

Karsts des calcarénites de la carrière du Romont (Eben – Belgique)

LUC WILLEMS, Joël RODET, Camille EK, Stéphane PIRSON et Etienne JUVIGNÉ

RÉSUMÉ

La carrière du Romont (Eben/Bassenge, Basse Meuse liégeoise) recoupe, au fur et à mesure de l'avancée de l'exploitation, un ensemble de karsts développés essentiellement dans les calcarénites crétacées de la Formation de Maastricht. Elle est un lieu privilégié d'étude de la karstification de surface et en profondeur de ces roches à haute porosité. Cette porosité inhibe le développement de grottes fermées au moment de leur exondation. Ces cavités sont recoupées par des racines du manteau d'altération. Le remplissage de celles-ci se déverse partiellement dans les grottes, contribuant à leur préservation dans une roche très friable. Ces racines sont des formes tubulaires d'altération générées par les eaux d'infiltration sous un cailloutis fluvial. Elles peuvent s'enfoncer de plusieurs dizaines de mètres sous la surface, à travers les calcarénites.

MOTS-CLÉS : calcarénite, endokarsts, exokarsts, racine du manteau d'altération, grotte, chenal de voûte, alvéoles.

ABSTRACT

The quarry of Romont (Eben/Bassenge, near the Belgian-Dutch border) intersects many endo and exokarsts developing essentially in coarse chalk (calcarenes) of the Maastricht Formation (Upper Cretaceous). It is an appropriate place to study deep and superficial karstification in highly porous rocks. The porosity partially inhibits the further development of closed caves (endokarsts) after they dewatered. Caves are later filled-up by collapsing or when they are cut by solution pipes (exokarsts), and thus partially sealed and preserved in a soft lithology. These solution pipes are generated under river gravels and can go tens of meters deep through calcarenites.

Keywords : calcarenite, endokarsts, exokarsts, solution pipe, cave, alveoli, roof channel.

Introduction

Depuis 2003, une prospection systématique des craies et calcarénites crétacées de la retombée nord du plateau hesbignon est en cours afin d'évaluer l'importance de la karstification qui affecte ces formations. Des karsts¹ variés ont été répertoriés et présentent notamment l'originalité d'une genèse hors fracturation dans des lithologies à porosité élevée (Willems *et al.*, 2004, 2005a,b, 2007a,b ; Lagrou *et al.*, 2008 ; Rodet *et al.*, 2009).

L'objectif de cet article est de présenter un inventaire des formes trouvées au sein des calcarénites de la carrière du Romont. Les exokarsts sont essentiellement des racines du manteau d'altération (visibles) qui peuvent s'enfoncer à plus de trente mètres sous la surface du plateau. Les endokarsts se composent de vides fermés formant de petites salles mé-

triques arrondies souvent issues de la coalescence d'alvéoles. Parfois, ces cavités s'organisent en drains.

1. Le milieu physique

La carrière du Romont s'ouvre dans la retombée orientale du plateau de Hesbaye, à l'ouest de la vallée du Geer (fig. 1). La description qui suit provient d'un article publié, en 2007, sur les karsts de la Montagne Saint-Pierre, zone située entre le Geer et la Meuse (Willems *et al.*, 2007b) et dont le contexte géologique général reste valable pour le site du Romont.

Les karsts étudiés se développent dans les Formations de Gulpen et de Maastricht (Robaszynski *et al.*, 2001) visibles sur une centaine de mètres d'épaisseur. La partie supérieure du Maastrichtien, la Formation de Maastricht, est constituée de calcarénites macroporées² contenant des silex, et subdi-

¹ Dans cet article, le terme karst est utilisé pour « toute forme de la suite karstique classique où la dissolution a joué un rôle déterminant dans la genèse des morphologies, et ce, quelle que soit la lithologie considérée » (d'après Willems, 2000 ; Willems *et al.*, 2002).

² Correspondant globalement au « tuffeau » de Maastricht.

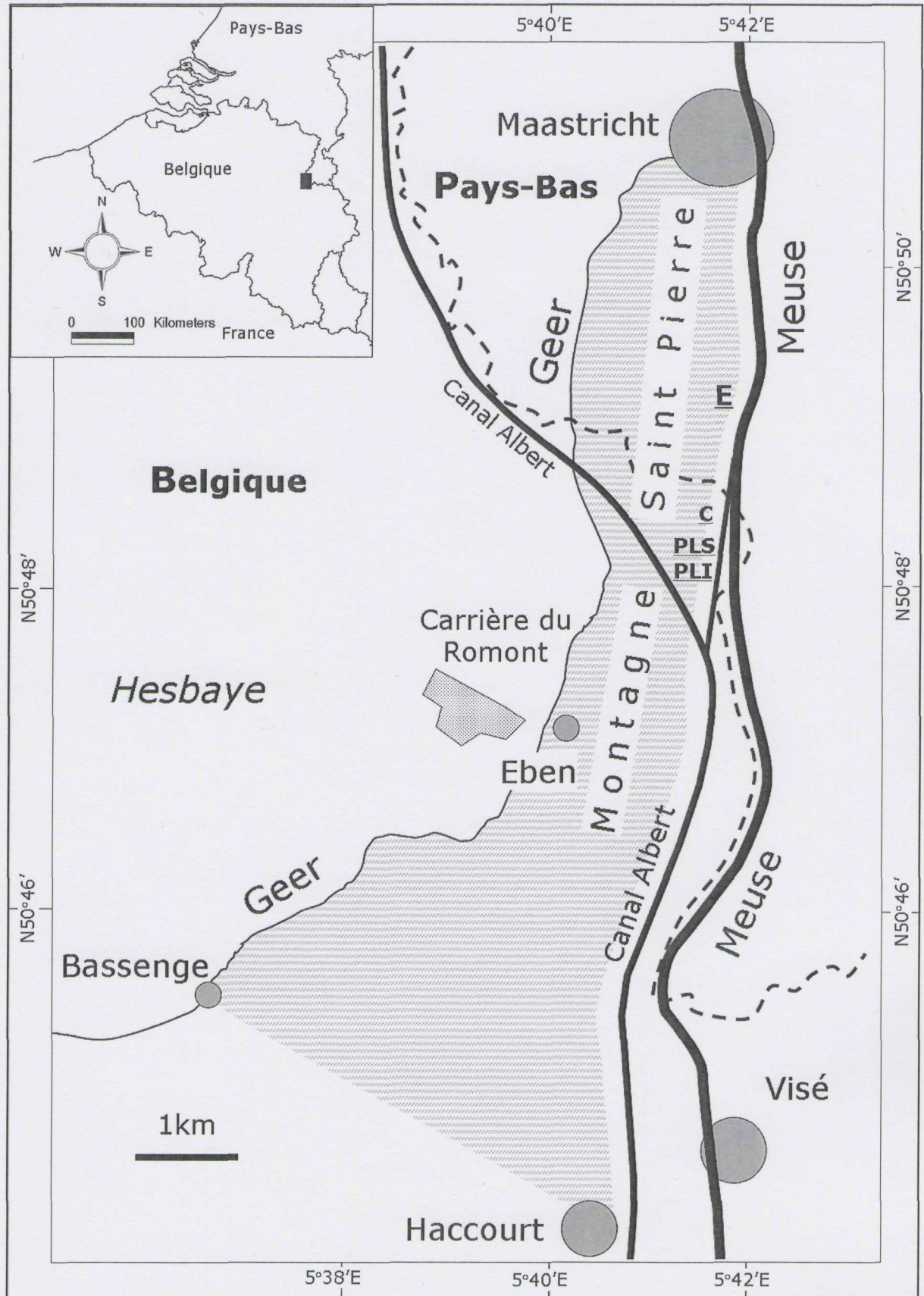


Fig. 1. – Carte de localisation générale. C, PLS, PLI et E, respectivement carrières de Caster, de Petit Lanaye Supérieur, de Petit Lanaye Inférieur et ENCI à Maastricht.

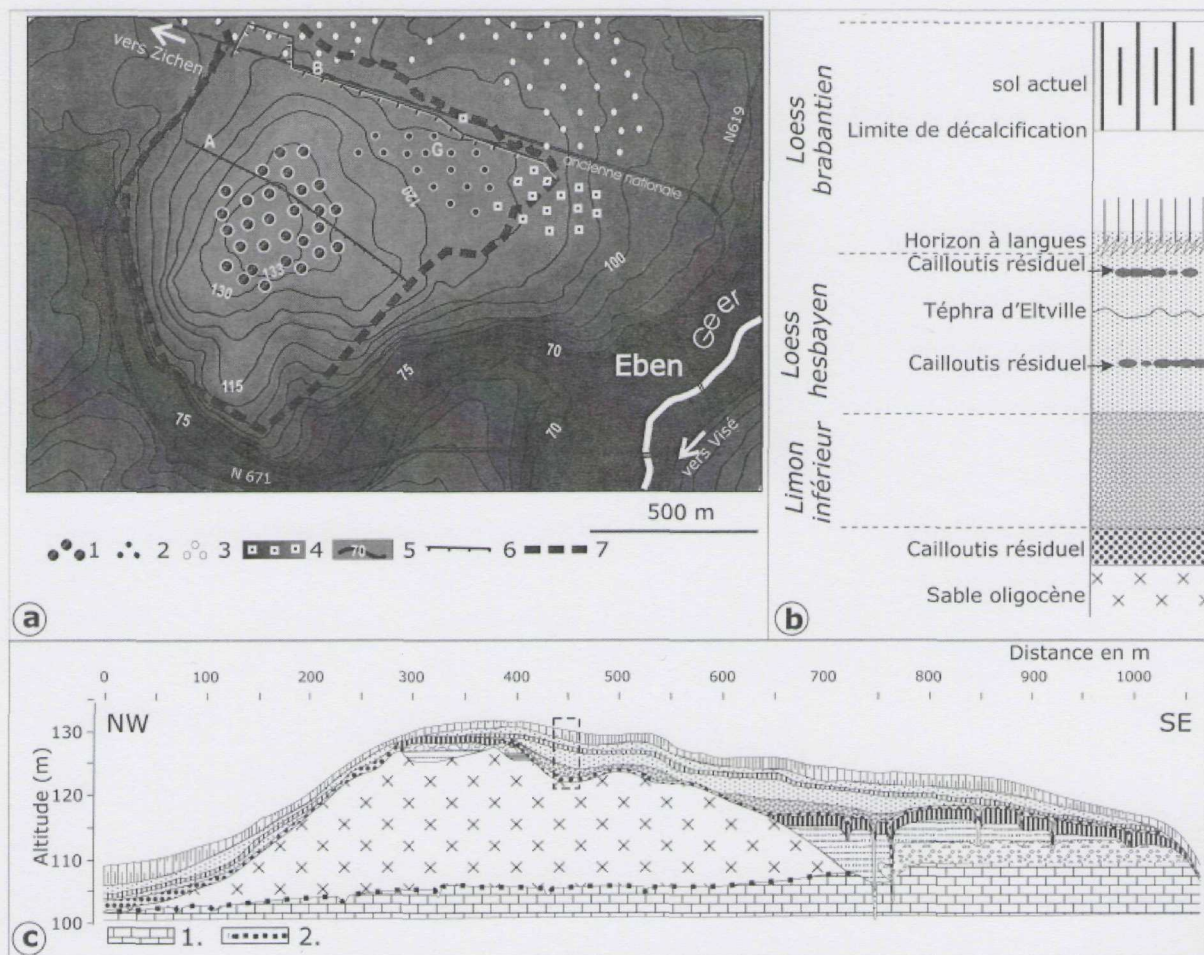


Fig. 2. – a. Site général de la carrière du Romont (modifié, d'après Juvigné, 1992 et Juvigné *et al.*, 2008) ; 1, 2, 3 : terrasses de la Meuse (respectivement WO126, RO109 et ZI91-93 in Juvigné, 1992) ; 4 : terrasse du Geer ; 5 : courbes de niveau (équidistance 5 m) ; 6 : A. front de taille principal en août 1991 décrit par Juvigné (1992) ; B. front de taille principal en 2008 ; 7 : périmètre approximatif exploité de la carrière du Romont en 2008 ; G : zone de la grotte des Deux Albert. b. Stratigraphie des formations postcrétacées (modifié d'après Juvigné, 1992, Juvigné *et al.*, 2008). La terminologie Loess Brabantien et Hesbayen provient de Gullentops, 1954 (voir aussi Pirson *et al.*, 2009). c. Coupe de la colline du Romont le long du front de taille de 1991. 1 : calcarénite crétacée (Formation de Maastricht) ; 2 : silex résiduels. Notez la présence de racines du manteau d'altération (voir texte) sur la partie sud-est de la coupe.

visée par des hardgrounds. La Formation de Gulpen, partie inférieure du Maastrichtien, est essentiellement composée de très fines calcarénites dans sa partie supérieure passant à des craies dans sa partie inférieure, le tout riche en lits de silex. Une craie blanche, très pure, et des marnes imperméables, d'âge campanien, séparent les carbonates maas-trichtiens des calcaires carbonifères sous-jacents, profondément altérés et kaolinisés (Felder & Bosch, 1998). À la surface du Crétacé se sont déposés des sables marins oligocènes — sables tongriens — (Laga *et al.*, 2001) localement préservés dans des dolines présentes au toit des formations carbonatées.

Durant le Pliocène, le réseau hydrographique de la Meuse se met en place et incise progressivement le paysage. Au Pléistocène moyen, la paléo Meuse façonne une plaine alluviale, ancêtre de la haute terrasse qui recouvre les formations les plus anciennes de la Montagne Saint-Pierre. Ces dépôts alluviaux, grossiers, protègent les sables et calcarénites de l'érosion (Juvigné, 1976 ; Willems *et al.*, 2007b). Durant la glaciation du Weichselien, le paysage est recouvert localement par une dizaine de mètres de loess (fig. 2 - b et c) (Haesaerts, 1984).

Tableau 1

Mesure de la porosité de blocs de calcarénites prélevés tout autour des cavités de la zone des Deux Albert (localisation des échantillons sur la fig. 5a).

Echantillons	1	2	3	4	5
Volume de l'échantillon (ml)	1515	1974	2034	1250	2363
poids du bloc saturé (kg)	2,41	3,13	3,51	2,19	3,8
poids du bloc séché (kg)	1,77	2,4	2,68	1,72	2,75
eau libre (g ou ml)	636	738	835	475	1051
% volume global du bloc occupé par l'eau	42%	37%	41%	38%	44%

Plus spécifiquement, pour la carrière du Romont, quatre lambeaux de terrasses mosanes ont été reconnus (Juvigné, 1992), ainsi qu'une ancienne terrasse du Geer (Juvigné *et al.*, 2008) (fig. 2a).

L'analyse de blocs de calcarénites, prélevés autour de la grotte des Deux Albert (tableau 1, voir § 2.2.), montre une roche avec une porosité comprise entre 37 % et 44 %³. Cette porosité peut être plus faible au niveau de *hard-grounds*, mais ces derniers n'influencent pas la localisation des karsts trouvés au Romont.

Dassargues et Monjoie (1993) notent, en Hesbaye, des valeurs de perméabilité comprises entre 10^{-9} m/s à 10^{-4} m/s, respectivement pour les craies et les calcarénites. Des transmissivités de 10^{-4} à 10^{-3} m/s des eaux sont relevées dans la craie qu'ils attribuent à la présence de réseaux de fractures. Par ailleurs, ces auteurs mesurent des vitesses d'écoulement élevées pouvant atteindre de 2,2 à 13 km/jour et souvent sous les vallées sèches hesbignones. Comme le soulignent Willems *et al.* (2007b), ces valeurs sont comparables à celles trouvées dans les aquifères fortement karstifiés (Harold, 1937 ; Atkinson & Smith, 1974 ; Rodet, 1992 ; Maurice *et al.*, 2006). Elles peuvent s'expliquer par des conduits de diamètre centimétrique ou des petites cavités observés dans les galeries de captage (Van Den Broeck *et al.*, 1910 ; Ministère de la Ré-

gion wallonne & Université de Liège, 2006). Les grottes et réseaux en éponges, trouvés dans la Formation de Maastricht, ainsi que les noyaux d'altération profonds, identifiés dans les craies de la Formation de Gulpen, doivent également permettre de telles valeurs d'écoulement (Willems *et al.*, 2007a, b).

2. Karsts de la carrière du Romont

2.1. Les exokarsts

Les exokarsts sont les formes de dissolution dont la genèse prend naissance en surface et s'enfonce dans les formations sous-jacentes. Dans la carrière du Romont, il s'agit essentiellement de racines du manteau d'altération, visibles souvent par dizaines dans le front de taille (fig. 3a), sous les nappes de cailloutis de terrasse.

Ces formes de dissolution sont de véritables tuyaux verticaux dont le diamètre peut varier de quelques centimètres à plusieurs mètres (fig. 3). Elles peuvent descendre de plusieurs dizaines de mètres sous la surface du plateau. L'intérieur de ces racines est constitué des formations superficielles (sables tertiaires, cailloutis fluviatiles, loess) qui s'enfoncent au fur et à mesure du développement de ces karsts (fig. 3 - c, e, f et g). Parfois, la partie inférieure des racines principales se prolonge sous la forme de tubes secondaires verticaux plus petits. Ces derniers sont souvent à l'origine, par coalescence, de « macro racines ». Le point le plus bas d'une racine est souvent composé d'un dépôt brun foncé. Il s'agit d'un résidu

³ Des blocs cubiques de calcarénites d'une quinzaine de cm d'arête ont été plongés pendant 24 h dans de l'eau déminéralisée puis leur poids mesuré. Ensuite, les blocs saturés ont été laissés au dessiccateur à 100 °C pendant 48 h et leur poids à nouveau relevé. La différence entre les deux valeurs correspond aux vides principaux de la roche.

d'altération essentiellement constitué d'éléments siliceux et enrichi en Fe accompagné de quelques silex résiduels fortement altérés (fig. 3f). La transition entre le remplissage de la racine et la roche saine qui l'entoure se réalise sur quelques centimètres. Les racines du manteau d'altération semblent affecter essentiellement la calcarénite et ne présentent que peu ou pas de développement au sein des craies plus fines sous-jacentes, moins poreuses.

Juvigné (1992) signale sommairement, pour la première fois, ces exokarsts sur le site du Romont et note une corrélation entre leur localisation et la présence d'un cailloutis fluviatile coiffant les formations crétacées.

À l'inverse, cet auteur remarque que sous une épaisse couverture sableuse, ces formes sont absentes (fig. 2). Le cailloutis, en permettant la concentration des eaux vadoses dans ses parties les plus poreuses, initierait le départ des racines du manteau d'altération alors que le sable, dispersant les eaux, inhiberait une circulation concentrée et la formation de ces karsts. On peut également se demander si une accumulation ponctuelle de silex résiduels au sommet du Crétacé ne pourrait pas jouer le même rôle que les dépôts les plus grossiers de la terrasse.

Pour expliquer la formation de ces karsts, Willems *et al.* (2005 ; 2007a) ont proposé une genèse par enfoncement de spots de corrosion à la rencontre des eaux d'infiltration avec l'aquifère, au moment du creusement des vallées. Cependant, des remplissages partiels de cavités subhorizontales (voir § 2.2.) recoupées par des racines ne montrent que des dépôts en milieu dénoyé. Or, si ces cavités plus profondes avaient été sous eau quand le recoupement par les racines s'est opéré, des structures sédimentaires typiques auraient dû être identifiées. Seule une genèse par infiltration concentrée des eaux de surface semble donc responsable de l'enfoncement des racines.

Dans la carrière du Romont, Juvigné (1992) montre que le développement des racines du manteau d'altération est stoppé depuis au moins le Weichselien supérieur. L'auteur constate que le soutirage des formations superficielles lié aux racines est antérieur au Téphra d'Eltville puisque ce dernier et les

formations superficielles qui le recouvrent ne sont pas déformés (fig. 2b). À cette époque, la couverture loessique du Pléistocène supérieur était réduite à Romont. En 2007, dans la partie ouest de la carrière, l'avancée du front de taille a conduit à l'identification d'une séquence nettement plus complète (Juvigné *et al.*, 2008), englobant le complexe de paléosols du dernier interglaciaire (Eemien) et du début glaciaire weichselien (pédocomplexe de Rocourt et Complexe humifère de Remicourt ; fig. 3g). La base du Complexe humifère de Remicourt (CHR) était soutirée dans une racine d'altération mais pas son sommet, ce qui permet de déterminer précisément l'arrêt de fonctionnement de cette racine : juste avant la retombée du Téphra de Rocourt, vers 75-80 ka BP (Juvigné *et al.*, 2008).

Les causes de l'arrêt du développement des racines ne sont pas encore clairement identifiées. Juvigné (1992) propose l'existence d'un pergélisol qui aurait pu ralentir, voire bloquer, l'infiltration des eaux. On peut également se demander si un dépôt très rapide de loess au-dessus des cailloutis de terrasse, comme c'est le cas avec les loess hesbayens contenant le Téphra d'Eltville, n'a pas provoqué une dispersion des eaux d'infiltration et cassé le mécanisme de concentration des eaux là où se trouve le dépôt le plus grossier des terrasses (fig. 4).

L'observation d'une racine développée dans le CHR (fig. 3g) montre que les dépôts inférieurs du complexe sont affectés par la racine alors que ceux correspondant à sa partie supérieure ne le sont pas. L'arrêt de fonctionnement de cet exokarst est donc contemporain du CHR, attribué à la fin du début glaciaire weichselien (Juvigné *et al.*, 2008). L'analyse détaillée de cette racine devrait permettre de préciser les causes d'arrêt de son fonctionnement.

Certains remplissages de racines du manteau d'altération sont eux-mêmes soutirés et forment de petits « mini gouffres » (fig. 3b & fig. 5a). Ces soutirages déconnectent la partie supérieure du remplissage de la racine de sa partie inférieure. Ils marquent vraisemblablement le recoupement d'une cavité sous-jacente par la racine qui va s'y déverser. C'est ce processus qui est notamment observé au sein des grottes des Deux Albert (voir § 2.2.1.) ou du Lapin d'Avril (voir § 2.2.2.).

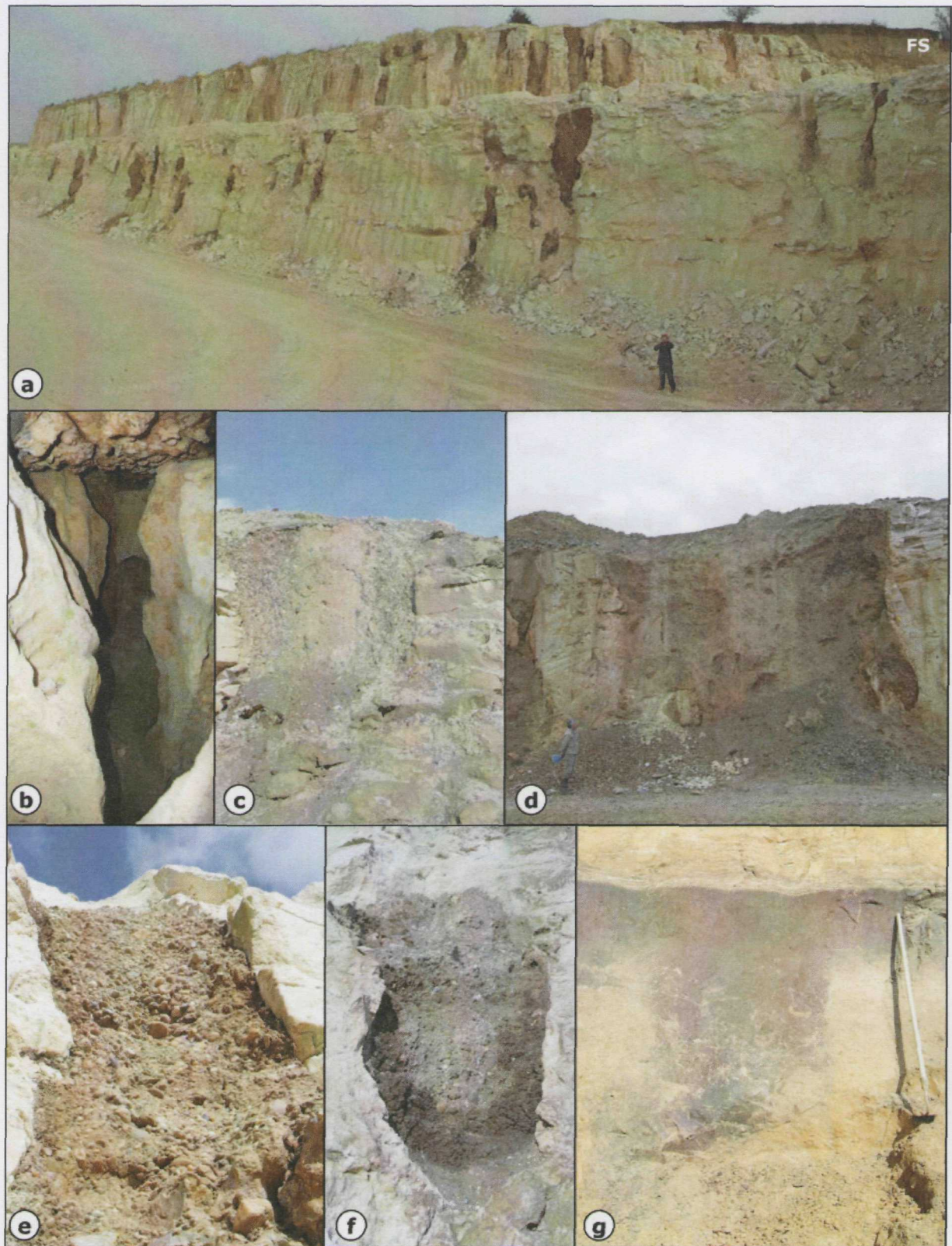


Fig. 3. – Racines du manteau d'altération – carrière du Romont. a. Vue des paliers supérieurs de la carrière avec les formations superficielles (F.S) et les deux paliers recoupant la formation de Maastricht. Le palier inférieur est celui où se localise la grotte des Deux Albert (fig. 4). b. « Mini gouffre » sous dalle de silice. c. Détail d'une racine du manteau d'altération au sommet des formations crétaées ; le cœur du remplissage est constitué de loess, et entouré par le cailloutis fluvatile. d. Exemple de coalescence de racines aboutissant à une forme de plus de 6 mètres de section. e. Détail du remplissage d'une racine par le cailloutis fluvatile. f. Détail de la base d'une racine d'altération située une quinzaine de mètres sous le contact Crétacé/formations superficielles. g. Soutirage de la partie inférieure du complexe humifère de Remicourt (CHR) et du sol de Rocourt et arrêt de fonctionnement d'une racine du manteau d'altération (voir texte).

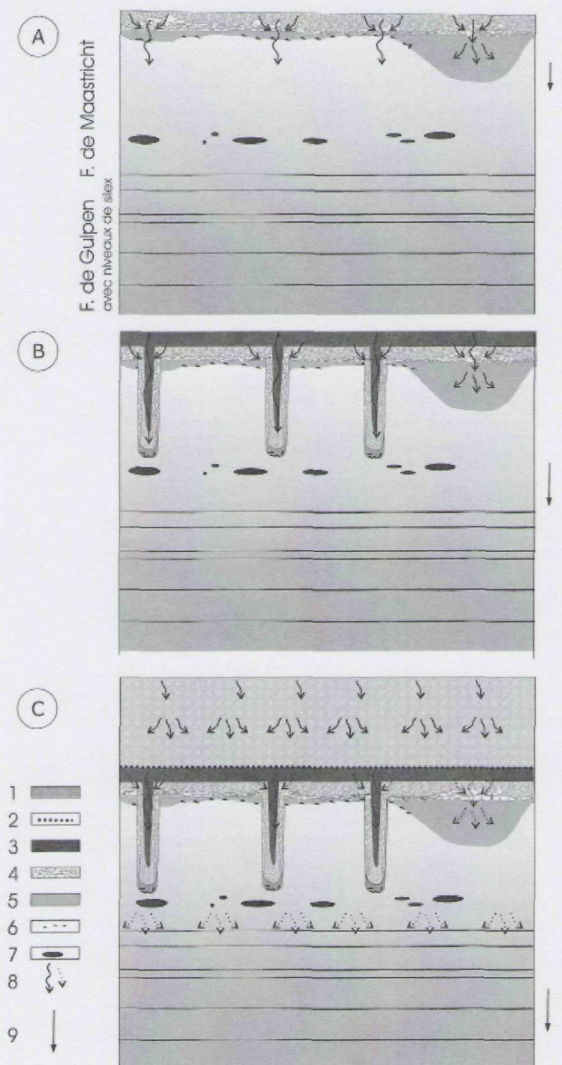


Fig. 4. – Hypothèse d'évolution des racines du manteau d'altération. A. Genèse des racines du manteau d'altération là où le cailloutis fluvial est le plus grossier. La présence trop importante de sable tongrien inhiberait cette genèse. B. Développement des racines lié peut-être au creusement des vallées. C. Arrêt du développement principal des racines pouvant être lié à un pergélisol ou à un dépôt trop rapide de loess (voir texte) ; 1 : loess post Téphra d'Eltville ; 2 : Téphra d'Eltville ; 3 : loess pré Eltville ; 4 : cailloutis fluvatile ; 5 : sable tongrien ; 6 : silex résiduels ; 7 : endokarsts ; 8 : infiltration ; 9 : encaissement des vallées.

2.2. Les endokarsts

Il s'agit essentiellement de cavités métriques à plurimétriques trouvées à des altitudes comprises entre 84 et 94 mètres. Elles se localisent entre une vingtaine de mètres et une trentaine de mètres sous la surface initiale du plateau (115-120 m) et entre 10 et 20 mètres sous le contact Oligocène/Crétacé.

Ces valeurs sont comparables à celles mesurées pour les drains et grottes trouvés au sein de la carrière de Petit Lanaye Inférieur (PLI, fig. 1) (Willems *et al.*, 2007), située à environ 2,5 km au nord-est de l'exploitation du Romont et dont l'altitude moyenne est de 89 mètres⁴ (tableau 2).

La plupart des cavités ont une section ellipsoïdale, dont le plus grand axe est calqué sur la stratification subhorizontale. Elles peuvent se présenter sous la forme de chambres fermées aux parois arrondies, elles-mêmes générées par la coalescence de nombreuses alvéoles centimétriques à décimétriques qui peuvent les constituer (fig. 5).

2.2.1. La grotte des Deux Albert

La grotte des Deux Albert (fig. 5e et 6) était, en 2007, un boyau accessible sur une quinzaine de mètres de longueur, haut de 80 cm à 1,20 m et large parfois de 2 m. Aujourd'hui détruite, cette cavité se prolonge, au sein du massif, sur une distance inconnue et est, en grande partie, colmatée par des matériaux d'effondrements. En novembre 2009, la cavité a été dégagée sur quelques mètres supplémentaires par l'avancée de l'exploitation (cf. *infra*).

La grotte présente les caractéristiques morphologiques suivantes :

- l'absence de fissures verticales correspondant à l'axe de développement de la cavité ;
- la présence d'un chenal de voûte (fig. 6 - b et d) ;
- le développement de conduits décimétriques subhorizontaux partant des parois latérales de la grotte principale (fig. 6d) ;
- l'existence d'une fissure qui recoupe obliquement le plafond de la cavité par rapport à son axe de développement (fig. 6c) et qui présente des traces légères de karstification.

Le sol de la cavité est composé d'un mélange de blocs effondrés du plafond reposant sur une poudre de calcarénite altérée passant progressivement à la roche saine en place,

⁴ Mesures effectuées au niveau d'eau sur 6 drains et sur la grotte du CRSOA, répartis sur une zone de 1 ha.

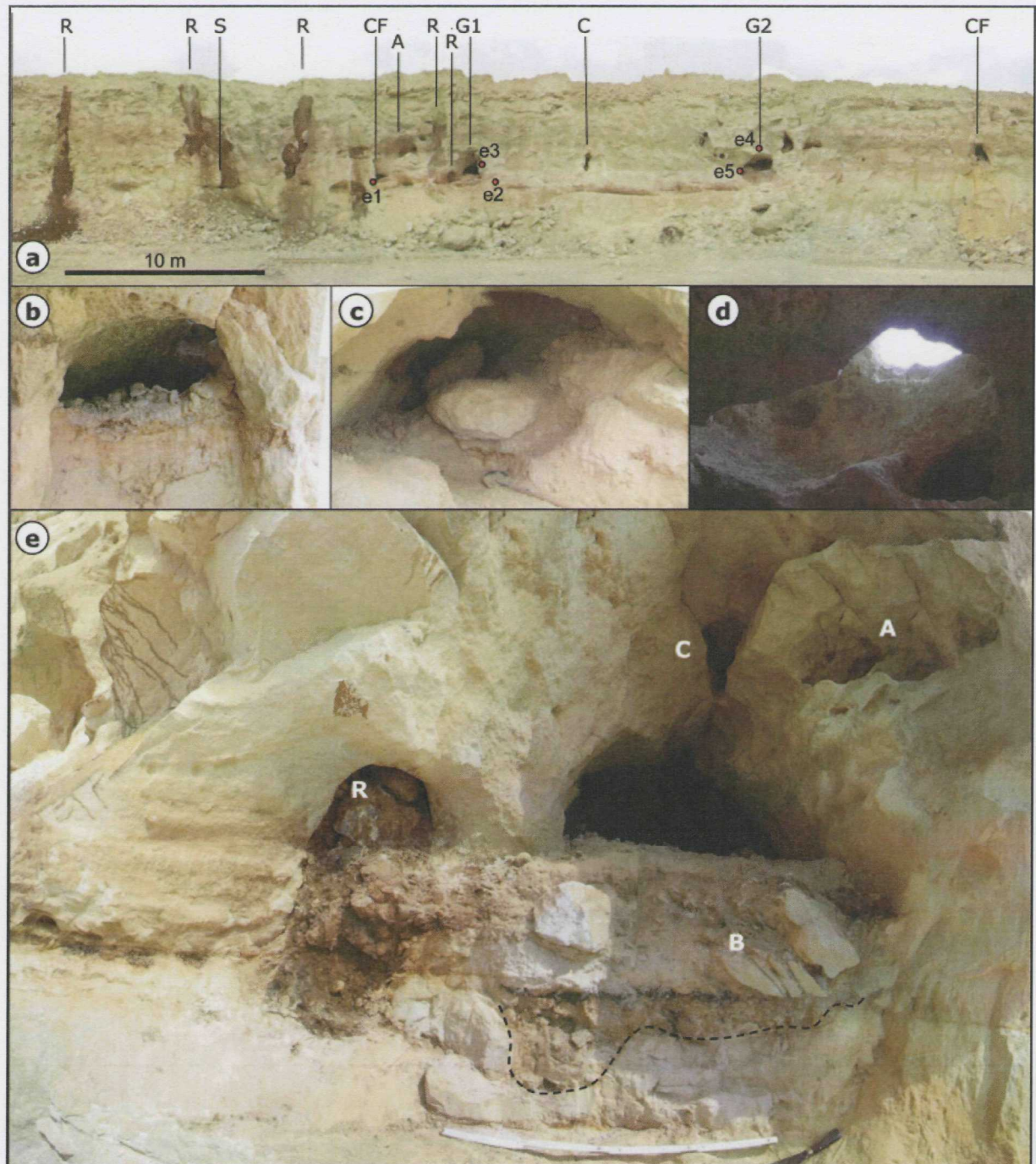


Fig. 5. – a. Vue générale de la zone de la grotte des Deux Albert ; R : racine du manteau d'altération ; S : racine soutirée (« mini-gouffre ») ; C : conduit horizontal hors fracture ; CF : conduit horizontal sur fracture ; A : alvéoles ; G1 : grotte des Deux Albert ; G2 : grotte du Président ; e1, e2, e3, e4 et e5 : localisation des échantillons analysés (tableau 1). b. & c. Détails de la grotte du Président. d. paroi à l'intérieur de l'alvéole métrique en A. e. détail de l'entrée de la grotte des Deux Albert ; R : racine ; C : chenal de voûte ; A : zone d'alvéoles ; B : brèche. En pointillé, la base du remplissage.

Tableau 2

Altitude de différents drains trouvés au sein des calcarénites des carrières de Petit Lanaye Inférieur et du Romont (voir fig. 1).

Altitudes des drains subhorizontaux		
Carrière souterraine de Petit Lanaye Inférieur		
Drains	Profondeur par rapport à la surface du plateau (en m)	Altitude du toit des drains (en m)
drain 1	29,08	88,92
drain 2	28,56	89,44
drain 3	28,56	89,44
drain 4	29,54	88,46
drain 5	28,63	89,37
grotte du CRSOA	29,4	88,6
prolongement sud-est de la grotte du CRSOA	29,67	88,33
		Altitude de la base des drains (en m)
	30,1	87,9
	29,95	88,05
Carrière du Romont		
		Altitude du sol des cavités (en m)
Grotte des Deux Albert et conduits à proximité		85-86

sans qu'une limite ne soit clairement établie (fig. 5e). À ce matériel autochtone, s'ajoute localement le produit du soutirage de racines d'altération (fig. 6a). Des figures de migrations d'oxydes au sein de la partie altérée témoigneraient d'un écoulement lent d'eau à cet endroit.

En 2009, la grotte a été dégagée sur une vingtaine de mètres (fig. 7 - b et e). La trace d'une structure interprétée comme pseudo-morphose d'un coin de glace a été trouvée au sein de son remplissage. Ce coin de glace marque la partie supérieure d'un ancien permafrost. Les traces d'hydromorphie observées sous la structure pourraient résulter de la présence d'une nappe perchée en relation avec la présence d'un pergélisol. La question est de savoir si ce permafrost a joué un rôle dans l'évolution des grottes. Il pourrait être à l'origine d'une concentration temporaire d'eaux d'infiltration au niveau des cavités, de la mise en place d'écoulements temporaires et de déplacements lents des matériaux bréchiques constituant le sol de la grotte des Deux Albert. Des études ultérieures devraient confirmer ou infirmer cette interprétation.

2.2.2. La grotte du Lapin d'Avril

C'est une cavité de type alvéole fermée qui se localise à une cinquantaine de mètres de la grotte des Deux Albert et qui s'ouvre dans le palier supérieur, à environ 8 m sous le contact Crétacé/formations superficielles.

La section initiale reconnue fait 6,2 m de largeur sur 1,6 m de hauteur (fig. 8b) et la paroi du fond s'abaisse rapidement derrière le remplissage.

Une grande partie de la cavité est comblée par une brèche provenant de la dislocation des parois à laquelle s'ajoutent les produits d'au moins trois racines d'altération (fig. 8 - a, c et f) constitués de loess, de cailloutis fluviatile et d'argile.

La particularité de cette grotte est d'avoir été entièrement traversée par au moins deux racines (fig. 8 - a et d) qui ont recoupé la brèche pour continuer à s'enfoncer dans le massif. Aucune trace d'altération ou de remobilisation sous eau n'a été trouvée dans la brèche ni dans le cailloutis qui la recouvre partiellement, ce qui signifie que la grotte

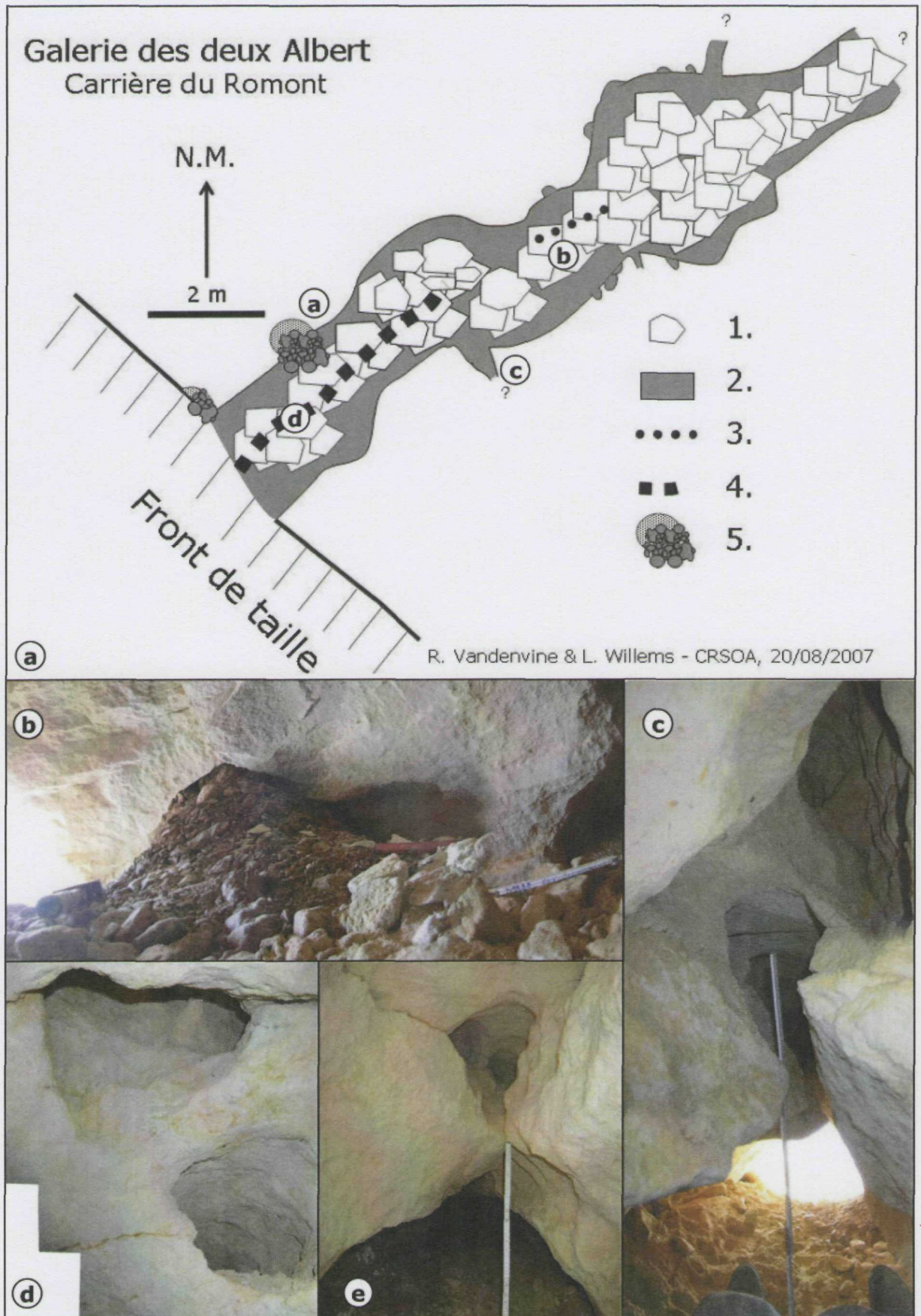


Fig. 6. – a. Plan et détails de la grotte des Deux Albert en septembre 2007 ; 1 : bloc effondré, 2 : limite de la grotte au niveau du sol apparent ; 3 : fissure au plafond ; 4 : chenal de voûte ; 5 : racine du manteau d'altération. b. Déversement partiel d'une racine d'altération dans la cavité. c. Vue sur le chenal de voûte (au centre) et d'une fissure de plafond karstifiée. d. Exemple d'un conduit décimétrique latéral (en bas à droite) et d'alvéoles emboîtées avec mini pilier résiduel. e. Chenal de voûte.

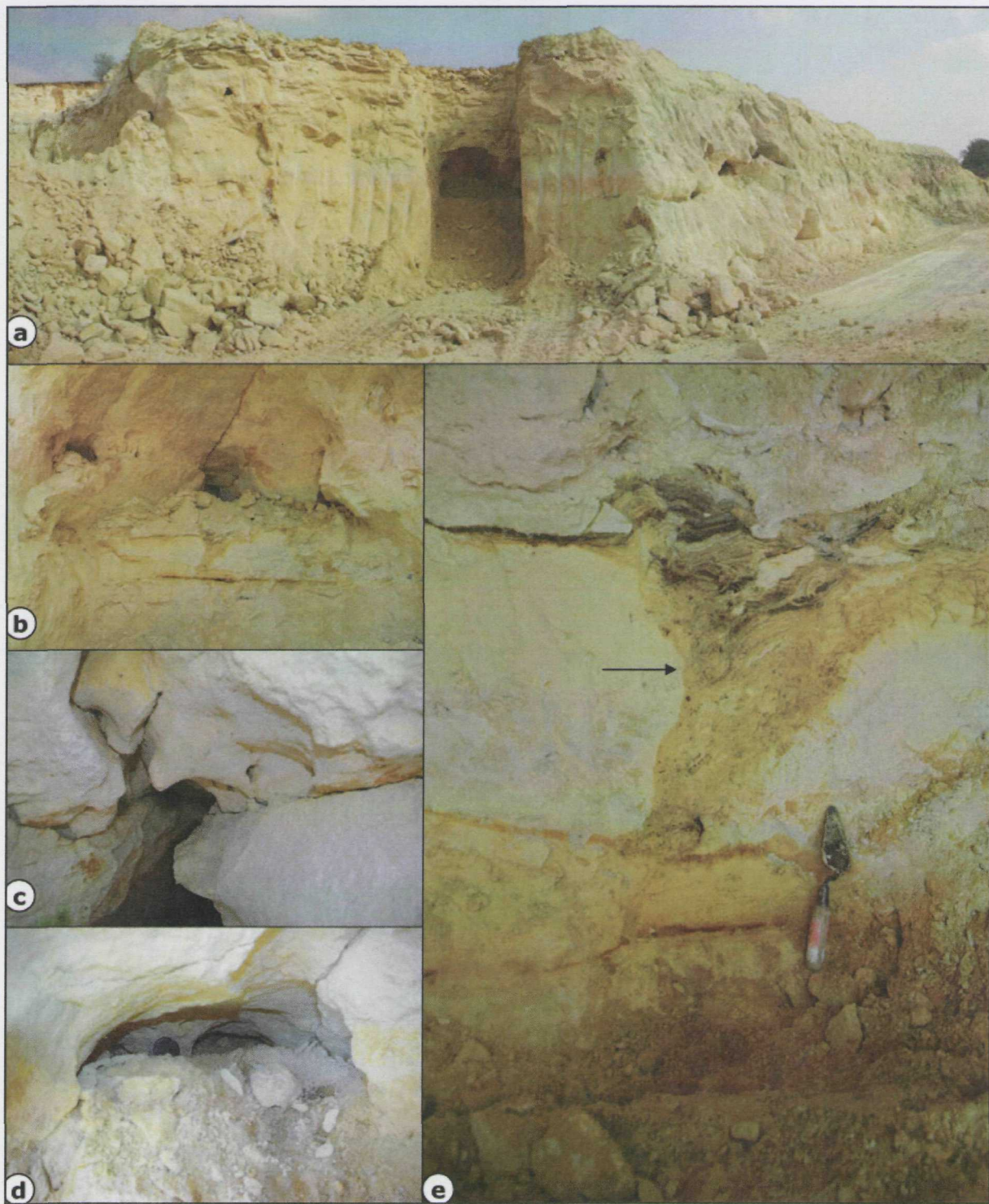


Fig. 7. – Prolongation de la grotte des Deux Albert. a. Vue générale du site avec la prolongation visible de la grotte des Deux Albert. b. Suite du conduit avec au centre, la trace du coin de glace. c. Chenal de voûte et dent de corrosion au plafond de la cavité. d. Passages latéraux décimétriques. e. Trace possible d'un coin de glace.

était déjà dénoyée au moment de son recouplement.

Quatre étapes principales peuvent donc être identifiées dans les karsts observés dans la carrière du Romont :

- une mise en place de grottes en profondeur, en milieu noyé ;
- le dénoyage des grottes et l'arrêt généralisé des processus de dissolution ;
- le recouplement de certaines cavités par des racines d'altération qui vont y déverser leurs matériaux de remplissage ;
- le développement postérieur des racines à travers le remplissage des grottes puis plus profondément dans les calcarénites.

Pour que la continuité de fonctionnement des racines d'altération puisse être assurée, il a donc fallu que le remplissage de la cavité par les racines ait été suffisamment important pour colmater les vides préexistants.

3. Conclusion

L'ensemble des observations réalisées dans la carrière du Romont confirme et précise la mise en place des différents karsts reconnus au sein de la Formation de Maastricht (Willems *et al.*, 2007a,b).

La karstification débute en profondeur, à plusieurs dizaines de mètres sous la surface, en milieu noyé, comme l'attestent les multiples alvéoles qui sont générées dans toutes les directions. Ces alvéoles, par coalescence, peuvent donner naissance à de petites grottes fermées. Ces dernières pourraient également être l'évolution de noyaux d'altération profonds tels que ceux trouvés une vingtaine de mètres sous la Meuse (Willems *et al.*, 2007) et similaires aux « fantômes de roche » du Tournaisis (Quinif *et al.*, 1994 ; Vergari, 1998). Comme cela a été proposé précédemment (Willems *et al.*, 2007a,b), ces cavités pourraient être liées à des circulations hydriques lentes au sein du massif et sous les thalwegs régionaux. Ces circulations peuvent organiser un réseau de conduits connectés entre eux et dont les directions de développement ne sont pas clairement marquées.

La mise en place d'un pergélisol au sein des cavités peut également provoquer la mise en place de drains au toit de la roche gelée et rendue imperméable. L'importance de remplissages préexistants au permafrost et pris par lui pourrait avoir généré des chenaux de voûte tels que ceux identifiés dans la grotte des Deux Albert.

Avec la disparition du permafrost, la roche redevient une véritable éponge. Les écoulements concentrés disparaissent au profit d'écoulement diffus dans la masse de la roche. Les cavités s'assèchent et n'évoluent plus que par effondrement ou par recouplement de racines du manteau d'altération qui vont s'y déverser et plus ou moins les sceller.

Remerciements

Nous tenons à remercier chaleureusement tous les membres du Club de Recherche Spéléologique Ourthe-Amblève (C.R.S.O.A.) pour leur participation aux différentes campagnes de relevés et autres travaux souterrains indispensables à cette recherche. Nous remercions également la S.A. Cimenteries CBR-ENCI Groupe et plus particulièrement le personnel de la carrière du Romont pour leur collaboration à ces travaux.

Bibliographie

- ATKINSON T.C. & SMITH D. I., 1974. « Rapid Groundwater Flow in Fissures in the Chalk : an Example from South Hampshire », *Quarterly Journal of Engineering Geology*, 7 : 197-205.
- DASSARGUES A. & MONJOIE A., 1993. *Hydrogeology of the Chalk of North-West Europe. Chap. 8 : Chalk as an Aquifer in Belgium*, Oxford University Press, p. 153-169.
- DE SAINT VINCENT B., 1819. « Sur le plateau de St-Pierre, près de Maastricht », *Annales générales des Sciences physiques*, 1-10 : 185-189.
- FELDER W.M. & BOSCH P.W., 1998. « Geologie van de St. Pietersberg bij Maastricht », *Grondboor & Hamer*, 52 : 53-63.
- GULLENTOPS F., 1954. *Contributions à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en*

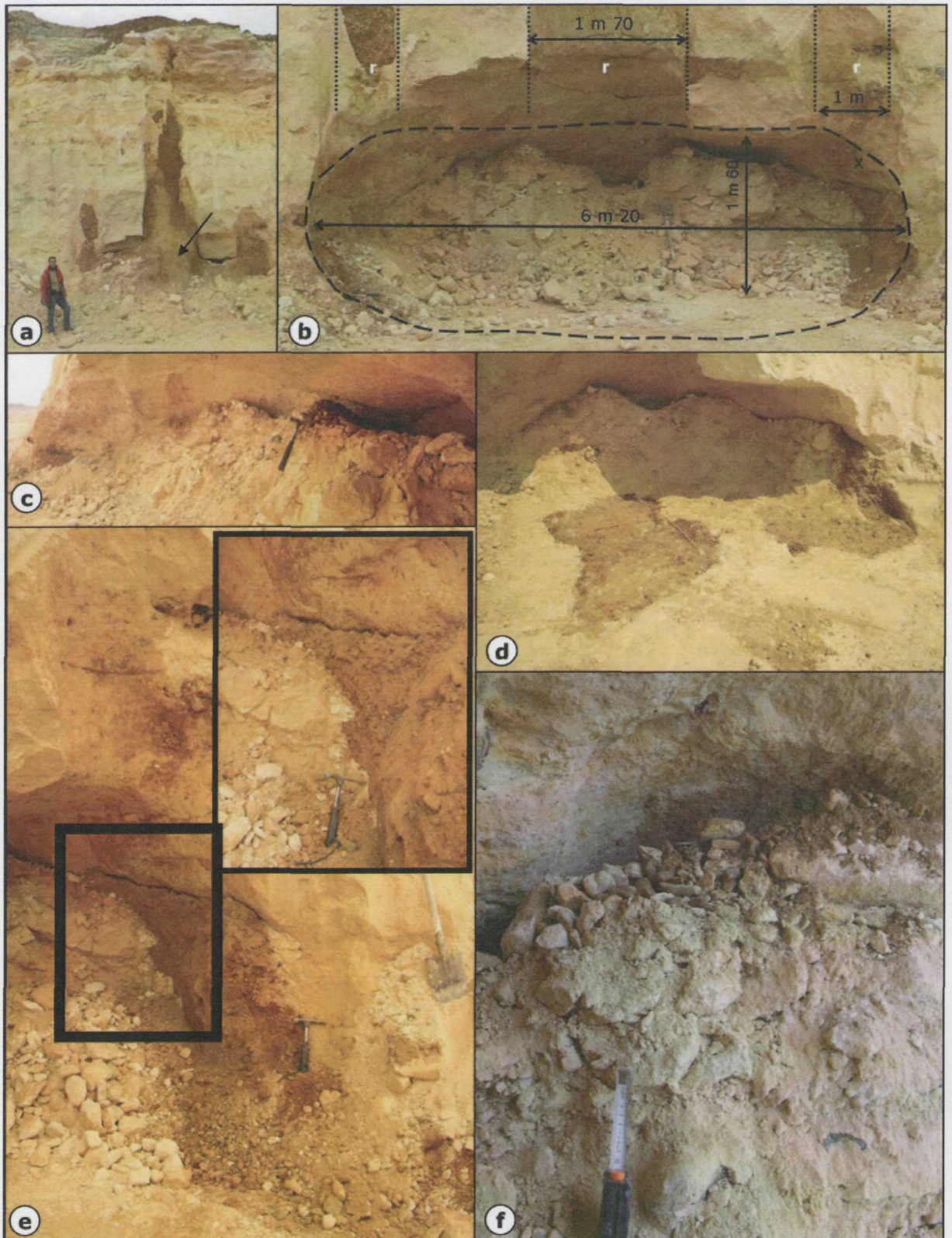


Fig. 8. – Grotte du Lapin d'Avril. a. grotte recoupée par le front de taille avant son dégagement. La flèche indique le remplissage central de la principale racine du manteau d'altération qui a recoupé entièrement la grotte. b. Grotte partiellement dégagée avec trois racines (r) qui la recourent. c. Reste du remplissage de la cavité constitué d'une brèche et de silex et avec, au-dessus du marteau, une partie du remplissage de la racine d'altération centrale qui s'est déversée dans la cavité. d. Prolongement de deux des trois racines sous le plancher de la grotte. e. Détail de la partie droite de la grotte où le contenu de la racine d'altération située à droite de la cavité s'est déversée sur des matériaux d'effondrement avant le recouplement de ceux-ci par d'autres racines. f. Détail du remplissage décrit en c et, en arrière-plan, la paroi de la cavité maculée d'argile.

- Belgique*, Mémoires de l'Institut géologique de l'Université de Louvain 18, p. 125-252.
- HAESAERTS P., 1984. *Aspects de l'évolution du paysage et de l'environnement en Belgique au Quaternaire*, in Cahen D., Haesaerts P. (éds.), *Peuples chasseurs de la Belgique pré-historique dans leur cadre naturel*, Bruxelles, p. 27-39.
- HAROLD C. H. H., 1937. « The flow and bacteriology of underground water in the Lee Valley », *Metropolitan Water Board 32nd Annual Report* : 89-99.
- JUVIGNÉ E., 1976. *La stratigraphie du Quaternaire. Géomorphologie de la Belgique*, in *Hommage au Prof. P. Macar*, Laboratoire de Géologie et Géographie physique, Université de Liège, p. 169-179.
- JUVIGNÉ E., 1992. « Les formations cénozoïques de la carrière C.B.R. du Romont (Eben/Bassenge, Belgique) », *Annales de la Société géologique de Belgique*, 115 : 159-165.
- JUVIGNÉ E., TALLIER E., HAESAERTS P. & PIRSON St., 2008. « Un nouveau stratotype du téphra de Rocourt dans la carrière de Romont (Eben/Bassenge, Belgique) », *Quaternaire*, 19 (2) : 133-139.
- LAGA P., LOUWYE S. & GEETS S., 2001. « Paleogene and Neogene Lithostratigraphic Units (Belgium) », *Geologica Belgica*, 4/1-2 : 135-152.
- MAURICE L.D., ATKINSON T.C., BARKER J.A., BLOOMFIELD J.P., FARRANT A.R. & WILLIAMS A.T., 2006. « Karstic behaviour of groundwater in the English Chalk », *Journal of Hydrology*, 330 : 63-70.
- MINISTÈRE DE LA RÉGION WALLONNE (D.G.R.N.E.) & UNIVERSITÉ DE LIÈGE, *Géomac Hydrogéologie*, 2006. Carte hydrologique de Wallonie, Allier-Liège 42/1-2 et notice explicative, 52 p.
- 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. (dir.), *Paléolithique moyen en Wallonie. La collection Louis Eloy*, Collections du Patrimoine culturel de la Communauté française, 2, p. 58-77.
- QUINIF Y., VERGARI A., DOREMUS P., HENNEBERT M. & CHARLET J.M., 1994. « Phénomènes karstiques affectant le calcaire du Hainaut », *Bulletin de la Société belge de Géologie*, 102 : 379-384.
- RADEMAKERS P.C.M., 1998. « Geologische orgelpijpen », *Grondboor & Hamer*, 52 : 71-76.
- RODET J., 1992. *La craie et ses karsts*, Caen, Centre normand d'Étude du Karst et des Cavités du Sous-sol, Elbeuf & Groupe Seine-CNRS, 560 p.
- VAN DEN BROECK E., MARTEL E.-A. & RAHIR E., 1910. *Les cavernes et les rivières souterraines de la Belgique*, Bruxelles, Lamertin, vol. 1, p. VIII.
- VERGARI A., 1998. « Nouveau regard sur la spéléogénèse : le « pseudo-endokarst » du Tournais (Hainaut, Belgique) », *Karstologia*, 31/1 : 12-18.
- WILLEMS L., 2000. *Phénomènes karstiques en roches silicatées non carbonatées. Cas des grès, des micaschistes, des gneiss et des granites en Afrique sahélienne et équatoriale*, thèse de doctorat de l'Université de Liège, 257 p., 145 fig., 137 photos.
- WILLEMS L., POUCKET A. & VICAT J.-P., 2002. « Existence de karsts en roches cristallines silicatées non carbonatées en Afrique sahélienne et équatoriale, implications hydrogéologiques », *Bulletin de la Société géologique de France*, 173-174 : 337-345.
- WILLEMS L., RODET J., MASSEI N., FOURNIER M., LAIGNEL B., DUSSART-BAPTISTA L., SCHYNS J.-Ch. & EK C., 2004. *Chalk Karsts - Saint-Pierre Mountain - Basse-Meuse (Belgium)*, Poster, Meuse-Rhine Euregio Geologists Meeting, Maastricht, 28-29 mai 2004.
- WILLEMS L., RODET J., MASSEI N., FOURNIER M., LAIGNEL B., DUSSART-BAPTISTA L., SCHYNS J.-Ch. & EK C., 2005a. *Genèse d'un système karstique dans la craie en Basse Meuse (frontière belgo-néerlandaise)*, Poster, Colloque international « Karst et aménagement du territoire », Région wallonne, Jambes, mai 2005.

WILLEMS L., RODET J., FOURNIER M., MASSEI N., LAIGNEL B., DUSSART-BAPTISTA L., SCHYNS J.-Ch., DUSAR M., LAGROU D. & EK C., 2005b. *Karst System Genesis in the Chalk of the Lower Meuse (Belgian-Dutchborder)*, in 14^e Congrès de l'UIS, Athènes- Kalamos, 23-28 août 2005, CDRom Full Paper : 0-36 (6 p.).

WILLEMS L., RODET J., FOURNIER M., LAIGNEL B., DUSAR M., LAGROU D., POUCKET A., MASSEI N., DUSSART-BAPTISTA L., COMPÈRE Ph. & EK C., 2007a. « Polyphase Karst System in Cretaceous Chalk and Calcarenite of the Belgian-Dutch Border », *Z. Geomorphologie N.F., Berlin-Stuttgart*, 51 (3) : 361-376.

WILLEMS L., RODET J., EK C., DUSAR M., LAGROU D., FOURNIER M., LAIGNEL B. et POUCKET A., 2007b. « Karsts des craies et calcarénites de la Montagne Saint-Pierre (Basse Meuse liégeoise) », *Bulletin des Chercheurs de la Wallonie*, 46 : 171-186.

Adresse des auteurs :

Luc WILLEMS
Lab. de Pétrologie sédimentaire, Dpt de Géologie
Université de Liège, Bât. B20
bd du Rectorat, 15
B-4000 Liège
LucWillems65@base.be

Joël RODET
UMR 6143 CNRS, Morphodynamique continentale et côtière, Laboratoire de Géologie, Université de Rouen,
76821 Mont-Saint-Aignan Cedex
FRANCE

Camille EK
Lab. de Géomorphologie et Télédétection, Dpt. de Géographie physique et quaternaire
Université de Liège
Allée du 6 août, 2
B-4000 Liège

Stéphane PIRSON,
Direction de l'Archéologie, DGO4
Service Public de Wallonie
Rue des Brigades d'Irlande, 1
B-5100 Jambes

Etienne JUVIGNÉ
Lab. de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire
Université de Liège, Bât. B-12A
B-4000 Liège