

Formations du Pléistocène moyen récent de Belgique

Stéphane PIRSON, Erik MEIJS, Paul HAESAERTS et Paolo SPAGNA

Résumé : En Belgique, les dépôts relatifs au Pléistocène moyen récent sont principalement représentés par quelques séquences lœssiques et fluviatiles couvrant les stades isotopiques marins 14 à 6. Les informations issues des grottes sont rares.

Mots-clés : Lœss, Terrasses fluviatiles, Meuse, Haine, Pléistocène moyen récent.

Abstract: In Belgium, deposits related to early Middle Pleistocene are mainly documented in a few loessic and alluvial sequences allocated to marine isotopic stages 14 to 6. Data from caves are rare.

Keywords: Loess, Fluvial terraces, Meuse, Haine, Late Middle Pleistocene.

Ce texte correspond à une retranscription de la communication présentée par Stéphane Pirson au cours du Congrès Préhistorique de France de 2016, remaniée et enrichie avec la collaboration de Paul Haesaerts, Paolo Spagna et Erik Meijs.

INTRODUCTION

En Moyenne Belgique, la séquence du Pléistocène moyen récent combine dépôts éoliens et nappes alluviales. Elle est surtout bien documentée dans le bassin de la Haine (Cahen et Haesaerts, 1983; Cahen *et al.*, 1985; Haesaerts *et al.*, ce volume) et sur le bord occidental du bassin de la Meuse (Pissart, 1974; Paepe et Vanhoorne, 1976; Meijs, 2002). Ces dépôts se rapportent aux stades isotopiques marins (SIM) 14 à 6. Les contextes lœssiques seront d'abord présentés, puis les enregistrements alluviaux, et pour terminer les rares exemples en contexte karstique. Dans bien des cas, le cadre chronostratigraphique des séquences considérées demeure relativement imprécis car le corpus de sites datés par des méthodes radiométriques est très restreint (Di Modica et Pirson, 2016).

LE CONTEXTE LÆSSIQUE

Pour les lœss, l'essentiel des données relatives au Pléistocène moyen provient de la région de la Basse Meuse, entre Liège et Maastricht. Il s'agit de longs profils et d'épaisses séquences lœssiques qui mettent en évidence des cyclicités entre les dépôts éoliens et des paléosols de rang interglaciaire, le tout en relation avec les terrasses de la Meuse. Les principales coupes étudiées se situent le long du Canal Albert (Meijs, 2002; Meijs *et al.*, 2012) et dans la carrière de Romont (Juvigné *et al.*, 2008).

L'ensemble de la séquence lœssique comprend cinq grandes phases d'accumulation éolienne séparées par des paléosols, numérotées de A (la plus récente, le Weichselien) à E (fig. 1). Comme il existe très peu de données géochronologiques, le contexte chronostratigraphique est donc établi par «comptage à partir du sommet» des séquences lœssiques et des paléosols de rang interglaciaire (Meijs, 2002). L'ensemble des dépôts et paléosols, depuis le sommet du Sol de Dousberg (un sol lessivé brun rougeâtre attribué au SIM 13) jusqu'au Pédocomplexe de Rocourt (SIM 5), est regroupé dans la Formation de Veldwezelt appartenant au Groupe de Romont (Haesaerts *et al.*, 2011).

Le Sol de Pottenberg, rapporté au SIM 11, est un sol brun lessivé marqué par des illuviations violettes très caractéristiques. Juste au-dessus du Sol de Pottenberg, dans un contexte début glaciaire, se forme un podzol (*Wolder Podsol*) au sommet de sables de couverture.

Le Sol de Montenaken, attribué au SIM 9, est un sol brun lessivé glossique. Il est également recouvert par des sables de couverture affectés par un podzol (*Vroenhoven podsol*) et un petit horizon humifère de type steppique (*Montenaken Humic Horizon*). À la base des lœss C, on observe des lœss argileux avec cryoturbations très marquées, qui constituent un des marqueurs d'extension régionale. La phase lœssique du SIM 8 est développée localement; elle comporte des lœss argileux incluant trois gleys de toundra, puis des lœss laminés fortement cryoturbés, et enfin des lœss plus homogènes (Meijs, 2002).

Le Sol de Hees, attribué au SIM 7, est également un sol brun lessivé glossique. Il est surmonté par un horizon humifère (*Hees Humic Horizon*), dont il est séparé par une phase d'érosion.

Pendant la première moitié du SIM 6, se déposent d'épais lœss calcaires à gleys de toundra (*Nafsboden*, cf. Gullentops, 1954) associés à de grandes fentes de gel de type coins de glace (fig. 2, B-lœss inférieur). Au cours de la seconde partie du SIM 6, une phase d'érosion importante est responsable de la formation de dépressions comblées par des limons et des sables ruisselés, lesquels sont surmontés par une dernière génération d'apports lœssiques (B-lœss supérieur). La séquence se termine avec le Pédocomplexe de Rocourt daté du SIM 5 (Haesaerts *et al.*, 1999; Haesaerts *et al.*, 2016).

Il paraît important de souligner ici l'apport des études minéralogiques sur les séquences lœssiques en Belgique et aux Pays-Bas. Depuis les années 1950,

plusieurs auteurs ont mis en évidence des fluctuations stratigraphiques des teneurs en amphiboles vertes au cours du temps (Gullentops, 1954; Juvigné, 1976; Balescu et Haesaerts, 1984; Balescu, 1988; Meijs, 2002; Pirson, 2007; Spagna *et al.*, 2015; Pirson *et al.*, 2018). A partir du milieu des années 1980, les études minéralogiques font apparaître une rupture majeure au niveau des sources des sédiments lœssiques à la transition entre le SIM 7 et le SIM 6 (fig. 2, base de B-lœss inférieur). En effet, à partir du SIM 6, les teneurs en amphiboles vertes sont élevées (de l'ordre de 10 à 30 %, avec une moyenne autour de 20 % : Pirson *et al.*, 2018), alors que dans les dépôts antérieurs, les teneurs sont nettement moins importantes (le plus souvent inférieures à 3 % : fig. 2).

Par ailleurs, les lœss de la fin du SIM 6 (B-lœss supérieur) présentent à nouveau des teneurs en amphiboles vertes significativement inférieures à celles des lœss sous-jacents (B-lœss inférieur). Cette différenciation constitue donc un second marqueur chronostratigraphique intéressant, notamment pour les sites archéologiques de cette partie de la séquence saalienne (Collette *et al.*, 2014; Spagna *et al.*, 2015). Cette dichotomie peut aussi être utilisée pour les sédiments lœssiques piégés dans les grottes (Pirson, 2011; Pirson *et al.*, 2014).

Dans les autres régions de Belgique, on dispose de très peu de données pour les lœss du Pléistocène moyen. Récemment, dans le bassin de la Haine, P. Haesaerts et P. Spagna ont observé une succession de 3 paléosols interglaciaires sous-jacente au Pédocomplexe de Rocourt, comparable à celle enregistrée à Cagny-La Garenne dans la Somme (Haesaerts et Dupuis, 1986; Haesaerts *et al.*, ce volume), mais aussi à Étricourt-Manancourt dans le Nord de la France (Coutard *et al.*, ce volume).

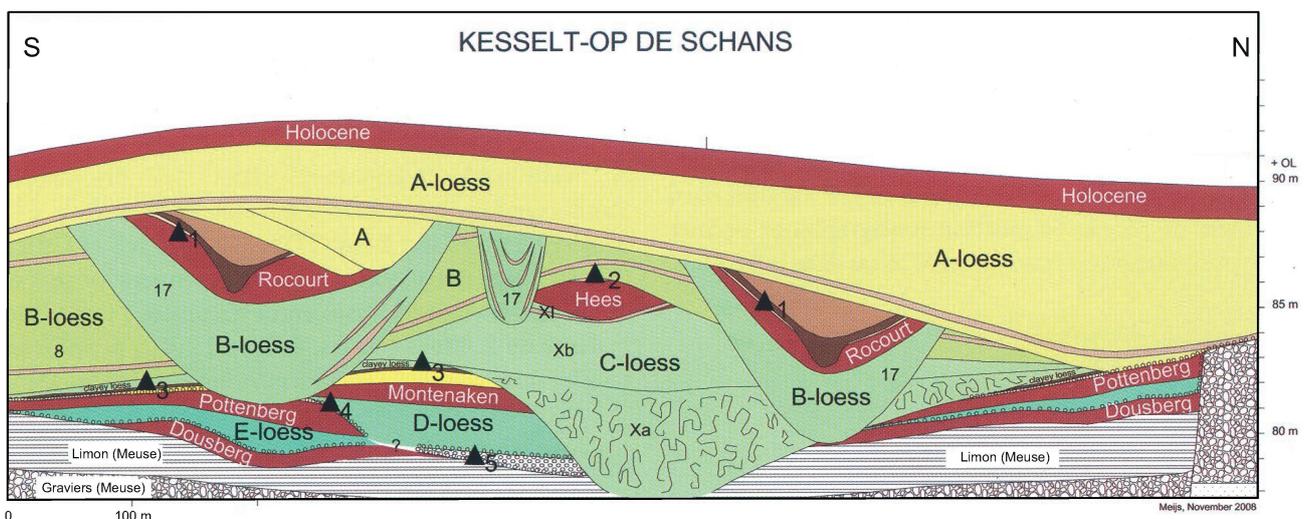


Fig. 1 – Les lœss et les paléosols de la séquence de Kesselt-Op de Schans, rapportés aux terrasses de la Meuse et aux stades isotopiques marins (modifié d'après Meijs, 2002; Meijs *et al.*, 2012). A-Lœss : Maasmechelen (SIM 2 à 4); B-Loess : Eisdan Lanklaar/Gronsveld (SIM 6); C-loess : Caberg-3 (SIM 8); D-loess : Caberg-2 (SIM 10); E-loess : Caberg-1 (SIM 12). Triangles noirs (1 à 5) : matériel paléolithique.

Fig. 1 – The loess deposits and palaeosols of the Kesselt-Op de Schans record, and their relations with the Meuse terraces and the marine isotopic stages (modified from Meijs, 2002; Meijs *et al.*, 2012). A-Loess: Eisdan Lanklaar/Gronsveld (MIS 2 to 4); B-Loess: Eisdan Lanklaar/Gronsveld (MIS 6); C-loess: Caberg-3 (MIS 8); D-loess: Caberg-2 (MIS 10); E-loess: Caberg-1 (MIS 12). Black triangles (1 to 5): Palaeolithic occurrences.

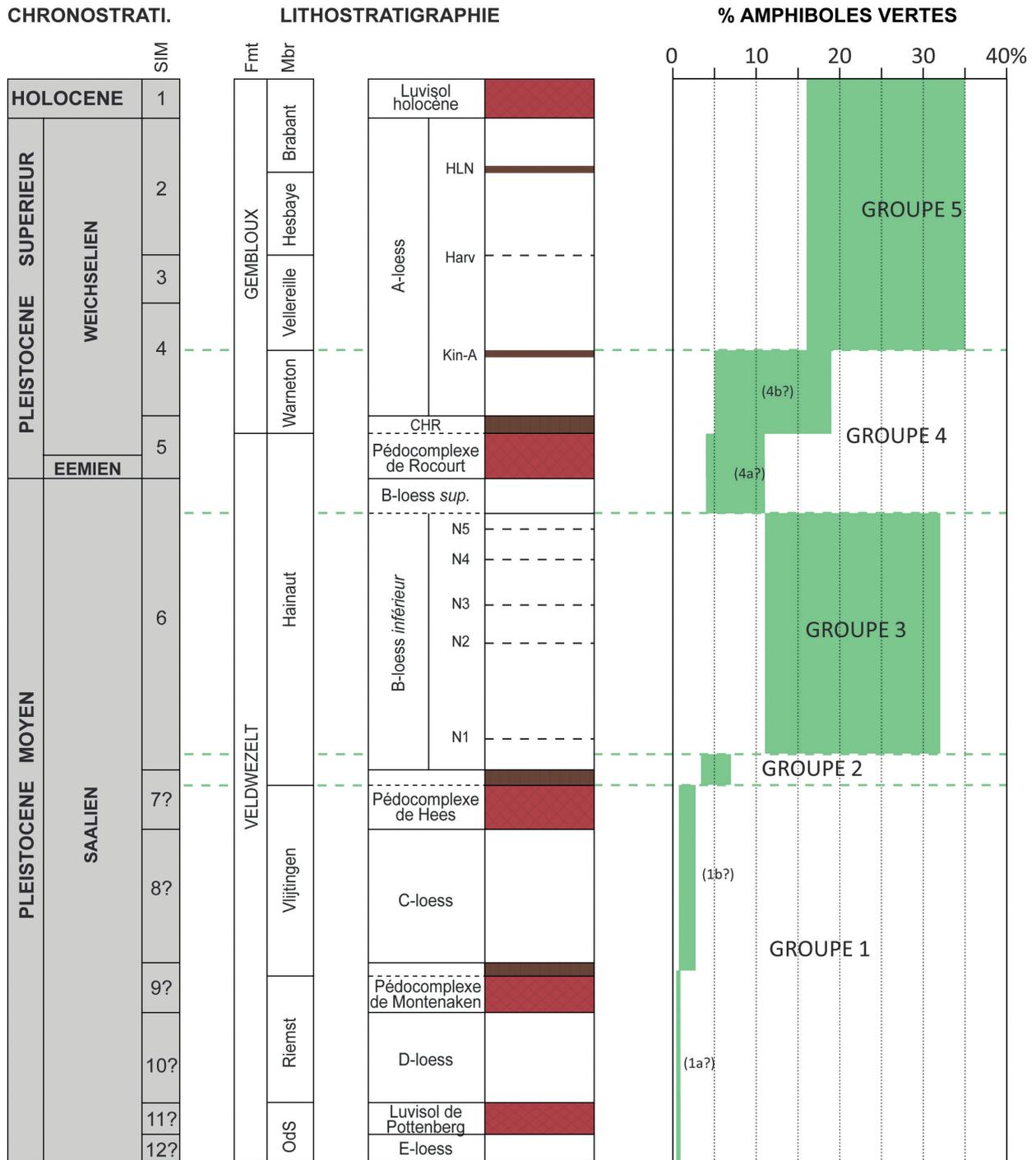


Fig. 2 – Cadre chronostratigraphique et lithostratigraphique des dépôts loessiques du bassin mosan, et synthèse de l'évolution de leurs teneurs en amphiboles vertes basée sur l'ensemble des données disponibles (modifié d'après Pirson *et al.*, 2018).

Abréviations. OdS : Op de Schans; HLN : Horizon à Langues de Nagelbeek; Harv. : Sol d'Harveng; Kin-A : Sol de Kincamp-A; CHR : Complexe Humifère de Remicourt; N1 à N5 : Nassboden 1 à 5.

Fig. 2 – Chronostratigraphic and lithostratigraphic framework of the loess deposits in the Meuse Basin, and their green amphibole contents evolution, based on published data (modified from Pirson *et al.*, 2018).

Abbreviations. OdS: Op de Schans; HLN: Nagelbeek Tongued Horizon; Harv: Harveng Soil; Kin-A: Kincamp-A Soil; CHR: Humiferous Complex of Remicourt; N1 to N5: Nassboden 1 to 5.

Chrono-stratigraphie	Unités lithostratigraphiques des loess de Belgique (Haesaerts et al., 2011)			Terrasses de la Haine (Haesaerts et al., ce volume)	SIM	Archéologie	
130 ka	PLEIST. SUP	EEMIEN	Hainaut Member	Rocourt Pedocomplex (Sol d'Harmignies)	5e	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Terrasse fluviatile ■ Séquence loessique ● Site en grotte × Age minimum 	
				B-Loess			Terrasse de Hélin
191 ka	PLEISTOCENE MOYEN	SAALIEN	Group de Romont Formation de Veldwezelt	Hees Pedocomplex	7	<ul style="list-style-type: none"> ■ Op de Schans-2 ■ Nelissen-A1 	
243 ka				C-Loess	Terrasse du Fief	8	
277 ka				Montenaken Pedocomplex	Terrasse de Mesvin	9	<ul style="list-style-type: none"> ■ Op de Schans-3
337 ka				D-Loess		10	<ul style="list-style-type: none"> ▲▲▲ Mesvin (+ sites associés)
374 ka	PLEISTOCENE MOYEN	HOL.	Riemst Mb	Pottenberg Pedocomplex	11	<ul style="list-style-type: none"> ■ Op de Schans-5+ 4 	
424 ka				E-Loess	Terrasse de Petit-Spiennes	12	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Petit-Spiennes
533 ka	CROMERIEN	ELST.	OD Schans Mb	Dousberg Pedocomplex	13	<ul style="list-style-type: none"> ● Grotte de la Belle-Roche (?) 	
					Terrasse de Pa d'la l'iau	14	<ul style="list-style-type: none"> ▲ Pa d'la l'iau

Fig. 3 – Position chronostratigraphique des sites paléolithiques connus pour le Pléistocène moyen récent en Belgique (modifié d'après Pirson et Di Modica, 2011, Di Modica *et al.*, 2016 et Di Modica et Pirson, 2016). Seuls les sites avec des données chronostratigraphiques suffisamment précises ont été pris en compte (voir Pirson et Di Modica, 2011). La nomenclature des SIM et leurs âges sont repris de Cohen et Gibbard (2011).

Fig. 3 – Chronostratigraphic distribution of the Palaeolithic sites known in the late Middle Pleistocene from Belgium (modified after Pirson et Di Modica, 2011, Di Modica *et al.*, 2016 and Di Modica et Pirson, 2016). Only the sites with accurate chronostratigraphic data have been considered (see Pirson et Di Modica, 2011). The MIS nomenclature and their ages are from Cohen and Gibbard (2011).

Plusieurs sites archéologiques sont documentés dans les séquences loessiques du Pléistocène moyen récent, dont une dizaine bien positionnés d'un point de vue chronostratigraphique (fig. 3; Pirson et Di Modica, 2011; Di Modica *et al.*, 2016; Di Modica et Pirson, 2016).

LES DÉPÔTS ALLUVIAUX

Pour le contexte fluviatile, la séquence la plus complète et la plus intéressante d'un point de vue archéologique est constituée par les nappes étagées de la Haine, dans la région de Mons (Cahen et Haesaerts, 1983; Cahen *et al.*, 1984, 1985; Pirson et Di Modica, 2011; Di Modica *et al.*, 2016; Di Modica et Pirson, 2016; fig. 3). Ces dépôts fluviatiles sont connus depuis le XIX^e siècle (Briart *et al.*, 1868). Dans les années 1970 et 1980, les travaux du gazoduc ont permis de reconnaître une succession de quatre nappes antérieures aux graviers de fond de vallée (Haesaerts, 1978; Cahen et Haesaerts, 1983) : les nappes du Pa d'la l'iau, de Petit-Spiennes, de Mesvin et le cailloutis de la Carrière Hélin (fig. 4a). Jusqu'il y a peu, cette succession mise

en parallèle avec les nappes de la Somme était attribuée à une période allant du SIM 12 au SIM 6 (Cahen *et al.*, 1985; Haesaerts et Dupuis, 1986; Pirson et Di Modica, 2011), prenant notamment en compte les âges des séries de l'uranium sur les ossements rapportés à la nappe de Mesvin (Cahen *et al.*, 1984).

Récemment, un nouveau cycle (nappe du Fief) est venu s'intercaler entre Mesvin et la Carrière Hélin (fig. 4b), ce qui a conduit à rapporter les trois nappes supérieures et leur matériel archéologique aux SIM 9 à 14 (Haesaerts *et al.*, ce volume). Par ce biais, les relations furent également renforcées entre les nappes de la Haine, le secteur principal du bassin de l'Escaut (Tavernier et De Moor, 1974) et le bassin de la Somme (Antoine *et al.*, 2003; Bahain *et al.*, 2007).

Les terrasses de la Meuse ont fait l'objet de nombreux travaux (Clairbois, 1959; Pissart, 1974; Felder et Bosch, 1989; Juvigné et Renard, 1992; Meijs 2002; Meijs *et al.* 2012). Un ensemble de plus de 8 terrasses étagées a été décrit dans un méandre abandonné de la Meuse vers Maastricht. Un certain nombre de problèmes de corrélations et de datations persistent avec des interprétations différentes selon les auteurs (tabl. 1).

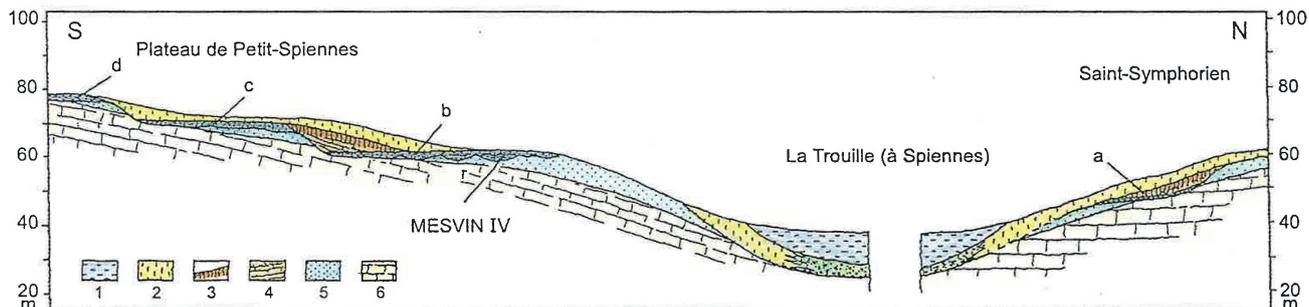


Fig. 4a – La séquence initiale des nappes de la Haine (Haesaerts, 1978; Cahen et Haesaerts, 1983; Cahen *et al.*, 1985; Haesaerts et Dupuis, 1986); a : cailloutis inférieur de la Carrière Hélin (SIM 7a et 7b); b : nappe de Mesvin (SIM 7c et 8); c : nappe de Petit-Spiennes (SIM 9 et 10); d : nappe du Pa d'la l'iau (SIM 11 et 12). Symboles graphiques; 1 : argile; 2 : loess; 3 : horizon illuvié; 4 : limon sableux; 5 : sable (Thanétien); 6 : craie (Crétacé).

Fig. 4a – The classic Haine Terrace séquence (Haesaerts, 1978; Cahen et Haesaerts, 1983; Cahen *et al.*, 1985; Haesaerts et Dupuis, 1986); a : Hélin Quarry, basal gravel (MIS 7a - 7b); b : Mesvin (MIS 7c - 8); c : Petit-Spiennes (MIS 9 - 10); d : Pas d'la l'iau (MIS 11 - 12). Graphic Symbols; 1 : clay; 2 : loess; 3 : illuviated horizon; 4 : sandy loam; 5 : sand (Thanetian); 6 : chalk (Cretaceous).

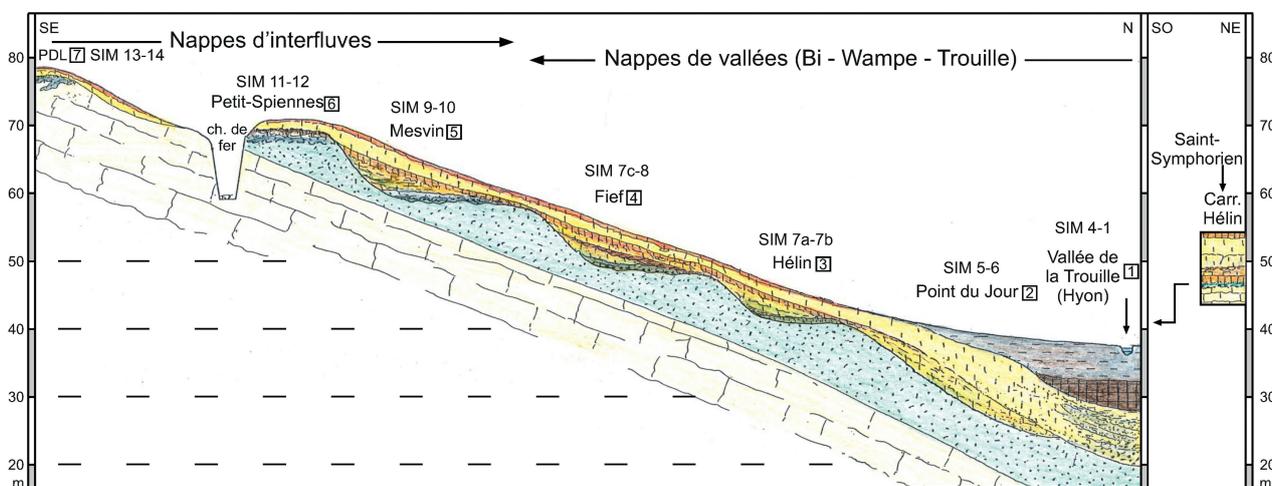


Fig. 4b – La séquence des nappes de la Haine revisitée (Haesaerts *et al.*, ce volume).

Fig. 4b – The revised Haine Terrace séquence (Haesaerts *et al.*, this volume).

LE CONTEXTE KARSTIQUE

Contrairement au Pléistocène supérieur, qui a livré de nombreuses séquences en contexte d'entrée de grotte riches en matériel paléolithique, le Pléistocène moyen n'est représenté que dans de rares séquences karstiques (Otte, 1979; Pirson, 2007; Toussaint et Pirson, 2007; Pirson et Di Modica, 2011; Di Modica *et al.*, 2016).

Un seul site, la grotte Walou, est clairement attribuable en partie au Saalien (sensu Cohen et Gibbard, 2011 : SIM 10 à 6). En dessous d'un pédocomplexe positionné dans le SIM 5 sur base de nombreuses données (pédostratigraphie, micromorphologie, paléontologie, datations, présence du Téphra de Rocourt), sont présents des dépôts loessiques qui peuvent indubitablement être attribués au SIM 6 (unité DI; Pirson *et al.* 2006; Pirson 2007, 2011; Spagna *et al.* 2015; fig. 3). La base de la séquence limoneuse, qui contient du matériel archéologique, présente des teneurs en amphiboles vertes de l'ordre de 6 %, qui renvoient en

effet à la base ou au sommet du SIM 6 (fig. 2, groupes 2 ou 4 de Pirson *et al.*, 2018).

Avant le Saalien, seule la grotte de la Belle-Roche a livré une séquence sédimentaire bien documentée par des études interdisciplinaires, et positionnée aux environs des SIM 11-15 sur base de données biostratigraphiques, de datations U-Th sur spéléothème et de mesures de concentrations de ^{10}Be cosmogénique produites *in situ* (Cordy *et al.*, 1993; Rixhon *et al.*, 2014). Du matériel archéologique a été découvert dans cette séquence mais son authenticité a été mise en doute (cf. synthèse dans Di Modica et Pirson, 2016).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Beaucoup reste à faire afin de mieux connaître le Pléistocène moyen en Belgique. Quel que soit l'environnement sédimentaire concerné, les séquences épaisses et bien documentées sont assez peu nombreuses. Un des objectifs est d'affiner les

Terrasses	Felder & Bosch, 1989	Van den Berg, 1996	Alt. graviers (Meijs et al., 2012)		Terrasses (Meijs et al., 2012)	Chrono-stratigraphie (Meijs et al., 2012)
			Base (m)	Sommet (m)		
Alt. graviers (Maastricht)	Base graviers (m)	Sommet graviers (m)	Base (m)	Sommet (m)		
Maasmechelen/Maarland	39.3	51.3 (MIS 2-4)			Maasmechelen/Maarland	MIS 2-4
Eisden-Lanklaar/Gronsveld	44.3	54.3 (MIS 6)			Eisden-Lanklaar/Gronsveld	MIS 6
Caberg	49.3		49	59	Belvédère	MIS 8
Caberg-3		59.3 (MIS 8)				
Caberg-2		65.3 (MIS 10)	59 (estim.)	65.3	Caberg-2 (non présent)	MIS 10
Caberg-1		72.3 (MIS 12)	64	72	Vroenhoven (= Rothem-2; Felder & Bosch, 1989)	MIS 12
Rothem-2	67.3	78.3 (MIS 14)	72	78	Kesselt (= Rothem-1 Felder & Bosch, 1989)	MIS 14
Rothem-1	72.3	83.8 (MIS 16)	78	87	Hazendans	MIS 16
Gravenvoeren (Van den Berg)		88.3 (MIS 18)				
Gravenvoeren (Felder & Bosch)	87.3		88	92	Dousberg	MIS 18
Pietersberg-3		99.8 (MIS 20)			(Pietersberg-3)	MIS 20
Pietersberg-2	97.3	106.8 (MIS 22)	97		Pietersberg-2	MIS 22

Tabl. 1 – Les terrasses de la Meuse aux environs de Maastricht (modifié d'après Meijs et al., 2012).
Table 1 – The Meuse terraces near Maastricht (modified from Meijs et al., 2012).

corrélations régionales, en particulier dans le domaine lœssique où peu d'études micromorphologiques concernent le Pléistocène moyen. De même, des données géochronologiques complémentaires seraient souhaitables afin de vérifier ou de tester certains schémas corrélatifs. C'est le cas en particulier du schéma issu de la relecture des nappes de la Haine et de leurs dépôts de couverture, lequel vieillit quelque peu les assemblages Levallois de Mesvin et de Petit-Spiennes, mais s'inscrit néanmoins en bon accord avec les données de la séquence de la Somme (Haesaerts et al., ce volume). De plus, ce schéma démontre à nouveau le caractère «dédoublé» du SIM 7 (Haesaerts et Dupuis 1986; Antoine et al., 1994; Bahain et al. 2007), ce qui n'est pas sans conséquences pour l'approche chronologique des loess du bassin de la Meuse et leur positionnement par rapport aux stades isoto-

piques (fig. 2). Dans ce contexte, les travaux en cours sur la signature minéralogique des dépôts lœssiques devraient permettre d'affiner les corrélations entre l'est et l'ouest de la Belgique, entre la Belgique et le Nord de la France, et à terme avec l'Allemagne. Tout ceci a bien entendu des implications importantes pour l'archéologie et les occupations humaines, mais aussi quant à l'évolution des réseaux hydrographiques du bassin méridional de la mer du Nord au cours du Pléistocène Moyen. ■

Remerciements : les auteurs tiennent à remercier Sylvie Coutard pour des discussions fructueuses, ainsi que Jean-Jacques Bahain et un relecteur anonyme pour leurs remarques constructives qui ont permis d'améliorer ce manuscrit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ANTOINE P., AUGUSTE P., BAHAIN J.-J., COUDRET P., DEPAEPE P., FAGNART J.-P., FALGUÈRES C., FONTUGNE M., FRECHEN M., HATTÉ C., LAMOTTE A., LAURENT M., LIMONDIN-LOZOUET N., LOCHT J.-L., MERCIER N., MOIGNE A., MUNAUT A., PONEL P., ROUSSEAU D.-D. (2003) – Paléoenvironnements pléistocènes et peuplements paléolithiques dans le bassin de la Somme (Nord de la France), *Bulletin de la Société préhistorique française*, 100, 1, p. 5-28.
- ANTOINE P., MUNAUT A.-V., SOMMÉ J. (1994) – Réponse des environnements aux climats du début glaciaire weichsélien : données de la France du Nord-Ouest, *Quaternaire*, 5, 3-4, p. 151-156.
- BAHAIN J.-J., FALGUÈRES C., LAURENT M., VOINCHET P., DOLO J.-M., ANTOINE P., TUFFREAU A. (2007) – ESR chronology of the Somme River Terraces system and of the first human settlements of Northern France, *Quaternary Geochronology*, 2, p. 356-362.
- BALESCU S. (1988) – *Apports de la thermoluminescence à la stratigraphie et à la sédimentologie des loess saaliens du NW de l'Europe*, thèse de doctorat, Université Libre de Bruxelles, Bruxelles, 2 volumes, 199 p. et 144 p.
- BALESCU S., HAESAERTS P. (1984) – The Sangatte raised beach and the age of the opening of the Strait of Dover, *Geologie en Mijnbouw*, 63, p. 355-362.
- BRIART A., CORNET F.-L., HOUZEAU DE LEHAIE A. (1868) – Rapport sur les découvertes géologiques et archéologiques faites à Spiennes en 1867, *Mémoires et publications de la Société des Sciences, des Arts et des Lettres du Hainaut*, troisième série, tome 2, année 1866-1867, p. 355-398.
- CAHEN D., HAESAERTS P. (1983) – Aperçu des industries préhistoriques et de leur contexte stratigraphique aux environs de Mons, *in*

- D. Cahen (dir.), *Découvertes Récentes de Paléolithique Inférieur et Moyen en Europe du Nord-Ouest*, Studia Praehistorica Belgica 3, Tervuren, p. 59-73.
- CAHEN D., HAESAERTS P., SCABO B., VAN NEER W., WANET P. (1984) – An early middle palaeolithic site at Mesvin IV (Mons, Belgium). Its significance for stratigraphy and palaeontology, *Bulletin de l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, Sciences de la Terre*, 55, 5, p. 1-20.
- CAHEN D., HAESAERTS P., WATTEYNE D. (1985) – La nappe alluviale de Petit-Spiennes et le début du débitage Levallois dans la vallée de la Haine, *Archaeologia Belgica*, 1, p. 7-16.
- CLAIRBOIS A. M. (1959) – L'évolution du cours de la Meuse entre Liège et Anseremme au cours du Quaternaire, *Annales de la Société géologique de Belgique*, 82, p. 213-234.
- COHEN K.M., GIBBARD P. (2011) – *Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years (v. 2010)*. Subcommission on Quaternary Stratigraphy (International Commission on Stratigraphy), Cambridge, England.
- COLLETTE O., GOEMAERE É., PACYNAD., PIRSON S., SPAGNA P. (2014) – Earth sciences in Walloon archaeology: four examples of co-operation, *European Geologist*, 38, p. 9-13.
- CORDY J.-M., BASTIN B., FAIRON-DEMARET M., EK C., GEERAERTS R., GROESSENS-VAN DYCK M.-C., OZER A., PEUCHOT R., QUINIF Y., THOREZ J., ULRIX-CLOSSET M. (1993) – La grotte de la Belle Roche (Sprimont, Province de Liège) : un gisement paléontologique et archéologique d'exception au Benelux, *Académie royale de Belgique. Bulletin de la Classe des Sciences*, 6^e série, 4, p. 165-186.
- COUTARD S., ANTOINE P., DESCHODT L., JAMET G., PAWLEY S. (ce volume) – Stratigraphie et chronologie des formations saaliennes (SIM 10-6) du Nord de la France, un cadre pour l'étude des occupations paléolithiques.
- DI MODICA K., PIRSON S. (2016) – The Lower to Middle Palaeolithic transition and the onset of prepared-core technologies in Belgium, *Quaternary International*, 411, Part B, p. 95-107.
- DI MODICA K., TOUSSAINT M., ABRAMS G., PIRSON S. (2016) – The Middle Palaeolithic from Belgium: Chronostratigraphy, territorial management and culture on a mosaic of contrasting environments, *Quaternary International*, 411 (part A), p. 77-106.
- FELDER W.M., BOSCH P.W. (1989) – *Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving, Afzettingen van de Maas*, Rijks Geologische Dienst Heerlen.
- GULLENTOPS F. (1954) – *Contribution à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique*, Mémoires de l'Institut géologique de l'Université de Louvain, 18, p. 125-252.
- HAESAERTS P. (1978) – Contexte stratigraphique de quelques gisements paléolithiques de plein air de Moyenne Belgique, *Bulletin de la Société belge d'Anthropologie et de Préhistoire*, Bruxelles, 89, p. 115-133.
- HAESAERTS P., DUPUIS C. (1986) – Contribution à la stratigraphie des nappes alluviales de la Somme et de l'Avre dans la région d'Amiens, in A. Tuffreau et J. Sommé (dir.), *Chronostratigraphie et faciès culturels du Paléolithique inférieur et moyen dans l'Europe du Nord-Ouest, actes du colloque international organisé à Lille (4-6 septembre 1984), 22^e Congrès Préhistorique de France*, Bulletin de l'Association française pour l'Etude du Quaternaire, 26, p. 89-102.
- HAESAERTS P., MESTDAGH H., BOSQUET D. (1999) – The sequence of Remicourt (Hesbaye, Belgium): new insights on the pedo- and chronostratigraphy of the Rocourt Soil, in C. Baeteman (dir.), *Quaternary geology of Belgium, new perspectives*, *Geologica Belgica*, Bruxelles, 2 (1-2), p. 5-27.
- HAESAERTS P., PIRSON S., MEIJS E. (2011) – Romont Group, in National Commission for Stratigraphy in Belgium (ed.), *Quaternary lithostratigraphic units (Belgium)*. <http://ncs.naturalsciences.be/quaternary/lithostratigraphy>
- HAESAERTS P., DAMBLON F., GERASIMENKO N., SPAGNA P., PIRSON S. (2016) – The Late Pleistocene loess-palaeosol record of Middle Belgium, *Quaternary International*, 111, p. 25-43.
- HAESAERTS P., DUPUIS C., SPAGNA P., DAMBLON F., LAVACHERY P., JADIN I., PIRSON S., BOSQUET D. (ce volume) – Révision du cadre chronostratigraphique des assemblages Levallois issus de nappes alluviales du bassin de la Haine (Belgique).
- JUVIGNÉ E. (1976) – *Contribution à la connaissance de la stratigraphie du Quaternaire par l'étude des minéraux denses transparents de l'Eifel au Massif Central français et plus particulièrement en Belgique*, thèse de doctorat, université de Liège, Laboratoire de Géologie et de Géographie physique, Liège, 232 p.
- JUVIGNÉ E., RENARD F. (1992) – Les terrasses de la Meuse de Liège à Maastricht, *Annales de la Société géologique de Belgique*, 115 (1), p. 167-186.
- JUVIGNÉ E., TALLIER E., HAESAERTS P., PIRSON S. (2008) – Un nouveau stratotype du Téphra de Rocourt dans la carrière de Romont (Eben/Bassenge, Belgique), *Quaternaire*, 19, p. 133-139.
- MEIJS E.P.M. (2002) – Loess stratigraphy in Dutch and Belgian Limburg, *Eiszeitalter und Gegenwart*, Stuttgart, 51, p. 114-130.
- MEIJS E.P.M., VAN PEER P., DE WARRIMONT J.-P. (2012) – Geomorphologic context and proposed chronostratigraphic position of Lower Palaeolithic artefacts from the Op de Schans pit near Kesselt (Belgium) to the west of Maastricht, *Netherlands Journal of Geosciences, Geologie en Mijnbouw*, 91 (1/2), p. 137-157.
- OTTE, M. (1979) – *Le Paléolithique supérieur ancien en Belgique, Monographies d'Archéologie nationale*, 5, Bruxelles, Musées royaux d'Art et d'Histoire, 684 p.
- PAEPE R., VANHOORNE R. (1976) – *The Quaternary of Belgium and its relationship to the stratigraphical legend of the geological map*, Mémoires pour servir à l'explication des cartes géologiques et minières, 18, Service géologique de Belgique, Bruxelles, 38 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, Liège, 435 p.
- PIRSON S. (2011) – Contextes paléoenvironnemental et chronostratigraphique du remplissage de la grotte Walou : apport de la géologie et comparaison avec les autres disciplines, in S. Pirson, C. Draily et M. Toussaint (dir.), *La grotte Walou à Trooz (Belgique). Fouilles de 1996 à 2004, Les sciences de la terre*, vol. 1, Service public de Wallonie, Namur (Études et Documents, Archéologie, 20), p. 170-201.
- PIRSON S., COURT-PICON M., DAMBLON F., BALESU S., BONJEAN D., HAESAERTS P. (2014) – The palaeoenvironmental context and chronostratigraphic framework of the Scladina Cave sedimentary sequence (units 5 to 3-SUP), in M. Toussaint and D. Bonjean (édit.), *The Scladina I-4A Juvenile Neandertal (Andenne, Belgium). Palaeoanthropology and Context*. Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège (ERAUL, 134), p. 69-92.
- PIRSON S., DI MODICA K. (2011) – Position chronostratigraphique des productions lithiques du Paléolithique ancien en Belgique : un état de la question, in M. Toussaint, K. Di Modica et S. Pirson (édit.), *Le Paléolithique moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulix-Closset*, Bulletin de la Société belge d'études géologiques et archéologiques « Les Chercheurs de la Wallonie » (hors-série n° 4) et Études et Recherches archéologiques de l'Université de Liège (ERAUL, 128), p. 105-148.
- PIRSON S., HAESAERTS P., COURT-PICON M., DAMBLON F., TOUSSAINT M., DEBENHAM N., DRAILY C. (2006) – Belgian cave entrance and rock-shelter sequences as palaeoenvironmental data recorders: the example of Walou Cave, *Geologica Belgica*, 9/3-4, p. 275-286.
- PIRSON S., BAELE J.-M., BALESU S., HAESAERTS P., JUVIGNÉ E., MEIJS E.P.M., SPAGNA P. (2018) – Green amphibole distribution as a stratigraphic tool in loess sequences from Belgium: A review. *Quaternary International*, 485, p. 183-198.

PISSART A. (1974) – La Meuse en France et en Belgique. Formation du bassin hydrographique. Les terrasses et leurs enseignements, in P. Macar (éd.), *L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la mer du Nord méridionale*, Liège, Centenaire de la Société géologique de Belgique, p. 105-131.

RIXHON G., BOURLÈS D., BRAUCHER R., SIAME L., CORDY J.-M., DEMOULIN A. (2014) – ^{10}Be dating of the Main Terrace level in the Amblève valley (Ardennes, Belgium) : new age constraint on the archaeological and palaeontological filling of the Belle-Roche palaeokarst, *Boreas*, 43, p. 528-542.

SPAGNA P., HAESAERTS P., PIRSON S. (2015) – La nouvelle séquence de référence des lœss de moyenne Belgique : apports de la minéralogie et implications archéologiques, in C. Frébutte (dir.), *Pré-actes des Journées d'Archéologie en Wallonie, Rochefort 2015*, Namur, Service public de Wallonie (Rapports, Archéologie, 1), p. 19-21.

TAVERNIER R., DE MOOR G. (1974) – L'évolution du bassin de l'Escaut, in P. Macar, *L'évolution quaternaire des bassins fluviaux de la mer du Nord méridionale*. Société géologique de Belgique, Liège, p. 159-232.

TOUSSAINT M., PIRSON S. (2007) – Aperçu historique des recherches concernant l'homme préhistorique dans le karst belge aux XIX^e et XX^e siècles : archéologie, géologie, paléoanthropologie, paléontolo-

gie, datations, in J. Evin (éd.), *Un siècle de construction du discours scientifique en préhistoire, actes du XXVI^e Congrès préhistorique de France (Avignon, 21-25 septembre 2004)*, volume 2, Paris, Société préhistorique française, p. 117-142.

Stéphane PIRSON

Agence wallonne du Patrimoine
Direction d'appui scientifique et technique
1, rue des Brigades d'Irlande, B-5100 Jambes, Belgique
stephane.pirson@awap.be

Erik MEIJS

ArcheoGeolab Veulenerbank 33
NL-6213 JR Maastricht, Pays-Bas
meijs@archeogeolab.nl

Paul HAESAERTS et Paolo SPAGNA

Institut royal des Sciences naturelles de Belgique
Division histoire de la Terre et de la Vie
29, rue Vautier, B-1000 Bruxelles, Belgique
phaesaerts@skynet.be
pspagna@naturalsciences.be
