluation can also be found in Table 2. The criteria used were physical anthropological evidence and grave-goods. In the latter instance the following assumptions have been made. Stone battle-axes, axes both in flint and other kinds of stone, grinding stones, flint arrowheads are all regarded typical male grave attributes (cf. Meurkens *et al.*, 2015: 46 with respect to non-flint stone axes). The Dose (a kind of vessel) is considered to represent women. These suppositions may be accepted as reasonable, because these gender-connections are indicated by graves in the sister cultures with sexed skeletons (e. g. Buchvaldek, 1967; Dresely, 2004; Dzybinski & Wiermann, 2001; Hein, 1987; Wiermann, 2002). Basically the same assumptions has thus been made in this contribution as A. E. Lanting has done in his study. In addition, the author has argued that as grave-goods in SGC context Grand-Pressigny daggers – this group encompasses not only artefacts in Grand-Pressigny flint but also daggers made of silex tertiaire, also named Romigny-Lhéry flint; in both instances the raw material originates from France – are typical of men (Drenth, 2014). Though the present dataset does not comprise such daggers, it includes two examples of copies of Grand-Pressigny daggers. There is currently no conclusive evidence that these pseudo-Grand-Pressigny daggers should be related to a specific gender (Drenth, 1990: 107; 1992: 208).

Like in many other studies – this is often done tacitly – it is assumed the present paper that there was a very strong correlation between sex and gender in the SGC.

2. Sources and source criticism

The list of (possible) SGC skeletons and corpse silhouettes encompasses 36 cases. In two instances the dating is not beyond doubt; these uncertain cases are labelled with an asterisk in Table 2. One of these cases, barrow 38 at the Noordse Veld near Zeyen (Tab. 2, site no. 36), will be discussed in more detail below. Three times a question mark has been added, for the corpse position cannot be determined with certainty.

2. The present contribution does not discuss the orientation that SGC corpses had. The author hopes to address this topic elsewhere, including a comparison with other branches of the Corded Ware Complex. Nonetheless, Table 2 gives the orientation of the SGC skeletons and corpse silhouettes, from which it may be inferred that usually the deceased were interred in such a way that they were facing to the S with deviations up to 45° (cf. Lanting 1969, 7 [167]).

Of the discoveries that did not pass the test of scrutiny, two should be mentioned explicitly. The first one is a 'corpse silhouette' claimed by van Giffen *et al.* (1971: espec. 108) to have been found in a ground grave (equipped with amongst other things a stone battle-axe and a Grand-Pressigny dagger) of a barrow at Putten (province of Gelderland) is not taken into account here. Doubt arises if this discolouration does indeed represent the vestiges of a human body. The stain that is held to represent the deceased's head has been recorded over a vertical distance of (at least) 0.6 m (van Giffen *et al.*, 1971: fig. 3). Needless to say that this seriously sheds doubt on the interpretation by van Giffen *cum suis*.

Neither is included another barrow at Putten, labelled no. 6. Bursch (1933: 5 & fig. 4) has reported the discovery here of a corpse silhouette accompanied by a Grand-Pressigny dagger. The deceased is said to have been interred E-W oriented, with the head probably in the E. But since it is uncertain whether the person was facing to the N or the S, the posture can only be guessed at.

The third rejection concerns a SGC skeleton of a male from the site Mienakker near Opmeer, province of Noord-Holland. In a recent physical anthropological study Plomp (2013: espec. 183) states that the body had been placed in crouched position lying on the left side and facing southwards. This sharply contrasts with the posture given by Pasveer & Uytterschaut (1992: 2) in a previous physical anthropological report. The deceased is said to have been laid prone with the legs contracted. Both photographs and drawings show that it indeed concerns an interment on the belly, the skull, though slightly more inclined towards the left side, facing rather downwards than southwards. What is furthermore important to mention is that Plomp (2013: 177-178), after having examined possible displacements by postdepositional processes based on the principles of archaeoethanatology, comes to the conclusion that the deceased must have been buried in basically the same position as hinted at by the skeletal elements. Currently, the Mienakker burial is the only 'belly interment' known for the SGC. As such it is of no relevance in the present discussion and therefore further left out.

In the 1980s teeth enamel from a corpse silhouette discovered at Eext-Eexterhalte has been determined by Dr H. T. Uytterschaut (at the time Laboratory of Anatomy and Embryology, State University of Groningen) as the remains of probably a 20-45 year old male (Drenth, 1992: 208, note 4). Also on the basis of dental remains a corpse silhouette associated with a Grand-Pressigny dagger in a barrow at Emmen-Emmerdennen (province of Drenthe) – not no. 9, as reported by Drenth (2014: 139) but barrow 3 (cf. Drenth, 1992: 208, note 4) – has been determined by the afore-mentioned scholar as belonging to an individual 20-35 years of age, probably a man. Since the posture is far from clear, the present paper does not include the Emmen corpse silhouette. The one found at Eext-Eexterhalte is, however, although the afore-mentioned sex determination has not been copied (Tab. 2, site no. 11). The reason for not doing so is that the result should be regarded with the utmost caution, since teeth are secondary criteria in sexing (Acsádi & Nemeskéri, 1970: 78; see Drenth, 1992: 208, note 4 & 2014: 139 for further references on this topic).

In the instance of grave D at Emmen-Angelslo (province of Drenthe) an incomplete corpse silhouette was discovered, stains indicating only the head and part of the legs. According to Arnoldussen & Scheele (2011, fig. 3) the discolourations hint at a burial on the left side. The author is, however, convinced that the posture is just the opposite. The distance between the 'head' and the 'legs' indicate that the latter must be the vestiges of the thighbones. The latter's orientation is indicative of a crouched interment on the right side.

To conclude this section, the site of P14, a lot on the former isle of Schokland (province of Flevoland), should be briefly addressed. In his dissertation about the excavations

carried out there, Ten Anscher (2012: chapter 15) has convincingly argued that the graves 10-14 belong to the SGC (Tab. 1, site no. 25-29). The burials were lying close to one another (12 m at most), apparently constituting a small cemetery of this culture. The ¹⁴C-dates with respect to them have to be considered as unreliable (Ibidem: 353-355 and fig. 15.45; cf. Lanting & van der Plicht, 1999/2000: 77). The ones for the graves 11 and 14 – according to Ten Anscher’s numeration –, 3640 ± 100 BP (UtC-1950) and 3740 ± 50 BP (UtC-1948) respectively, can thus not be accepted as indicative of the Bell Beaker Culture (c. 2400-1900 BC), the successor of the SGC. Therefore, there is no ground to exclude them.

3. Results

At present there are six to seven SGC skeletons known from barrow interments and flat graves. Of the five specimens lying on their right sides four have been determined as (probably) male, the ones lying on their left sides as female. So, in the far majority of instances the relation between sex and posture corresponds to the hypothesis postulated by A. E. Lanting.

But since the physical anthropological data is on its own a small a body of evidence, a gender-related corpse position cannot be proven statistically for the SGC. This changes if the physical anthropological evidence is combined with the archaeological indicators, in the form of grave-goods. It now appears that men are statistically significantly more often associated with a crouched position on the right side (Tab. 1)³. This accords well with the observations made for the Corded Ware Complex abroad. Therefore it may be surmised that the SGC interred women first and foremost on their left sides. The problem is, however, that they are difficult to identify (cf. Lanting, 1969: 10 [170]). Nonetheless, if the frequencies of interments on the left and right side are compared, a statistical significant difference between the category ‘man’ and the joint groups of ‘woman’ and ‘gender indet.’ transpires⁴. As mentioned before, the former category is significantly more often correlated with a right-sided posture. That difference may be taken as a hint that a substantial number of the left-sided interments among the category ‘gender indet.’ are women. All the more since there is, as we have seen, physical anthropological evidence pointing in this direction.

In conclusion, contrary to what Fokkens and Meurkens have recently postulated, the current archaeological record suggests a gender-related corpse position for the SGC, like elsewhere in the Corded Ware Complex. Though it must be admitted that in particular

Tab.1 – SGC corpse silhouettes and skeletons from barrow interments and flat graves arranged according to posture and gender. In brackets are the figures including uncertain cases.

	Man	Woman	Gender indet.
Crouched on the left side	3	1 (3)	5 (7)
Crouched on the right side	14 (16)	1	6

3. A two-tailed binomial test shows that the hypothesis that the determinations with the outcome ‘man’ are distributed equally over the two postures (left side/right side) is rejected, as p = 0.012. If the doubtful cases are included in the test, p = 0.004. In both tests α = 0.05.

4. A non-directional Chi-square test shows that the hypothesis that both categories (‘man’ and ‘woman’ + ‘gender indet.’, including uncertain instances) are distributed equally over the two postures is rejected, as p = 0.0195. If the chronologically doubtful cases are excluded from the analysis, a two-tailed Fisher Exact Probability Test results in p = 0.03. In both tests α = 0.05.

No.	Site	I	II	III	IV	V	VI
1	Anloo, barrow I (excavated in 1952), province of Drenthe	b	Right W-E	–	non-flint stone axe and flake	m	Jager, 1985: 209, Fig. 13-14; Lanting, 1969: Fig. 6
2	Borger-Drouwenerstraat, barrow I, province of Drenthe	b	Right WSW-ENE	–	B type battle-axe, 2x flint axes, 8x arrowheads and blade	m	Schoneveld, 1998: 42-45
3	Borger-Drouwenerstraat, barrow II, province of Drenthe	b	Right W-E	–	1b type beaker and two axes (1x diabase and 1x flint)	m	Schoneveld, 1998: 43
4	Borger-Drouwenerstraat barrow (no. IX in Schoneveld's numeration); excavated in 1987), province of Drenthe	b	Right WSW-ENE	–	flint axe and blade	m	Schoneveld, 1998: 43
5	Borger-Molenplaatsweg, province of Drenthe	b	Left NE-SW	–	2x blade, metal (most probably copper) ornament and ochre	?	Schoneveld, 1998: 43
6	Estate 'De Eese', near Steenwijkerwold, province of Drenthe	b?	Right (W)SW-(E)NE	–	1a type beaker, 2x flint axe and scraper	m	Waterbolk, 1964
7	Eext-Bergakkers, barrow II, province of Drenthe	f	Right NW-SE	–	1b type beaker, pseudo-Grand-Pressigny dagger	?	Jager, 1985: 234-235, Fig. 41 & 42
8	Eext-Galgwandeneven barrow I, province of Drenthe	b	Left ENE-WSW	–	1e type beaker and blade	?	Jager, 1985: 225 & Fig. 31-32
9	Eext-'de Ketenberg', province of Drenthe	b	Right SW-EN	–	1a type beaker, B type battle-axe, flint axe and blade	m	Cuijpers <i>et al.</i> , 1994; Lanting, 2007/2008: 136-137, 139-140 & Fig. 32, no. b & 33
10	Eext, barrow excavated in 1940, province of Drenthe	b	Right W-E	–	2x blade	?	Van Giffen, 1942b
11	Eext-Eexterhalte, province of Drenthe	g	Right SW-NE	–	blade	?	Harsema, 1977: 79-80, 82 (251-252, 254) & Fig. 2
12	Emmen-Angelslo, grave D, province of Drenthe	f	Right SW-NE	–	B type battle-axe, 2x arrowhead, 2x flake and blade	m	Arnoldussen & Scheele 2011, 159 & Fig. 3
13	Emmen-Angelslo, grave I (according to Arnoldussen & Scheele's labelling), province of Drenthe	f	Right SW-NE	–	non-flint stone axe and blade	m	Arnoldussen & Scheele 2011, 159 & Fig. 3; Lanting, 1969: Fig. 7
14	Emmen-Angelslo, barrow X, province of Drenthe	b	Right WSW-ENE	–	C type battle-axe, flint axe, whetstone and blade	m	Arnoldussen & Scheele 2011, 159 & Fig. 3; Lanting, 1969: Fig. 8
15	Ermelo-Ermelose Heide, barrow III, province of Gelderland	b	Right WSW-ENE	–	1d type beaker, beaker with cross-hatching and blade	?	Modderman, 1954: 24-25, Fig. 7, Pl. I-1 & XXXIV
16	Groningen-Helpermaar (Felix Timmermanslaan)	?	Right NW-SE	–	1e type beaker	?	Fens <i>et al.</i> , 2010
17	Hattemerbroek-Bedrijventerrein-Zuid, grave 1, province of Gelderland	f?	Left SW-NE	–	1b type beaker, flake and blade	?	Drenth & Meurkens, 2011: 224-229 & Fig. 5.14-5.18a & -b.
18	Heerde, barrow I, province of Gelderland	b	Left E-W	–	1b type beaker, containing two flint artefacts ('splinters') with wear traces	?	Remouchamps, 1928: 58-60 & Fig. 30-32
19	Hijkerveld, graf V, province of Drenthe	f	Right? SW-NE?	–	1b type beaker and flint axe	m	Furholt, 2003: 226 & Pl. 204
20	Langedijke, barrow III, province of Friesland	b	Right NW-SE	–	1f-beker, non-flint stone axe, arrowhead and 3x flake	m	van Giffen, 1930, volume 1: 34-135, volume 2: Fig. 94-95; Lanting, 1969: Fig. 5
21	Marum, grafheuvel 3, province of Groningen	b	Left ENE-WSW	–	flint axe and beaker fragments	m	Bursch, 1936: 56 & Fig. 38: no. 4
22*	Niersen, barrow G4, province of Gelderland	b	Left; ESE-WNW	female; adult individual (probably > 40 years of age)	part of a large mammal (a cow or horse)	f	Bourgeois <i>et al.</i> , 2009
23	Noordbarge-Hoge Loo, grave III, province of Drenthe	f	Left NE-SW	–	battle of atypical B type and flint axe	m	Arnoldussen & Drenth, 2015: 163-164 & Fig. 5; Furholt, 2003: 226-227 & Pl. 206
24	Pesse, grave 2, province of Drenthe	f	Right W-E	–	flint axe, flint hammer-stone, flint blade chisel and blade	m	Reinders <i>et al.</i> , 2012: 161-162, 164 & Fig. 6-7
25	Schokland-P14, grave 10, province of Flevoland	f	Right SE-NW	25-30-year-old female	1d type beaker and possibly four flakes (according to Ten Anscher (2012, 333) intrusive)	w	Ten Anscher, 2012: 331, 333, 52-357, Fig. 15.21, 15.22, 15.45 & Tab. 15.1
26	Schokland-P14, grave 11	f	Right NW-SE	most probably a male, 25-35 years of age	–	m	Ten Anscher, 2012: 333-334, 352-357, Fig. 15.23, 15.45 & Tab. 15.1
27	Schokland-P14, grave 12	f	Right W-E	40-45-year-old male	club made of wood (<i>Taxus baccata</i>)	m	Ten Anscher, 2012: 334, 337-339, 352-357, Fig. 15.23-26, Fig. 15.45 & Tab. 15.1

No.	Site	I	II	III	IV	V	VI
28	Schokland-P14, grave 13	f	Right W-E	male?; 30-40 years of age	–	m?	Ten Anscher, 2012: 339-340, 352-357, Fig. 15.27, 15.45 & Tab. 15.1
29	Schokland-P14, grave 14	f	Right SW/NE or WSW-ENE	35-45-year-old male	six flint artefacts, two of them knives with marginal, flat retouch	m	Ten Anscher, 2012: 340-342, 352-357, Fig. 15.28, 15.29, 15.45 & Tab. 15.1
30	Sijbekarspel-de Veken, province of Noord-Holland	f	Left NE-SW	30-35-year-old female	–	w	Hogestijn & Woltering, 1990; Pasveer & Uytterschaut, 1992
31	Swalmen-Bosheide, barro 8, province of Limburg	f	Right SW-NE	–	2x 1d type beaker, 1b type-like beaker, marginally retouched blade fragment and piece of sandstone	?	Lanting & van der Waals, 1974: 30-31, 34-35, Fig. 14A-b, 15 & Pls VIII & XVI (top)
32	Twello-De Schaker, province of Gelderland	b	Left WSW-ENE	–	1d type beaker, non-flint stone axe and pseudo-Grand-Pressigny dagger	m	Meurkens, 2014a; Meurkens <i>et al.</i> , 2015
33	Vredenheim, province of Drenthe	f	Left NE-SW	–	1a type beaker and blade	?	van Giffen, 1942a: 106-108 & Fig. 18-20; Lanting, 1969: Fig. 3
34	Zeyen-'het Jodenbergje', first period, province of Drenthe	b	Left? ENE-WSW?	–	1b type beaker, amphora and flake	?	Lanting, 2007/2008: 214, 216-217 & Fig. 67b, 69; van Giffen, 1936; 1938; Van der Waals, 1964: 21-22 (183-184), Fig. 8 & 9
35	Zeyen-Noordse Veld, barrow III, province of Drenthe	b	Left? E-W?	–	1b type beaker, Dose and ochre(?). It is dubious whether the grave inventory includes three flint artefacts	w	van Giffen, 1930, volume 1: 130-134, volume 2, Fig. 88-93a; Waterbolk, 1977: 26-27 (198-199)
36*	Zeyen-Noordse Veld, barrow 38 (excavated in 1944), province of Drenthe	b	Left ENE-WSW	–	blade	?	Lanting, 1969: Fig. 2; Lanting, 2007/2008: 211, 213-214 & Fig. 68

Tab. 2 – Overview of (possible) SGC barrows and flat graves with a skeleton or a corpse silhouette. In the column 'site no.' chronologically uncertain cases are marked by an asterisk. Legend: Column I (type of burial): b = barrow interment; f = flat grave. Column II presents the posture and the orientation of the corpse (mentioning the position of the head first). Column III presents the physical anthropological data (sex and age at the time of death). Column IV lists the grave-goods, although it cannot be completely excluded that some of the smaller items like flakes are no grave gifts but objects that have landed accidentally in a burial context. The beakers (typology after van der Waals & Glasbergen, 1955), a Dose and an amphora are all representatives of pottery. Arrowheads, blades, flakes and pseudo Grand-Pressigny daggers are all in flint. The typological classification of the battle-axes (all in non-flint stone), is according to Hübner (2005). Column V gives the gender according to physical anthropological data and/or grave-goods: M = man; W = woman; ? = indet. Column VI presents the main references.

more evidence with regard to women would be welcome. Four clear exceptions to the burial rule are known for the SGC. Three men appear to have been interred on their left sides (Tab. 2, nos. 21, 23 and 32) and one woman on her right side (Tab. 2, no. 25). Also in that respect the SGC did probably not differ substantially from sister cultures. In the Schnurkeramik in Bohemia and central Germany deviations are especially men's interments (Hein, 1987: 149; Wiermann, 2002: 121). This resemblance links up the SGC once more perfectly with other branches of the Corded Ware Complex and endorses the claim of a gender-related corpse position in the former.

4. Final remarks

To conclude this contribution, some remarks are made with regard to the position of various body parts as observed for the SGC, namely shoulders, legs and arms.

There are examples of both one or two shoulders resting on the ground. The former dominates the record (cf. Lanting, 1969: 7 [167]), as there are only three unequivocal examples of the upper body lying on their back, with both shoulders (Tab. 2, site nos. 26, 27 and 32).

At the time A. E. Lanting (1969: 7 [167]) has described the position of the legs as follows. The contracted upper legs make a straight or obtuse angle with the upper body, while the lower legs are sharply angled with respect to the upper legs. The former are crossing one each other, since one of the upper legs is pulled up more. Discoveries since are no reason to revise this general description. Worthy of note is further that hitherto no convincing evidence has come to light to assume that the SGC fastened up the legs of the deceased when they were buried. In that case extremely crouched skeletons or corpse silhouettes would have been found with very sharp angles between the trunk and the upper legs as well as between the upper and lower legs.

With regard to arms A. E. Lanting (1969: 7 [167]) wrote that nothing could be said, because any traces of these body parts had disappeared. Although he made mention of one exception: the corpse silhouette lying on its left side in the central grave of barrow 38 on the Noordse Veld near Zeyen (Ibidem: 7, 9 [167, 169]; Tab. 2, site no. 36). It shows that one or two hands were once resting close to the face. In a more recent study J. N. Lanting (2007/2008: 213) arrives at the conclusion that the burial in question does not belong to the SGC but to the Bell Beaker Culture (c. 2400-1900 BC). His argument is that this arm posture is well-known from burials of the latter in the Netherlands. The unretouched flint blade does in his eyes not contradict the assignment of the Zeyen burial to the Bell Beaker Culture. From several graves of this culture come flakes in flint. Besides, he does not exclude the possibility that the artefact in question is not a grave-good at all but a blade that ended up in the grave by accident. The view held by J. N. Lanting is contradicted by two SGC burials. One of them is grave 1 at Hattemberbroek-Bedrijventerrein-Zuid (Tab. 2, site no. 17). It contained the silhouette of a corpse in crouched position lying on the left side. As indicated by the discolourations at least one of the hands must have been placed close to the face. The second interment is grave 13 at lot P14 (Tab. 2, site no. 28). The skeleton, probably of a male, was lying on its right side, the hand bones resting close to and partially underneath the chin.

Acknowledgements

Thanks are due to Dr T. J. ten Anscher for his comments on a first draft of the present paper.

Bibliography

- ACSÁDI Gy. & NEMESKÉRI J., 1970. *History of human life span and mortality*. Budapest.
- ARNOLDUSSEN S. & DRENTH E., 2015. Lines in the land: the Neolithic funerary alignment of Noordbarge (province of Drenthe, NL). *Notae Praehistoricae*, 35: 157-176.
- ARNOLDUSSEN S. & SCHEELE E. E., 2011. The ancestors nearby. The domestic and funerary landscape of Angerlo-Emmerhout. In: van der Velde H. M., Jaspers N. L., Drenth E. & Scholte Lubberink H. B. G. (ed.), *Van graven in de prehistorie en dingen die voorbijgaan. Studies aangeboden aan Eric Lohof bij zijn pensionering in de archeologie*. Leiden: 153-185.
- BOURGEOIS Q., AMKREUTZ L. & PANHUYSEN R., 2009. The Niersen Beaker burial: A renewed study of a century-old excavation. *Journal of Archaeology in the Low Countries* [internet periodical], 1-2 (November 2009).
- BUCHVALDEK M., 1967. *Die Schnurkeramik in Böhmen*. Acta Universitatis Carolinae. Philosophica et Historica Monographia, XIX. Prague.
- BURSCHE F. C. 1933. *Die Becherkultur in den Niederlanden*. Marburg [also appeared in *Oudheidkundige Mededeelingen uit 's Rijksmuseum van Oudheden te Leiden*, N.R. XIV: 39-123].
- BURSCHE F. C., 1936. Grafvormen van het Noorden (I). *Oudheidkundige Mededeelingen uit 's Rijksmuseum van Oudheden te Leiden*, N.R. XVII: 53-72.
- CUIJPERS A. G. F. M., DRENTH E. & LANTING A. E. 1994. De grafheuvel 'De Ketenberg' te Eext. *Nieuwe Drentse Volksalmanak*, 111: 19-38 (111-130).
- DRENTH E., 1990. Een onderzoek naar aspecten van de symbolische betekenis van Grand-Pressigny- en pseudo-Grand-Pressigny-dolken in graven van de Enkelgrafcultuur in Nederland. In: Nickiewicz-Hokse A. & Lagerwerf C. A. G. (ed.), *Bundel van de Steentijddag 1 april 1989*, Groningen: 100-121.
- DRENTH E., 1992. Flat graves and barrows of the Single Grave Culture in the Netherlands in social perspective: An interim report. In: Buchvaldek M. & Strahm C. (ed.), *Die kontinentaleuropäischen Gruppen der Kultur mit Schnurkeramik*, Praehistorica, XIX. Prague: 207-214.
- DRENTH E., 2005. Het Laat-Neolithicum in Nederland. In: Deeben J., Drenth E., van Oorsouw M.-F. & Verhart L. (ed.), *De steentijd van Nederland*, Archeologie 11/12. Meppel: 333-365.
- DRENTH E., 2014. Late Neolithic daggers in French flint from the Netherlands: gender- and age-related grave goods? *Notae Praehistoricae*, 34: 137-145.
- DRENTH E., 2015. A Single Grave Culture burial at Groenlo (province of Gelderland, NL). *Notae Praehistoricae*, 35: 177-201.
- DRENTH E. & LOHOF E., 2005. Mounds for the dead. Funerary and burial ritual in Beaker period, Early and Middle Bronze Age. In: Louwe Kooijmans L. P., van den Broeke P. W., Fokkens H. & van Gijn A. L. (eds), *The Prehistory of the Netherlands*, 1, Amsterdam: 433-454.
- DRENTH E. & MEURKENS L., 2011. Laat-neolithische graven. In: Hamburg T., Lohof E. & Quadflieg B. (ed.), *Bronstijd opgespoord. Archeologisch onderzoek van prehistorische vindplaatsen op Bedrijvenpark H2O - plandeel Oldebroek (Provincie Gelderland)*, Archol rapport, 142, ADC rapport, 2627, Leiden/Amersfoort: 197-276.
- DRESELY V., 2004. *Schnurkeramik und Schnurkeramiker im Taubertal*. Forschungen und Berichte zur Vor- und Frühgeschichte in Baden-Württemberg, 81, Stuttgart.
- DZBYNSKI A. & WIERMANN R., 2001. Von Alten, Äxten und Amphoren. *Praehistorica*, XXV-XXVI: 205-226.
- FENS R. L., HUIS IN 'T VELD J. Y., MENDELS J. P., NIEKUS M. J. L. Th. & UFKES A., 2010. Jagen, wonen en begraven op de flank van de Hondsrug (Gr.). *Paleo-aktueel*, 21: 39-46.
- FISCHER U., 1956. *Die gräber der Steinzeit im Saalegebiet. Studien über neolithische und früh-bronzezeitliche Grab- und Bestattungsformen in Sachsen-Thüringen*. Vorgeschichtliche Forschungen, 15, Berlin.
- FOKKENS H., 2014. Het bekergraf van Twello in context. In: Meurkens L. (ed.), *Graven en bewoningssporen van het laat-neolithicum tot en met de Romeinse tijd: Opgravingen in het plan-*

- gebied De Schaker in Twello (gemeente Voorst), Archol Rapport, 260, Leiden: 102-103.
- FURHOLT M., 2003. *Die absolutchronologische Datierung der Schnurkeramik in Mitteleuropa und Südkandinavien*. Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 101, Bonn.
- GLOB P. V., 1944. Studier over den jyske Enkeltgravskultur. *Aarbøger for Nordisk Oldkyndighed og Historie*, 1944: 1-283.
- HARSEMA O. H., 1977. Kroniek van opgravingen en vondsten in Drenthe in 1975. *Nieuwe Drentse Volksalmanak*, 94: 79-85 (251-257).
- HEIN M., 1987. *Untersuchungen zur Kultur der Schnurkeramik in Mitteldeutschland*. Text. Saarbrücker Beiträge zur Altertumskunde, 50, Bonn.
- HOGESTIJN J. W. H. & WOLTERING P. J., 1990. 'Het woiffie van Sijbekarspel'. Een Laat-Neolithisch vrouwengraf te Sijbekarspel. *West-Frieslands Oud en Nieuw*, 57: 152-164.
- HÜBNER E., 2005. *Jungneolithische Gräber auf der Jütischen Halbinsel. Typologische und chronologische Studien zur Einzelgrabkultur*. Nordiske Fortidsminder Serie B, 24. Copenhagen.
- JAGER S. W., 1985. A prehistoric route and ancient cart-tracks in the gemeente of Anloo (province of Drenthe). *Palaeohistoria*, 27: 185-245.
- LANTING A. E., 1969. Iets over de grafgebruiken van de standvoetbekerkuultuur. *Nieuwe Drentse Volksalmanak*, 87: 5-18 [165-178].
- LANTING J. N., 2007/2008. De NO-Nederlandse/NW-Duitse klokbekergroep: culturele achtergrond, typologie van het aardewerk, datering, verspreiding en grafritueel. *Palaeohistoria*, 49/50: 11-326.
- LANTING J. N. & VAN DER PLICHT J., 1999/2000. De ¹⁴C-chronologie van de Nederlandse pre- en protohistorie, III: Neolithicum. *Palaeohistoria*, 41/42: 1-110.
- LANTING J. N. & VAN DER WAALS J. D. 1974. Oudheidkundig onderzoek bij Swalmen. I. Praehistorie. Opgravingen in de jaren 1936-1938 en 1968-1973. *Oudheidkundige Mededelingen uit het Rijksmuseum van Oudheden te Leiden*, LV: 1-111.
- MEURKENS L. (ed.), 2014a. *Graven en bewo-
ningssporen van het laat-neolithicum tot en met de Romeinse tijd: Opgravingen in het plangebied De Schaker in Twello (gemeente Voorst)*. Archol Rapport, 260, Leiden.
- MEURKENS L., 2014. Het graf en grafritueel. In: Meurkens L. (ed.), *Graven en bewoningssporen van het laat-neolithicum tot en met de Romeinse tijd: Opgravingen in het plangebied De Schaker in Twello (gemeente Voorst)*, Archol Rapport, 260, Leiden: 97-102.
- MEURKENS L., VAN BEEK R., DOORENBOSCH M., FOKKENS H., HEUNKS E., DEBONO SPITERI C., KNIPPENBERG S., MEIRSMAN E., VAN HEES E. & VERBAAS A., 2015. A Late Neolithic Single Grave Culture burial from Twello (central Netherlands): environmental setting, burial ritual and contextualisation. *Analecta Praehistorica Leidensia*, 45: 29-53.
- MODDERMAN P. J. R., 1954. Grafheuvelonderzoek in Midden-Nederland. *Berichten van de Rijksdienst voor het Oudheidkundig Onderzoek*, V: 7-44.
- PASVEER J. M. & UYTTERSCHAUT H. T. C., 1992. Two Late Neolithic human skeletons. A recent discovery in the Netherlands. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2: 1-14.
- PLOMP E., 2013. The human skeleton. In: Kleijne J. P., Brinkkemper O., Lauwerier R. C. G. M., Smit B. I. & Theunissen E. M. (ed.), *A Matter of Life and Death at Mienakker (the Netherlands). Late Neolithic Behavioural Variability in a Dynamic Landscape*, Nederlandse Archeologische Rapporten, 45, Amersfoort: 175-184.
- REINDERS H. R., WATERBOLK H. T. & DRENTHE E., 2012. Archeologie en geschiedenis van Pesse 4. Bewoning in het Neolithicum en de Bronstijd. *Nieuwe Drentse Volksalmanak*, 129: 153-184.
- REMOUCHAMPS A. E., 1928. Grafheuvelonderzoekingen. *Oudheidkundige Mededelingen uit 's Rijksmuseum van Oudheden te Leiden*, N.R. IX: 58-73.
- SCHONEVELD J., 1994. De prehistorie en vroege middeleeuwen. In: Ootjers R., Gerding M. A. W., de Jonge G., Klompmaker H., Liewes A. G. & Veen H. D. (ed.), *Geschiedenis van Borger*, Meppel: 23-60.
- TEN ANSCHER T. J. (with a contribution by VAN DER KROFT P.), 2012. *Leven met de Vecht*.

Schokland-P14 en de Noordoostpolder in het Neolithicum en de Bronstijd. Amsterdam.

VAN DEN BROEKE P. W., FOKKENS H. & VAN GIJN A. L., 2005. A prehistory of our time. In: Louwe Kooijmans L. P., van den Broeke P. W., Fokkens H. & van Gijn A. L. (ed.), *The Prehistory of the Netherlands*, volume 1, Amsterdam: 17-31.

VAN GIFFEN A. E., 1930. *Die Bauart der Einzelgräber. Beitrag zur Kenntnis der älteren individuellen Grabhügelkulturen in den Niederlanden.* Mannus-Bibliothek, 44 & 45, Leipzig.

VAN GIFFEN A. E., 1936. Het zgn. „Jodenbergje” op het Zeijerveld bij Zeijen, Gem. Vries. *Nieuwe Drentsche Volksalmanak*, 54: 98-101.

VAN GIFFEN A. E., 1938. Het zgn. Jodenbergje op het Zeijerveld bij Zeijen, Gem. Vries (II). *Nieuwe Drentsche Volksalmanak*, 56: 92-95.

VAN GIFFEN A. E., 1942a. Drie grafheuvels (I-III) uit steen- (I) en bronstijd (II-III), met neolithisch „vlakgraf” onder III, N. van Vredenheim, Gem. Rolde. *Nieuwe Drentsche Volksalmanak*, 60: 103-108.

VAN GIFFEN A. E., 1942b. Twee tumuli, een tweeperioden-heuvel I, uit steen- en bronstijd, en een ringslootheuvel II, uit den steen-

tijd, bij Eext, Gem. Anloo. *Nieuwe Drentsche Volksalmanak*, 60: 109-111.

VAN GIFFEN A. E., ADDINK-SAMPLONIUS M. & GLASBERGEN W., 1971. Een grafheuvel te Putten (Gld.). *Helinium*, XI: 105-123.

VAN DER WAALS J. D., 1964. De amfoor van de Hankenberg en de andere amfooren van de Standvoetbekercultuur in Nederland. *Nieuwe Drentse Volksalmanak*, 83: 11-42 (173-204).

VAN DER WAALS J. D. & GLASBERGEN W., 1955. Beaker types and their distribution in the Netherlands. Intrusive types, mutual influences and local evolutions. *Palaeohistoria*, V: 5-46.

WATERBOLK H. T., 1964. Ein Grabhügel auf dem Gut „De Eese”, Gem. Vledder, Prov. Drenthe. *Palaeohistoria*, X: 71-86.

WATERBOLK H. T., 1977. Opgravingen rond het Witteveen op het Noordse Veld bij Zeijen, gem. Vries (1949-1953). *Nieuwe Drentse Volksalmanak*, 94 : 5-31 (177-203).

WIERMANN R., 2002. Zur Sozialstruktur der Kultur mit Schnurkeramik in Böhmen. In: Müller J. (ed.), *Vom Endneolithikum zur Frühbronzezeit: Muster sozialen Wandels?*, Universitätsforschungen zur prähistorischen Archäologie, 90, Bonn: 115-129.

Abstract

The present paper discusses the corpse position in barrow interments and flat graves of the Single Grave Culture from the Netherlands (c. 2800-2400 BC). More than forty five years ago it had been proposed tentatively that the posture is gender-related, with as a rule men having been buried in a crouched position on their right sides and women in a similar position, however on their left sides. Very recently this view has been challenged, though this claim is not substantiated in figures. A statistical assessment of the physical anthropological evidence and archaeological hints (grave-goods) indicates, however, that there is no compelling reason to reject the hypothesis of a gender-related corpse position.

Keywords: Single Grave Culture, Late Neolithic, The Netherlands, barrows, flat graves, corpse position, gender.

Samenvatting

Deze bijdrage is gewijd aan de houding van doden in grafheuvels en vlakgraven van de Enkelgrafcultuur in Nederland (ca. 2800-2400 v.Chr.). Meer dan vijfenveertig jaar geleden is geopperd dat die waarschijnlijk geslachtsgebonden was. Het idee was dat mannen in de regel werden begraven met opgetrokken benen liggend op de rechterzijde en vrouwen doorgaans in eenzelfde positie werden bijgezet echter op de linkerzijde. Kortgeleden is deze opvatting ter discussie gesteld, echter zonder cijfermatige onderbouwing. Een statistische analyse van de fysisch-antropologische data en de archeologische indicatoren in de vorm van grafgiften laat evenwel zien dat er geen dwingende redenen zijn de hypothese van een geslachtsgebonden dodenhouding te verwerpen.

Trefwoorden: Enkelgrafcultuur, Laat-Neolithicum, Nederland, grafheuvels, vlak-graven, dodenhouding, 'gender'.

Erik DRENTH
4, Torenstraat
NL – 3811 DJ Amersfoort
drenth.erik@gmail.com

Geotechniek & archeologische prospectie: een overzicht van mechanische boor- en elektrische sondeertechnieken voor archeologie

Jeroen VERHEGGE, Michiel VANHECKE,
Mick VAN DEN WIJNGAERT & Philippe CROMBÉ

1. Inleiding

Door een combinatie van boor- en sondeeronderzoek en andere technieken zoals geofysische survey kunnen in het kader van het archeologisch vooronderzoek met minimale ingreep in de bodem afgedekte landschappen gekarteerd worden. In een volgende fase, het vooronderzoek met ingreep in de bodem, kunnen archeologisch relevante lagen en locaties die gekend zijn uit de landschappelijke kartering meer invasief bemonsterd worden met een verkennend en waarderend booronderzoek. Hierbij worden bodemstalen genomen met een groot volume met als doel het zeven van de stalen ter analyse van vuursteenresten, artefacten, pollen, veenresten, enz.

Meer invasief vervolgonderzoek (proefputten, sleuven, opgraving) kan bijgevolg doelgerichter ingeschat worden.

2. Archeologisch onderzoek zonder ingreep in de bodem

2.1. Cone Penetration Testing

De toepassing van geotechnische sonderingen of *cone penetration tests* (CPT) is ontstaan in de grondmechanica. Deze data zijn dan ook vaak beschikbaar in publieke databanken zoals de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV) of uit bouwtechnisch vooronderzoek. Bij elektrische CPTs meten druksensoren elke centimeter de puntweerstand en de plaatselijke wrijvingsweerstand op een conus die door een zwaar (rups-)voertuig de grond wordt ingeduwd met een gelijkmatige snelheid. Hierdoor kunnen in zachte bodems snel ondergrondgegevens verzameld worden tot op grote diepte, met een lagere prijs dan mechanische boringen. De gemeten waarden kunnen tot '*soil behaviour types*' omgezet worden door classificatieschema's zoals Robertson (1986). Deze zijn gebaseerd op het grondmechanische gedrag van verschillende textuurklassen. De toepassing van CPTs voor prehistorische landschapskartering in de overstromingsvlakte van de Schelde werd reeds uitgebreid besproken door Missiaen *et al.* (2015). Dit toonde ook aan dat deze classificatieschema's niet zonder controle kunnen worden toegepast. Lokale variaties op deze globaal afgeleide *soil behaviour types* zijn immers mogelijk. Zo kan bijvoorbeeld afgedekt en geconsolideerd veen afwijkende waarden vertonen (Koster, 2016) en is het grondmechanisch gedrag van glauconiethoudende zanden afwijkend (Van Alboom *et al.*, 2012). Hoewel elke cm data worden verzameld, betekent dit niet dat lagen van deze dikte correct zullen geïdentificeerd worden. De conus heeft immers afhankelijk van zijn afmetingen en de sedimenten een invloedssfeer dit tot 20 keer die conusdiameter kan bedragen, waardoor op de overgang tussen lagen of bij dunnere lagen de gemeten waarden niet representatief zijn voor het sediment (Lunne *et al.*, 1997). Hierdoor ligt de minimale identificeerbare dikte van een laag met een standaard conus rond 20 cm. Dunnere lagen worden gekenmerkt door pieken in het sondeerdiagram die zonder

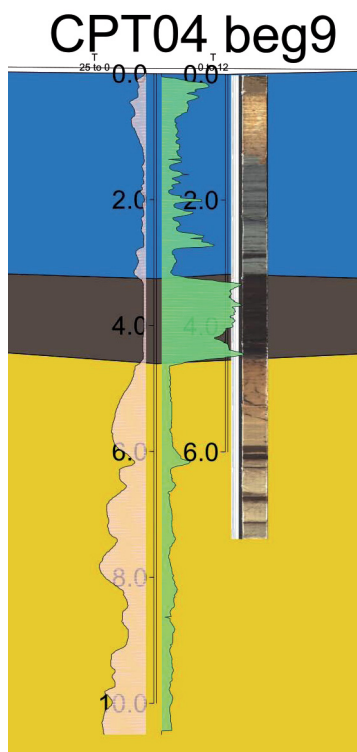


Fig. 1 – CPT-E puntweerstand (MPa, 25-0) in het roos en Wrijvingsgetal (% 0-12) in het groen naast een gescande Begemann boring.

bijkomende informatie (bv. boordata) moeilijk kunnen geïnterpreteerd worden. Het sondeonderzoek levert dus een dataset met hoge verticale resolutie maar met een beperkt aantal meetlocaties op. Deze ruimtelijke beperkingen kunnen evenwel worden gecompenseerd door een combinatie met bijkomende geofysische survey, waarbij een hoge horizontale resolutie beschikbaar is (Verhegge et al., 2016). De combinatie van beide prospectiemethoden is nieuw in het kader van een archeologisch vooronderzoek in Vlaanderen en heeft reeds zijn nut bewezen op omvangrijke onderzoeksgebieden, zoals Prosperpolder Zuid en het tracé van het Saetinghedok. In de Code van Goede Praktijk voor archeologie en metaaldetectie wordt CPT niet als methode bij naam vermeld, maar het kan beschouwd worden als een variant op geofysisch onderzoek.

2.2. Landschappelijk booronderzoek

Landschappelijke boringen worden uitgevoerd ter validatie van sondegegevens of in plaats van de sonderingen. De bodemstalen die aan de hand van deze boringen bekomen worden, leveren een fysiek staal van het bodemprofiel op. Ze bieden ook een bevestiging van de sedimentologische interpretatie van de sonderingen en extra informatie omtrent bodemvorming, profielontwikkeling, profieltype, veensoort en andere bodemkundige kenmerken die van belang zijn in deze fase van het vooronderzoek. Op onderzoeksgebieden met een beperkte oppervlakte (terreinen < 5-10 ha) is een landschappelijk booronderzoek zonder voorafgaand sondeonderzoek dan ook soms efficiënter. Een vergelijkende studie van de gutsboor, Edelmanboor, Begemannboring, Spitsmuisboring Sonic Drill werd reeds uitgevoerd door Hissel & Van Londen (2004). Deze paper steunt hier dan ook sterk op maar werd aangevuld met ervaringen bij het boren in het alluvium en de polders langs de Schelde.

2.2.1. Geoprobe steekboring

De basistechniek voor het uitvoeren van mechanisch landschappelijk booronderzoek is de steekboring. Steekboringen zijn bij voorkeur verbuisde boringen die door middel van hameren en duwen een ongeroerd bodemstaal opleveren in secties van 1 tot 1,5 m. De bodemstalen kunnen daarbij worden genomen in plastic monsterbussen (liners) met verschillende diameters (van 3 mm tot 50 mm). De liners zijn afsluitbaar en kunnen zowel in het veld als achteraf in het labo geopend en beschreven worden maar vertonen vaak tekenen van compressie.

Het voordeel van de bodemstalen met een kleine diameter (bv. 30 mm) ligt voornamelijk in de snelheid van de uitvoering. Daarnaast is er een geringe invloed van het grondwater en is het mogelijk om, omwille van de kleine weerstand van de boorpunt, grote dieptes te bereiken in verschillende bodemtypes. Bodemstalen met een grotere diameter (bv. 50 mm) bieden een betere leesbaarheid van de bodemkundige processen en zijn bovendien minder onderhevig aan compressie aangezien het oppervlak van het bodemstaal proportioneel groter is in vergelijking met de afmetingen van de snijschoen (de AREA-ratio). Steekboringen leveren de beste resultaten op in geconsolideerde lemige en kleiige gronden. Door middel van nieuwe ontwikkelingen wordt er op zoek gegaan om compressie te minimaliseren. De keuze voor de diameter van het bodemstaal is afhankelijk van de vraagstelling en het onderzoeksgebied. Het doel is om het maximum aan informatie te winnen door zo weinig mogelijk te verstoren. Boringen met een grotere diameter veroorzaken een grotere bodemverstoring en kennen een lagere snelheid van uitvoering.



Fig. 2 – Geoprobe steekboring met liner (links) en core catcher (rechts).

2.2.2. (Sonische) piston boring

Bij sonisch boren worden de boorbuisen door middel van vibratie en rotatie de grond ingebracht.

De ongeroerde bodemstalen zijn beschikbaar in verschillende diameters (50 tot 100 mm) en meten, afhankelijk van de vraagstelling, twee, drie of vier meter lang. Deze stalen kunnen in liners geduwd worden of in een goot waardoor het bodemstaal ook op het terrein kan beschreven of bemonsterd worden. Het Aqualock systeem is vergelijkbaar met een dikwandige *piston sampler* (~spitsmuis/mostap) maar gebruikt een systeem met waterdruk om het monster in de boorkern te laten duwen. De Aqualock *piston* zorgt er wel voor dat per boorkern 10-20 cm sediment verloren gaat en dus geen volledig continu staal gerecupereerd wordt. Sonische boringen worden best ingezet in alluviale afzettingen, bij veenbemonstering en in de zandstreek. De maximale diameter van 100 mm laat toe dat subtiele bodemhorizonten makkelijker herkenbaar zijn.

2.2.3. Begemannboring

Het *Begemann* boorsysteem van Fugro (ontwikkeld door Deltares) bestaat uit een continue boorkern waarbij het staal in de steekbuis ook continu in 1 m liners wordt geduwd. Dankzij een nylon 'boorkous' in de boorkop en een steunvloeistof kan de volledige sedimentkolom in 1 penetratie in de liners geduwd worden. Deze worden ook achtereenvolgend gerecupereerd waarbij deze kous elke meter doorgesneden wordt en in liners kunnen getransporteerd worden. Dit systeem is beschikbaar in 29 en 66 mm diameter, waarbij voornamelijk de laatste toepassing in archeologie kent. Dankzij de continuïteit, maatvastheid en ongestoordheid van de sedimentkolom is deze boortechniek optimaal voor paleo-ecologisch onderzoek zoals bv. pollenanalyse.

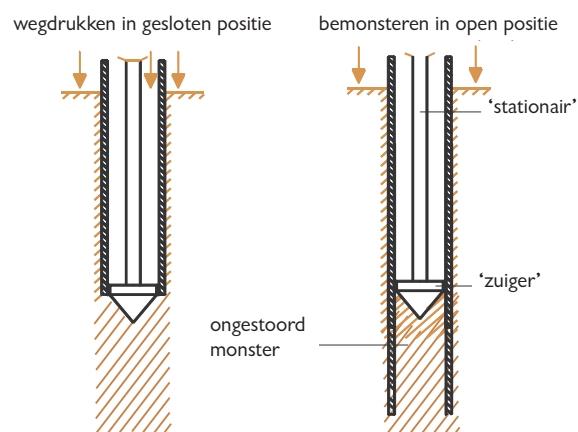


Fig. 3 – Werkprincipe van de piston sampler (Hissel & Van Londen, 2004).



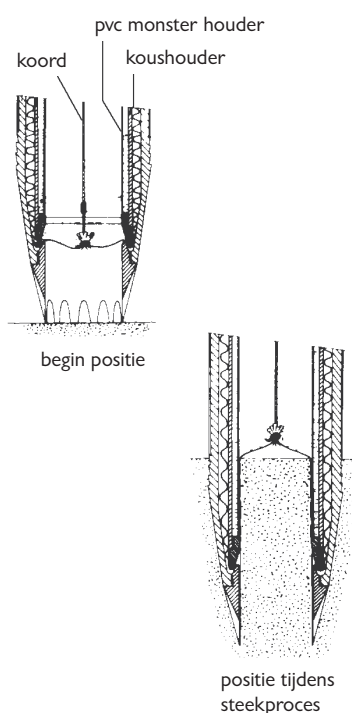
Fig. 4 – Het Sonic Drill Aqualock boormonster kan zonder liner uitgeduwd en ter plekke bestudeerd worden.

Aangezien de boorkern enkel gestoken wordt, is de toepassing beperkt tot slappe lagen. Harde lagen of fijne zanden kunnen het dieptebereik beperken.

3. Archeologisch onderzoek met ingreep in de bodem

Na de uitvoering en de verwerking van het landschappelijk booronderzoek dienen potentieel archeologische lagen bemonsterd te worden ten behoeve van de detectie van archeologische sites. Dit gebeurt meestal door het zeven van de opgeboorde bodemstalen en het uitslecteren van archeologische indicatoren. Vergelijkend onderzoek (Crombé & Verhegge, 2015) heeft uitgewezen dat voor de detectie van steentijdsites bodemstalen moeten voldoen aan een minimum diameter van 100 mm. Gezien de bodemopbouw gekend is uit het karterend onderzoek is er in de fase van het waarderend onderzoek zowel continue als discontinue bemonstering mogelijk. Bij discontinue boringen worden de archeologisch minder of niet relevante lagen niet bemonsterd. Gezien de snelheid van het boren is sonisch boren hiervoor de meest geschikte techniek. Analoog aan het karterend onderzoek kunnen ook de steekboringen

een oplossing bieden voor archeologische lagen die zich niet als artefactenspreidingen manifesteren.



Een avegaarboring is de derde boortechniek die bij het waarderend booronderzoek soelaas kan brengen. Deze niet-verbuisde boortechniek maakt het mogelijk om door middel van rotatie geroerde stalen te nemen. De mechanisch aangedreven schroef van Archimedes heeft verschillende diameters, tot 200 mm. Deze methode is geschikt om oppervlakkige stratigrafische eenheden in grotere bulkstalen te bemonsteren met het oog op het detecteren van sites met lage vondstendensiteit, maar geroerde stalen resulteren in minder nauwkeurige stratigrafische informatie.

4. Wat met verhardingen, muurresten en natuursteenformaties

Niet elke boring wordt in een onverstoorde bodem uitgevoerd. Er zijn enkele oorzaken die de uitvoering van een steek- of sonische boring kunnen belemmeren zoals puinhoudende lagen, harde formaties of constructies uit natuursteen. In urbane contexten komen er vaak oppervlakkige en dieper liggende puinhoudende lagen, ophogingspakketten of muurresten voor. Deze lagen zijn van een poreuze of fragmentarische aard en kunnen doorboord worden met een kernboring door middel van een druk- en snijtechniek. Wegens de vaak sterk verweerde samenstelling van deze stratigrafische eenheden wordt er een geroerd monster genomen. Zo zijn de boven- en ondergrens van de laag gekend en kan de continuïteit van de boring gegarandeerd worden.

Fig. 5 – Het Begemann steekapparaat (Hissel & Van Londen, 2004).



Fig. 6 – Recuperatie en doorsnijden van het Begemann staal.



Fig. 7 – Avegaarboring.

	<i>Edelman</i>	<i>Guts</i>	<i>Sonic Drill</i>	<i>Spitsmuis</i>	<i>Begemann</i>	<i>Geoprobe</i>	<i>Avegaar</i>	<i>CPT-E</i>
Maatvastheid	-	±	±	++	+++	±	-	+++
Ongestoordheid	-	+	+	++	+++	++	-	n.v.t.
Diameter	+++	-	++	+	+	+	+++	n.v.t.
Verpakking	-	-	+++	+++	+++	+++	-	n.v.t.
Gebruik > Inspanning	±	±	+++	++	+++	++	++	+++
Gebruik > Expertise	+++	+++	-	-	-	+	+	+
Mobiliteit	+++	+++	+	±	±	++	++	++
Uitvoeringstijd	+++	+++	++	-	±	++	+++	+++
Kosten	+++	+++	++	-	±	++	++	+++

Tab. 1 – Vergelijking van de eigenschappen van verschillende boor- en sondeertechnieken (Hissel & Van Londen 2004 aangevuld met eigen expertise).

5. Conclusie

De combinatie van mechanisch booronderzoek en prospectie door middel van sonderingen kent een recente intrede in het archeologisch vooronderzoek. In de fase zonder ingreep in de bodem leveren sonderingen en validatieboringen in combinatie met geofysische data resultaten waardoor het landschap snel, correct en met een beperkte destructieve ingreep kan worden gereconstrueerd. Aansluitend op het landschappelijk onderzoek biedt het archeologisch booronderzoek met ingreep in de bodem een oplossing om grotere bodemstalen te nemen van diep begraven stratigrafische eenheden. Afhankelijk van het bodemtype en de context kunnen verschillende boortechnieken ingezet worden om specifieke onderzoeksvragen te beantwoorden.

Dankwoord

Dit onderzoek werd onder andere gefinancierd door het VLAIO in kader van het innovatiemandaat 'Geotechniek & Archeologische prospectie' (n° 150265) in samenwerking met Geosonda bvba. Het Renard Centre of Marine Geology, Vakgroep Geologie, Universiteit Gent wordt bedankt voor het gebruik van de core logger voor Figuur 1.

Bibliografie

- CROMBÉ P. & VERHEGGE J., 2015. In search of sealed Palaeolithic and Mesolithic sites using core sampling: the impact of grid size, meshes and auger diameter on the discovery probability. *Journal of Archaeological Science*, 53: 445-458.
- HISSEL M. & VAN LONDEN H., 2004. *De kwaliteit van de waarneming. Een vergelijking van boormethoden voor archeologisch inventariserend veldonderzoek. Project TSA02001, 70.* Amsterdams Archeologisch Centrum, Amsterdam.
- KOSTER K., 2016. Cone Penetration Testing: A Sound Method for Urban Archaeological Prospection. *Archaeological Prospection*, 23(1): 55-69.
- LUNNE T., ROBERTSON P. K. & POWELL J. J. M., 1997. *Cone penetration testing in Geotechnical Practice.* Spon Press Taylor & Francis Group.
- MISSIAEN T., VERHEGGE J., HEIRMAN K. & CROMBÉ P., 2015. Potential of cone penetrating testing for mapping deeply buried palaeolandscapes in the context of archaeological surveys in polder areas. *Journal of Archaeological Science*, 55: 174-187.
- VAN ALBOOM G., DUPONT H., MAERTENS J. & HAELTERMAN K., 2012. Glauconiethoudende zanden. *Geotechniek*, April 2012.
- VERHEGGE J., MISSIAEN T. & CROMBÉ P., 2016. Exploring Integrated Geophysics and Geotechnics as a Paleolandscape Reconstruction Tool: Archaeological Prospection of (Prehistoric) Sites Buried Deeply below the Scheldt Polders (NW Belgium). *Archaeological Prospection*, 23(2), 125-145.

Samenvatting

Manuele boringen worden frequent ingezet voor archeologische prospectie van afgedekte prehistorische landschappen en sites. Mechanische boor- en sondeertechnieken kunnen echter een oplossing bieden waar het paleolandschap (te) diep gelegen is of om andere redenen niet adequaat kan bemonsterd worden met handmatige boringen. *Cone penetration tests* bieden, al dan niet in combinatie met geofysische prospectie, een goed alternatief met minimale ingreep in de bodem maar vereisen steeds beperkte validatie door booronderzoek. Landschappelijk bodemonderzoek kan ook gebeuren middels steekboringen, pistonboringen of Begemannboringen. Voor archeologisch booronderzoek met ingreep in bodem kunnen sonische boringen of avegaarboringen aan een hoge snelheid bodemstalen met grotere volumes opleveren. De voor- en nadelen van de mechanische boor- en sondeertechnieken worden besproken op basis van ervaringen in archeologische prospectie van prehistorische landschappen langs de oevers van de Schelde.

Sleutelwoorden: Geotechniek, archeologische prospectie, mechanische boringen, elektrische sondering, paleolandschap, artefactenclusters.

Abstract

Handcoring is frequently used for archaeological survey of covered prehistoric landscapes and sites. Mechanical coring and cone penetration testing methods can provide a solution when the paleolandscape is buried to deep or cannot be sampled adequately using manual augering. Cone penetration tests provide, possibly in combination with geophysical survey, suitable data for minimally invasive archaeological landscape research but always require minimal validation through coring. Suitable paleolandscape coring techniques are direct-push coring, piston sampler coring or Begemann coring. Sonic coring methods or spiral augering for more invasive archaeological core sampling provide larger samples in a shorter timeframe. The advantages and disadvantages of these different mechanical coring and sounding techniques are discussed based on data from the Scheldt floodplain in NW Belgium.

Keywords: Geotechnics, archaeological prospection, mechanic coring, electrical cone penetration test, palaeolandscape, artefact scatters.

Jeroen VERHEGGE
Philippe CROMBÉ
Universiteit Gent
Vakgroep Archeologie
35, Sint-Pietersnieuwstraat
BE - 9000 Gent
philippe.crombe@ugent.be
jeroen.verhegge@ugent.be

Michiel VANHECKE
Mick VAN DEN WIJNGAERT
Geosonda België
57, Kontichsesteenweg
BE - 2630 Aartselaar
michiel.vanhecke@geosonda.be
mick.vandenwijngaert@geosonda.be

Inhaltsverzeichnis - Table des matières - Inhoudstafel

Simon DELVOIE, Stéphane PIRSON, Robert CHARLIER & Frédéric COLLIN Étude de la séquence stratigraphique des loëss de la carrière de Romont (Eben-Emael, Belgique) par une campagne géotechnique	5-21
Katelijne BEERTEN & Nele GOEMINNE De monitoring van de Neanderthalsite in Veldwezelt-Hezerwater (prov. Limburg, BE). Een samenwerking tussen de gemeente Lanaken en Monumentenwacht	23-28
Hendrik DEMIDDELE, Peter FINKE & Philippe CROMBÉ Diatom-based palaeoecology of a late-glacial palaeolake in the Moervaart area (northwestern Belgium) in relation to its prehistoric occupation	29-46
Joris SERGANT, Hans VANDENDRIESSCHE, Gunther NOENS, Frédéric CRUZ, Luc ALLEMEERSCH, Kim ALUWÉ, Jonathan JACOBS, Frederic WUYTS, Sebastiaan WINDEY, Joachim ROZEK, Ine DEPAEPE, Davy HERREMANS, Pieter LALOO & Philippe CROMBÉ Opgraving van een mesolithische wetlandsite te Kerkhove 'Stuw' (Avelgem, West-Vlaanderen, BE). Eerste resultaten	47-57
Alison SMOLDEREN & Elodie-Laure JIMENEZ Dans le foyer ou sous le foyer ? Vers une caractérisation macroscopique des ossements indirectement thermo-altérés	59-72
Yves PERDAEN, Alexander CATTRYSSE, Simon CLAEYS & Sophie SANDOR Landschappelijk, verkennend en waarderend archeologisch booronderzoek ter hoogte van de mesolithische vindplaats Sint-Kruis-Winkel <i>Spanjeveer</i> (Gent, Oost-Vlaanderen, BE)	73-89
Hans VANDENDRIESSCHE, Arne VERBRUGGE, Arne DEGRAEVE, Bart CHERRETTÉ & Philippe CROMBÉ De midden- en finaal-paleolithische vondsten van Ronse - Pont West (Oost-Vlaanderen, BE)	91-102
Jeroen VERHEGGE, Axel MÜLLER, Leo TEBBENS, Izabel DEVRIENDT & Philippe CROMBÉ The radiocarbon evidence from the Mesolithic site of Well-Aijen (NL): a Bayesian model	103-112
Yves PERDAEN, Inger WOLTINGE, Marieke OPBROEK & Dimitri DE LOECKER Grootschalig waarderend testvakkenonderzoek ter hoogte van het Logistiek Park Waasland Fase West (Verrebroek-Beveren, Oost-Vlaanderen, België)	113-119

Agnès LAMOTTE & Éric MASSON Arché-OBIA : un concept d'analyse quantitative d'images numériques appliqué aux bifaces du gisement de Gouzeaucourt (Nord, FR)	121-130
Grégory ABRAMS, Kévin DI MODICA, Frédéric BEZOMBES, Dominique BONJEAN, David BURTON, Alex HARDY, Francis LILLEY, Spiros NIKOLOPOULOS, Frédéric PRECIOSO, Christoph STRECHA, Eirini THOMAIDOU, Dimitrios VERVERIDIS & Isabelle DE GROOTE DigiArt: towards a virtualization of Cultural Heritage	131-142
Erwin MEYLEMANS, Ad GOMMERS, Jonas LEMAHIEU & Marc DE BIE Twee fragmenten van dissels aan de 'Steenberg' te Bekkevoort (prov. Vlaams-Brabant, BE)	143-147
Olivier TOUZÉ, Justin COPPE & Sébastien SCHMIT Nouvel indice d'une occupation de l'Est de la France au Paléolithique supérieur ancien : découverte d'une pointe pédonculée à Rimling « Kohlhecke », Moselle	149-165
Elodie-Laure JIMENEZ, Alison SMOLDEREN, Ivan JADIN & Mietje GERMONPRÉ Exhumation de la collection faunique d'Édouard Dupont provenant du Trou Magrite (Pont-à-Lesse). Quelles données et quelles perspectives pour une collection du XIX ^e siècle ?	167-190
Erik DRENTH Men on their right sides and women on their left sides? Corpse position in barrows and flat graves of the Single Grave Culture from the Netherlands	190-201
Jeroen VERHEGGE, Michiel VANHECKE, Mick VAN DEN WIJNGAERT & Philippe CROMBÉ Geotechniek & archeologische prospectie: een overzicht van mechanische boor- en elektrische sondeer- technieken voor archeologie	203-209
Inhaltsverzeichnis - Table des matières - Inhoudstafel	211-212

Volume préparé par Micheline De Wit, Laurence
Cammaert, Aurore Mathys, Anne-Marie Wittek et Ivan Jadin

Association pour la Diffusion de l'Information Archéologique
a s b l
c/o : Anthropologie et Préhistoire, IRSNB
29, rue Vautier - 1000 Bruxelles
Tél. : 02/62.74.146 - 384 - Fax : 02/62.74.113
<http://adia.naturalsciences.be/>



I D E N T I C - Global Printing Services
Brixtonlaan, 5 - 1930 Zaventem
Tél. : +32/(0)2/737.52.22 - Fax : +32/(2)/737.52.23
info@identic.be - www.identic.be

Review *Notae Praehistoricae*

- 1 - 1981 ; 3 - 1983 / 5 - 1985 ; 8 - 1988 / 11 - 1991 (1992) : out of print
2 - 1982 ; 6 - 1986 ; 7 - 1987 ; 12 - 1992 (1993) : 4 €
13 - 1993 (1994) / 16 - 1996 : 8 € ; 17 - 1997 : out of print
18 - 1998 / 19 - 1999 ; 21 - 2001 / 22 - 2002 ; 23 - 2003 : 9 €
20 - 2000 : 10 € ; 24 - 2004 / 25 - 2005 : 13 € ; 26 - 2006 : reprinted (11 €)
27 - 2007 : reprinted (13 €) ; 28 - 2008 : reprinted (9 €)
29 - 2009 / 30 - 2010 / 31 - 2011 : reprinted (12 €)
32 - 2012 : reprinted (16 €) ; 33 - 2013 / 34 - 2014 : reprinted (15 €)
35 - 2015 : reprinted (15,50 €) / 36 - 2016

Collection *Studia Praehistorica Belgica*

- 1 - P. M. Vermeersch (ed.), 1982. *Contributions to the study of Mesolithic of the Belgian Lowland*, Tervuren, 210 p. – Out of print.
- 2 - D. Cahen (ed.), 1982. *Tailler ! Pour quoi faire : Préhistoire et technologie lithique II - Recent Progress in Microwear Studies*, Tervuren, 1982, 328 p. – 12 €.
- 3 - D. Cahen (ed.), 1983. *Découvertes récentes de Paléolithique inférieur et moyen en Europe du Nord-Ouest*, Tervuren, 1983, 160 p. – 5 €.
- 4 - M. Otte (ed.), 1985. *La signification culturelle des industries lithiques. Actes du Colloque de Liège du 3 au 7 octobre 1984*, BAR International Series, 239, Oxford, 430 p. – Out of print – 2nd edition, 2010, on line.
- 5 - P. M. Vermeersch & P. Van Peer (eds), 1990. *Contributions to the Mesolithic in Europe. Papers presented at the fourth International Symposium Leuven 1990*, Leuven University Press, Leuven, 260 p. – Out of print.
- 6 - P. M. Vermeersch, G. Vynckier & R. Walter, 1990. *Thieusies, ferme de l'Hosté, Site Michelsberg. II - Le matériel lithique*, with contribution of J. Heim, Leuven, 70 p. – 7 €.
- 7 - Ét. Gilot, 1997. *Index général des dates Lv. Laboratoire du Carbone 14 de Louvain / Louvain-la-Neuve*, Liège-Leuven, 226 p. – 13 € – 2nd edition, 2010, on line.
- 8 - Billard C., Bosquet D., Dreesen R., Goemaere É., Hamon C., Jadin I., Salomon H. & Savary X. (ed.), 2016. *Autour de l'hématite / About haematite. Actes de / Acts of Jambes, 7-8/02/2013*. Liège, ERAUL, 143 – Liège-Brussels-Leuven, SPB, 8 – *Anthropologica et Praehistorica*, 125/2014 & 126/2015 : 2 vol. – 26 € or on line.

Edited by “*Studia Praehistorica Belgica*”

Contact - Ivan Jadin (Ivan.Jadin@naturalsciences.be)
Prehistory, Royal Belgian Institute of Natural Sciences
VautierStreet, 29, B-1000 Brussels, Belgium

Visit our online site - <http://www.naturalsciences.be/Prehistory/>

