

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 Pléni-glaciaire 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.

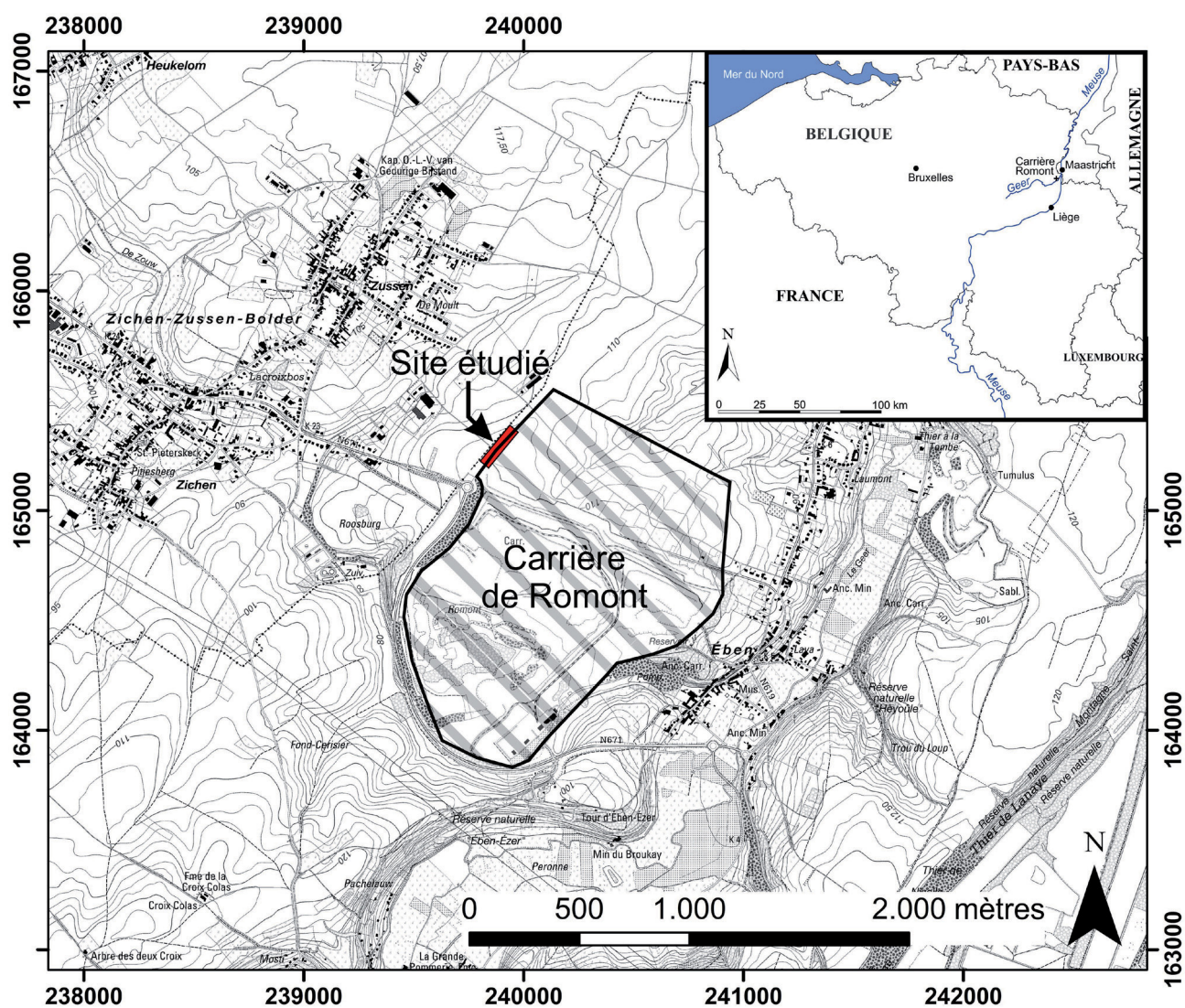


Fig. 1 – Localisation de la carrière CBR de Romont (Eben-Emael, Belgique), ainsi que du site étudié, en bordure nord-ouest de la carrière.

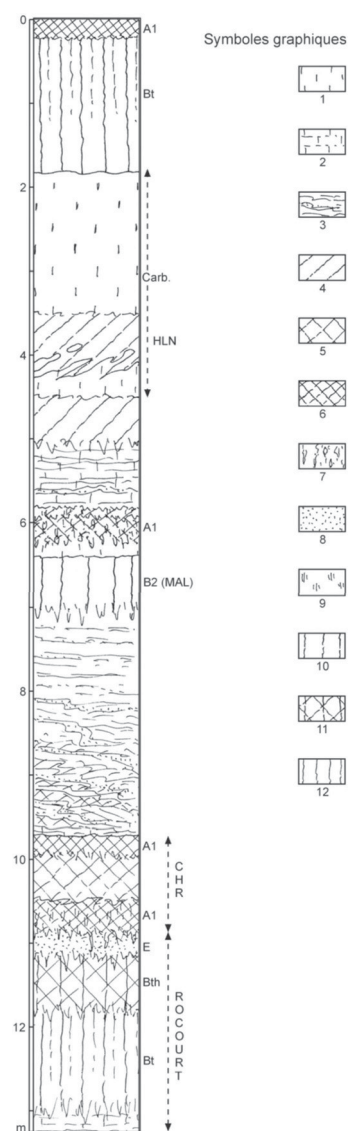


Fig. 2 – Colonne lithostratigraphique synthétique des lœss de la carrière de Romont, établie à proximité du site étudié (modifié, d'après Juvigné *et al.*, 2008). Abréviations : carb. = limon carbonaté ; HLN = Horizon à Langues de Nagelbeek ; MAL = Sol de Malplaquet ; CHR = Complexe Humifère de Remicourt ; 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.

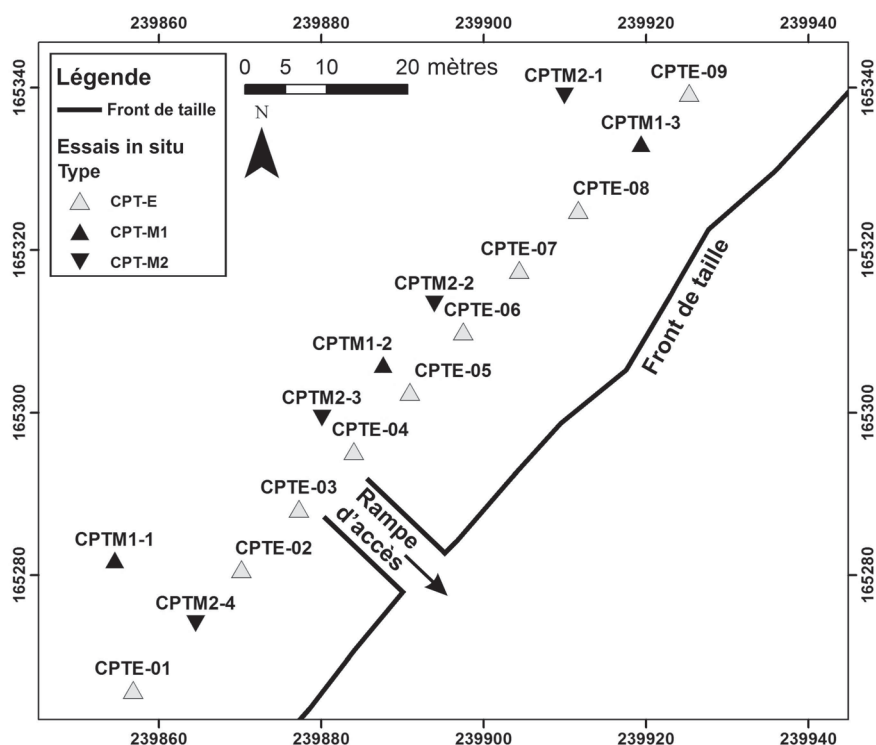


Fig. 3 – Localisation de la campagne d'essais de pénétration statique en bordure du front de taille de la carrière CBR de Romont (Eben-Emael, Belgique). Une rampe recoupe le front de taille et permet d'accéder aisément au pied de la séquence lœssique à partir du sommet de la paroi.

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

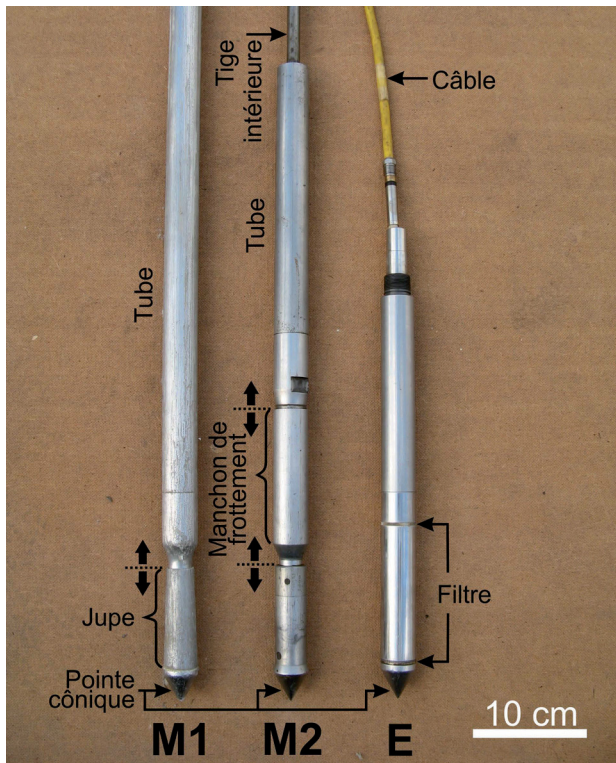


Fig. 4 – Illustration et description des différentes parties qui composent les pointes utilisées lors de la campagne d’essais de pénétration statique. Légende : M1 = cône mécanique de type M1 (cône à jupe) ; M2 = cône mécanique de type M2 (cône de Begemann) ; E = cône électrique.

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-

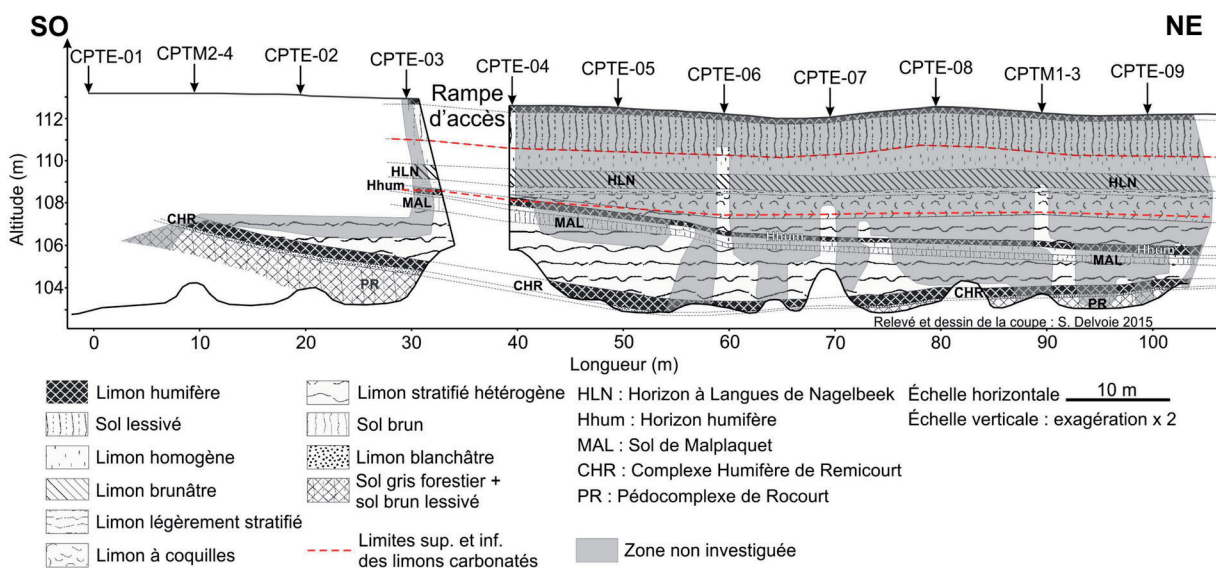


Fig. 5 – Relevé géologique de la section étudiée du front de taille de la carrière CBR de Romont (Eben-Emael). Les essais géotechniques les plus proches de la paroi sont également localisés sur la coupe. Relevé et dessin de la coupe : S. Delvoie, 2015.

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

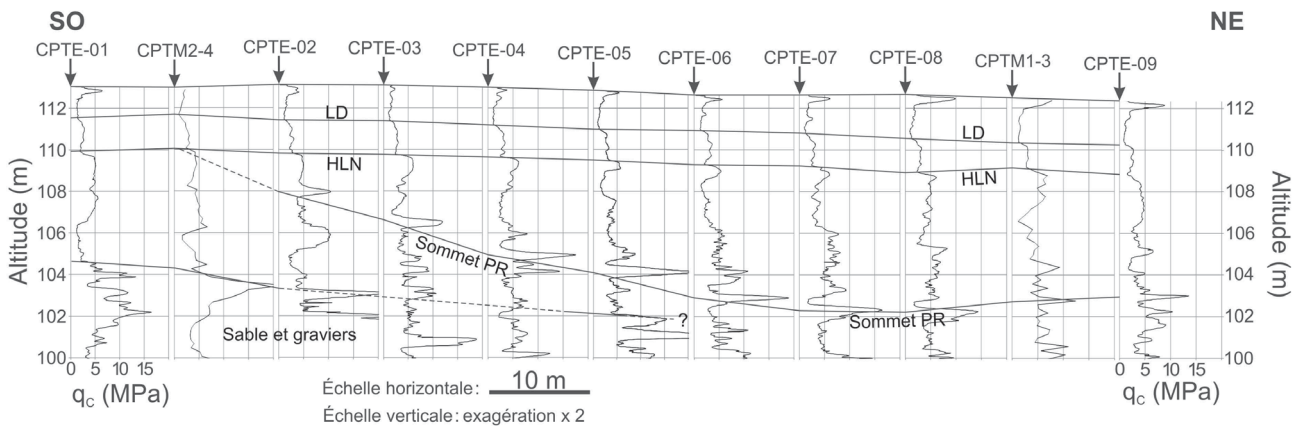


Fig. 6 – Interprétation des valeurs de résistance à la pointe (q_c) en termes d'horizons repères dans la séquence lœssique de la carrière de Romont (Eben-Emael). Abréviations : HLN = Horizon à Langues de Nagelbeek ; LD = limite de décarbonatation ; PR = Pédocomplexe de Rocourt.

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

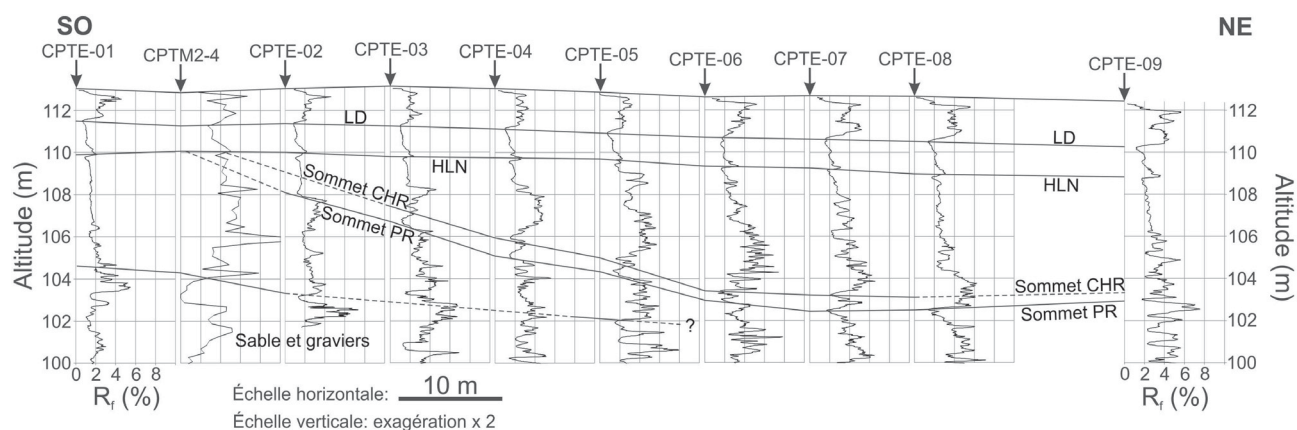


Fig. 7 – Interprétation des valeurs de rapport de frottement (R_f) en termes d'horizons repères dans la séquence loëssique de la carrière de Romont (Eben-Emael). Abréviations : CHR = Complexes Humifères de Rémicourt ; HLN = Horizon à Langues de Nagelbeek ; LD = limite de décarbonatation ; PR = Pédocomplexe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

CPTM2-4 et CPTe-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.

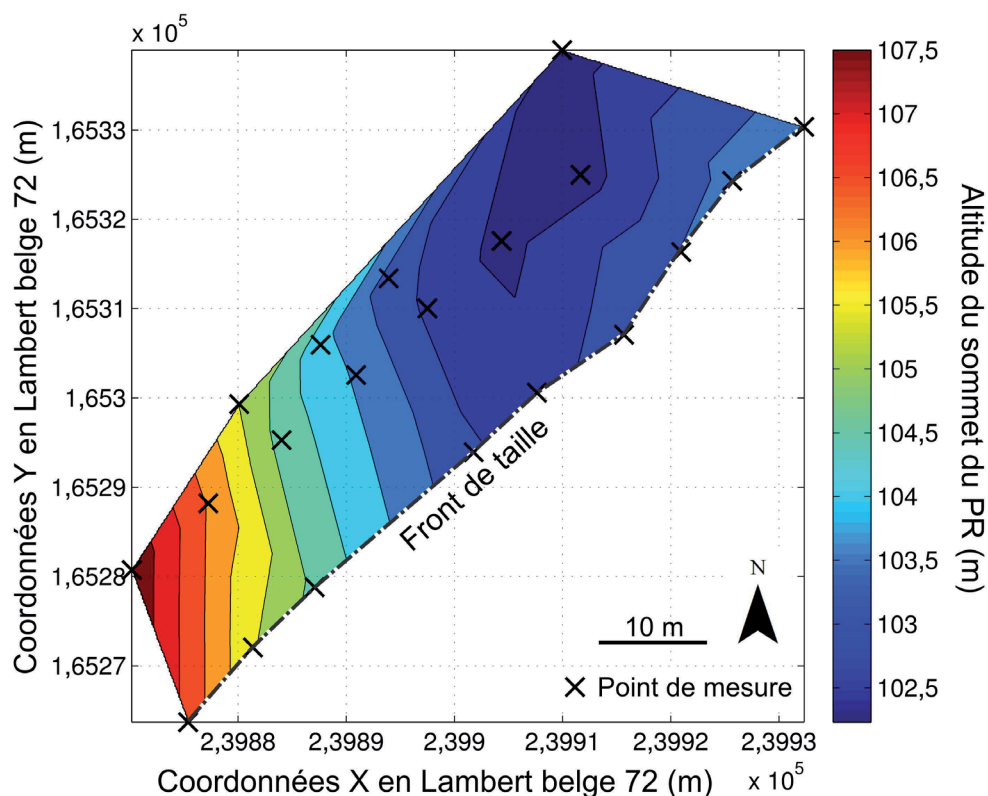


Fig. 8 – Représentation géoréférencée de l'altitude du sommet du Pédocomplexe de Rocourt (PR) au niveau du site étudié (Carrière de Romont, Eben-Emael). Uniquement les points de mesure recoupant cet horizon sont représentés sur la figure.

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. & BALESCU 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., LOUWYE 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