Quaternaire
Revue de l'Association française pour l'étude du Quaternaire

vol. 24/3 | 2013
Volume 24 Numéro 3

Le Téphra de Rocourt dans le site paléolithique moyen de Remicourt (Province de Liège, Belgique)

The Rocourt Tephra in the Middle Paleolithic site of Remicourt (Province of Liège, Belgium)

Etienne Juvigné, André Pouclet, Paul Haesaerts, Dominique Bosquet et Stéphane Pirson

revues.org

Édition électronique
URL : http://quaternaire.revues.org/6689
DOI : 10.4000/quaternaire.6689
ISSN : 1965-0795

Éditeur
Association française pour l'étude du quaternaire

Édition imprimée
Date de publication : 1 septembre 2013
Pagination : 279-291
ISSN : 1142-2904

Référence électronique
Etienne Juvigné, André Pouclet, Paul Haesaerts, Dominique Bosquet et Stéphane Pirson, « Le Téphra de Rocourt dans le site paléolithique moyen de Remicourt (Province de Liège, Belgique) », *Quaternaire* [En ligne], vol. 24/3 | 2013, mis en ligne le 01 septembre 2016, consulté le 05 octobre 2016. URL : http://quaternaire.revues.org/6689 ; DOI : 10.4000/quaternaire.6689

Ce document est un fac-similé de l'édition imprimée.

© Tous droits réservés

Quaternaire, **24**, (3), *2013*, p. 279-291

LE TÉPHRA DE ROCOURT DANS LE SITE PALÉOLITHIQUE MOYEN DE REMICOURT (PROVINCE DE LIÈGE, BELGIQUE)

Étienne JUVIGNÉ[1], André POUCLET[2], Paul HAESAERTS[3], Dominique BOSQUET[4] & Stéphane PIRSON[3,5]

RÉSUMÉ

Dans le site paléolithique moyen de Remicourt, les minéraux du Téphra de Rocourt se trouvent à l'état dispersé (cryptotéphra) dans le Complexe humifère de Remicourt qui surmonte le Pédocomplexe de Rocourt, et leur distribution stratigraphique présente un maximum de concentration dans la partie médiane du complexe humifère. L'identification du téphra est basée sur l'association minéralogique, la morphologie des verres et la composition chimique des minéraux mafiques : deux types de clinopyroxènes, un orthopyroxène, deux types d'amphiboles et du spinelle chromifère. Les verres volcaniques ont un faciès de hyaloclastes massifs, et les pyroxènes se présentent sous la forme d'éclats de mégacristaux, ce qui permet d'associer leur émission à une éruption phréatomagmatique dont il a été montré antérieurement que le volcan correspondant doit se situer dans l'Eifel occidental. La position stratigraphique du téphra au sein du Complexe humifère de Remicourt permet de restreindre l'incertitude sur la période de l'éruption entre 78 et 80 ka, au cours de la phase climatique terminale du Début Glaciaire weichselien, correspondant à l'interstade de Dansgaard-Oeschger 21 (SIM 5a).

Mots-clés : loess, cryptotéphra, Pédocomplexe de Rocourt, Complexe humifère de Remicourt, Paléolithique moyen, SIM 5a, Début Glaciaire weichselien, interstade de Dansgaard-Oeschger 21

ABSTRACT

THE ROCOURT TEPHRA IN THE MIDDLE PALEOLITHIC SITE OF REMICOURT (PROVINCE OF LIÈGE, BELGIUM)

In the Middle Paleolithic site of Remicourt, the Rocourt Tephra minerals were found as reworked material (cryptotephra) within the Humiferous Complex of Remicourt, which overlies the Rocourt Pedocomplex, the highest concentration of tephric material occurring in the middle part of the humiferous complex. Identification of the tephra is based on the mafic mineral suite, the morphology of glass shards and the chemical composition of mafic minerals: two types of clinopyroxene, an orthopyroxene, two types of amphibole and a chromian spinel. Volcanic glasses are typical blocky shards, and pyroxenes are fragments of megacrists, so that the material can be linked to one of the numerous phreatomagmatic eruptions that have taken place in the West Eifel volcanic field. Stratigraphical position of the tephra within the Humiferous Complex of Remicourt allows us to precise the time slice of the relevant eruption between 78 and 80 ka, during the final climatic phase of Weichselian Early Glacial encompassing Dansgaard-Oeschger interstadial 21 (MIS 5a).

Keywords: loess, cryptotephra, Rocourt Pedocomplex, Humiferous Complex of Remicourt, Middle Paleolithic, Eemian, Weichselian Early Glacial, MIS 5a, Dansgaard-Oeschger interstadial 21

1 - INTRODUCTION

Le site de Remicourt est situé en Hesbaye, 15 km à l'ouest de Liège, sur le tracé du TGV oriental (Haesaerts *et al.*, 1997, 1999) ; il occupe le bord occidental d'une ride loessique du Pléistocène supérieur qui repose sur le substrat crétacé riche en silex (fig. 1 et 2). Il lui est associé un gisement du Paléolithique moyen, fouillé sur une superficie de 630 m^2 de novembre 1997 à avril 1998 par la Direction de l'Archéologie du Service public de Wallonie, en collaboration avec l'Institut royal des Sciences naturelles de Belgique (Bosquet *et al*., 2004). Il a livré près de 400 pièces lithiques préservées dans la partie supérieure du Pédocomplexe de Rocourt, lequel enregistre l'Eemien et le Début Glaciaire weichselien (SIM 5) dans la séquence régionale (Haesaerts *et al*., 1999, 2011a, 2011b ; Juvigné *et al*., 2008). Le site a fait l'objet d'une large étude interdisciplinaire (Bosquet & Haesaerts (eds.), à paraître) qui permet d'interpréter le campement comme un espace structuré en fonction de

[1] Université de Liège et 9 Clos des Mésanges, B-4020 JUPILLE. *Courriel* : ejuvigne@skynet.be
[2] Université d'Orléans et 1383 rue de la Source, F-45160 OLIVET.
[3] Institut royal des Sciences naturelles de Belgique, 29 rue Vautier, B-1000 BRUXELLES.
[4] Service public de Wallonie, Service de l'Archéologie, Direction du Brabant wallon, 88 rue de Nivelles, B-1300 WAVRE.
[5] Service public de Wallonie, Direction de l'Archéologie, 1 rue des Brigades d'Irlande, B-5100 JAMBES.

Manuscrit reçu le 13/11/2011, accepté le 27/03/2012

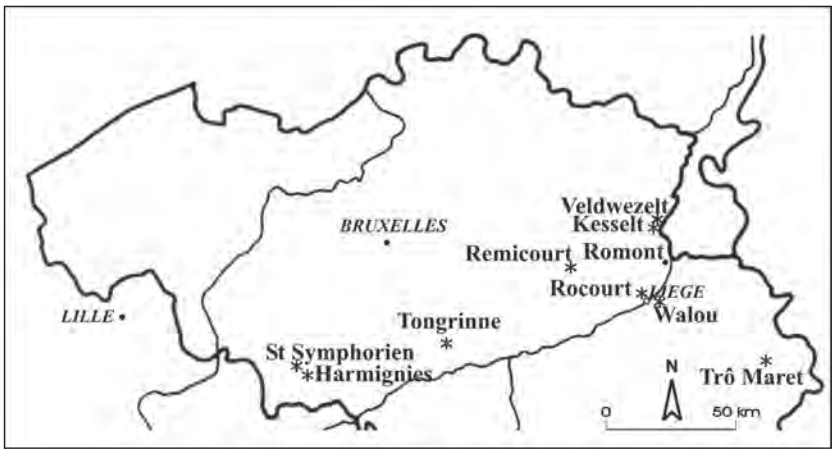


Fig. 1 : Localités de moyenne Belgique où des concentrations stratigraphiques élevées de minéraux du Téphra de Rocourt sont connues (étoiles). Grandes villes en italiques.
Rocourt (Gullentops, 1954) ; Tongrinne (Juvigné, 1973) ; Harmignies, Saint-Symphorien (Haesaerts et Van Vliet, 1974 ; Juvigné, 1977) ; Kesselt (Juvigné, 1974) ; Trô Maret (Juvigné, 1985 ; Pouclet *et al*., 2008) ; Veldwezelt (Bringmans *et al*., 2003) ; Grotte Walou (Pirson *et al*., 2004 ; Pirson et Juvigné, 2011) ; Romont (Juvigné *et al*., 2008). Grandes villes repères en italiques.
Fig. 1: Localities of middle Belgium where high concentrations in volcanic minerals of the Rocourt Tephra are present (stars). Large cities in italics. See reference list above.

diverses activités lors d'une occupation probablement unique et brève (Bosquet *et al*., 2009).

À Remicourt, les minéraux du Téphra de Rocourt ont été découverts à l'état dispersé dans le Complexe humifère de Remicourt. Ce téphra a été identifié pour la première fois en Belgique par Gullentops (1954) dans la partie humifère d'un paléosol que l'auteur attribue à l'Eemien, mais qui sera par la suite placé dans le Weichselien inférieur (Paepe, 1966 ; Paepe & Van Hoorne, 1967). Par la suite, ces minéraux volcaniques ont été découverts dans de nombreux sites de Belgique (Juvigné, 1993). Dans tous les sites connus de Moyenne Belgique, ces minéraux volcaniques sont toujours à l'état dispersé dans un paléosol humifère complexe ; il s'agit donc en réalité d'un cryptotéphra (Juvigné *et al*., 2001), mais pour simplifier le langage, on utilise le terme « téphra » dans les articles qui le concernent. Ce matériau doit provenir d'un volcan de l'Eifel occidental, mais ce dernier n'a pas encore été identifié (Pouclet *et al*., 2008).

Une synthèse de l'état des connaissances acquises en matière de téphrostratigraphie dans les terrains du Pléistocène supérieur de Belgique a été publiée par Juvigné (1993). Des travaux plus récents ont permis d'apporter des précisions sur la composition chimique des verres et minéraux mafiques du Téphra de Rocourt (Pouclet & Juvigné, 1993 ; Pouclet *et al*., 2008).

À Remicourt, la recherche sur le Téphra de Rocourt a eu lieu après la reconnaissance des unités pédosédimentaires décrites en détail par Haesaerts *et al*. (1999) et résumées ci-après de bas en haut (fig. 2) ; leur numérotation est rapportée sur les coupes détaillées présentées plus loin. La distribution quantitative des fortes concentrations de minéraux d'origine volcanique présentes dans les dépôts humifères sus-jacents au Pédocomplexe de Rocourt est analysée ici dans trois séquences réparties selon la pente du versant. L'étude géochimique des verres et des minéraux mafiques a été réalisée dans le but de confirmer leur attribution au Téphra de Rocourt.

2 - CONTEXTE STRATIGRAPHIQUE

En 1997, les travaux effectués à hauteur de Remicourt, le long du tracé du TGV à l'ouest de Liège, ont donné accès à une longue séquence loessique du Pléistocène supérieur. Sa partie basale, soulignée par un épais limon argileux de type « Sol de Rocourt », présentait un degré de résolution pédosédimentaire supérieur à celui de la Sablière Gritten (Haesaerts *et al*., 1999, 2011a). À Remicourt, l'équivalent du « Sol de Rocourt » enregistre trois phases de pédogenèse de type sol lessivé à sol gris forestier séparées par des apports colluviaux avec épisodes de gel profond. Ces trois phases correspondent respectivement à l'unité 28 et aux sous-unités 27b et 27a. L'ensemble, désigné ici sous le nom de Pédocomplexe de Rocourt (Haesaerts *et al*., 2011a, 2011b), est coiffé par un horizon enrichi en silt dénommé Horizon blanchi de Momalle (unité 26), lequel traduit un dernier épisode de gel saisonnier profond avec migration des éléments fins liée à un processus de gel-dégel de qui affecte la partie supérieure du sol gris forestier de 27a.

Le Complexe humifère de Remicourt, qui regroupe les unités 25, 24 et 23, est localement séparé du Pédocomplexe de Rocourt par une phase d'érosion soulignée par un cailloutis. Il traduit une emprise progressive de conditions plus froides continentales dans un contexte qui demeure relativement humide. Cette évolution se marque dès l'horizon bioturbé 25b, développé dans des colluvions enrichies en papules remaniées des unités sous-jacentes, puis se poursuit avec la formation de l'horizon humifère brun sombre 25a associé à une première génération de limon homogène d'origine éolienne.

Après un épisode de gel-dégel qui affecte le sommet de l'horizon humifère 25a, le limon homogène brun clair 24 traduit une seconde phase de sédimentation éolienne probablement alimentée par des apports locaux, suivie par une pédogenèse de type subarctique associée à

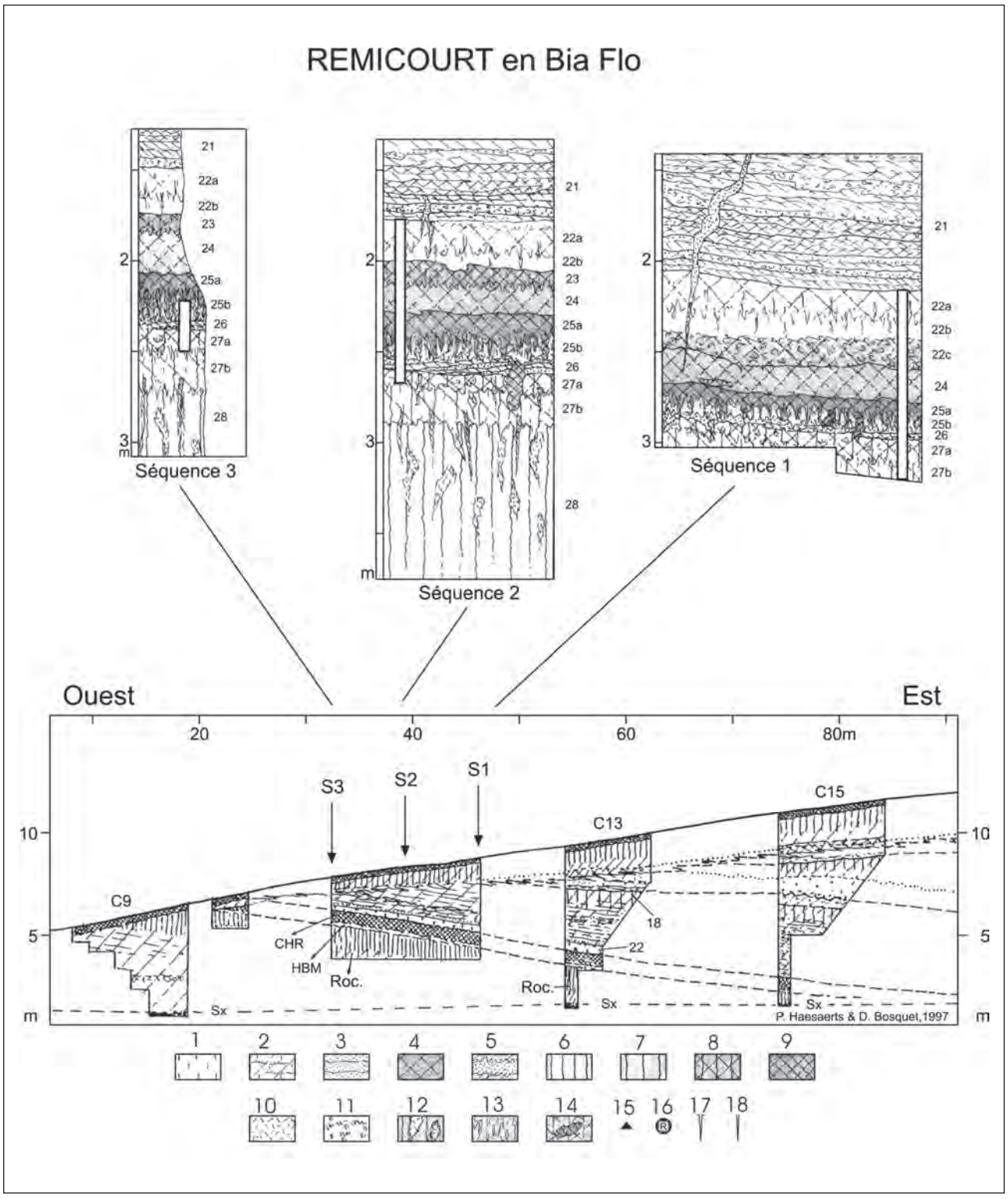


Fig. 2 : Paroi nord du site de Remicourt, et position des trois séquences (S1, S2 et S3) dans lesquelles la distribution stratigraphique des minéraux mafiques du Téphra de Rocourt a été établie (d'après Haesaerts *et al*., 1997, modifié).
Légendes. C9-15 : coupes décrites dans Haesaerts *et al*. (1997), HCR : Complexe humifère de Remicourt ; HBM : Horizon blanchi de Momalle ; Roc : Pédocomplexe de Rocourt ; Sx : silex (sommet du Crétacé). Pour les détails des séquences S1, S2 et S3, voir figure 7. Explication des symboles graphiques, valables également pour les figures 7 et 8 : 1/ loess, 2/ limon, 3/ sable, 4/ limon humifère, 5/ silt, 6/ horizon B2t, 7/ horizon B2 et B, 8/ horizon Bth, 9/ horizon humifère, 10/ horizon déferrifié (A2 ou gley toundra), 11/ hydroxydes de fer, 12/ horizon glossique, 13/ biogaleries, 14/ krotovine, 15/ artefact, 16/ Téphra de Rocourt, 17/ coin de glace, 18/ fente de gel.
Fig. 2: North section of the Remicourt site, and position of the three sequences (S1, S2 and S3) where the stratigraphical distribution of the mafic minerals of the Rocourt Tephra has been established (after Haesaerts et al.*, 1997, modified). Legends. C9-15: sections described in Haesaerts* et al. *(1997), CHR: Humiferous Complex of Remicourt, HBM: Whitish Horizon of Momalle, Roc: Rocourt Pedocomplex, Sx: flint (top of Cretaceous). For details of sequences S1, S2 and S3, see figure 7. Explanation of graphic symbols, also valid for figures 7 and 8: 1/ loess, 2/ loan, 3/ sand, 4/ humic loam, 5/ silt, 6/ B2t horizon, 7/ B2 and B horizon, 8/ Bth horizon, 9/ humic horizon, 10/ bleached horizon (A2 or tundra gley), 11/ iron hydroxydes, 12/ glossic horizon, 13/ biotunnels, 14/ krotovina, 15/ artefact, 16/ Rocourt Tephra, 17/ ice wedge, 18/ frost crack.*

l'horizon gris-brun bioturbé 23 qui coiffe le Complexe humifère de Remicourt.

La suite de l'enregistrement, accessible dans la paroi orientale du site, établit la connexion avec la couverture loessique du Pléniglaciaire weichselien inférieur. L'unité 22 est représentée par une couche de limon jaune verdâtre homogène de ± 35 cm d'épaisseur, dont la partie supérieure est pénétrée par un réseau de galeries tubulaires (sous-unité 22a). Ce limon, qui paraît bien enregistrer un apport de loess allochtone, s'inscrit en continuité avec le Complexe humifère de Remicourt, excepté dans la partie basse du gisement où sa base incorpore en partie les dépôts humifères des unités sous-jacentes (sous-unité 22c). Enfin, l'unité 21 correspond à un épais dépôt brun-ocre lité, constitué pour l'essentiel de lamines sablo-limoneuses et limono-argileuses avec localement des passées plus humifères. L'ensemble contient d'abondants fragments de sol et traduit une phase de redéposition du produit de l'érosion du Complexe humifère de Remicourt et du Pédocomplexe de Rocourt situés sur la partie haute du versant.

3 - LES PRÉLÈVEMENTS

Trois séries de prélèvements ont été réalisées dans la paroi orientale du site de Remicourt afin de couvrir la moitié supérieure du Pédocomplexe de Rocourt, le Complexe humifère de Remicourt et la couche de limon loessique sus-jacente (fig. 2). Les prélèvements furent effectués par raclage continu sur des tranches de 10 cm de hauteur jusqu'à obtenir environ 50 grammes d'échantillon brut.

Située dans la partie orientale du site, la séquence n° 1 couvre la partie supérieure du Pédocomplexe de Rocourt (horizons 27b, 27a et 26) et le Complexe humifère de Remicourt réduit aux deux tiers et quelque peu compacté (unité 25 et 24 *pro parte*) ; elle couvre également le limon loessique de l'unité 22 qui présente ici son développement maximal. La séquence n° 2, située à mi-pente, présente l'enregistrement le plus complet du Complexe humifère de Remicourt (unités 25 à 23) en continuité avec le sommet du Pédocomplexe de Rocourt (unités 27a et 26) ; elle se termine par le limon loessique sus-jacent, réduit aux sous-unités 22b et 22a. Enfin, la séquence n° 3, située sur la partie haute du versant, est réduite aux horizons 27a et 26 du Pédocomplexe de Rocourt, surmontés par l'horizon bioturbé 25b du Complexe humifère de Remicourt.

4 - LES MINÉRAUX D'ORIGINE VOLCANIQUE

Cette recherche a été effectuée au microscope polarisant par comptage dans chaque lame de tous les minéraux mafiques transparents (clinopyroxènes, amphiboles brunes et enstatites). Les clinopyroxènes se présentent principalement sous la forme d'éclats de mégacristaux limpides de couleur verte, et secondairement en prismes automorphes vert grisâtre sombre. L'enstatite consiste essentiellement en éclats de mégacristaux pratiquement incolores. L'amphibole est systématiquement automorphe et brun foncé. Il existe également des traces de spinelle brun très foncé dans les frottis, mais leur transparence est faible, et de ce fait leur détermination incertaine au microscope.

4.1 - TRAITEMENT DES ÉCHANTILLONS POUR LA DÉTERMINATION AU MICROSCOPE

La méthode appliquée et décrite ci-après a pour objectif d'augmenter considérablement les parts de minéraux denses volcaniques dans les frottis représentant les niveaux étudiés.

1 : Extraction de la fraction granulométrique comprise entre 63 et 420 µm par : élimination de la fraction de moins de 63 µm particulièrement riche en minéraux denses détritiques (environ 3 %-poids), et dans laquelle les minéraux volcaniques sont largement minoritaires ; élimination de la fraction supérieure à 420 µm, car bien que rares, ces grains sont peu ou non transparents et provoqueraient une épaisseur des frottis nuisible à la détermination.

1.a : Ébullition dans l'eau de l'échantillon brut, et tamisage sous eau de façon à isoler la fraction comprise entre 63 et 420 µm.

1.b : Dispersion des grains agglomérés par des ciments en attaquant cette récolte successivement par H_2O_2, pour dissoudre les ciments organiques, puis HCl-10 % pour dissoudre les ciments carbonatés, et enfin par ajout progressif d'eau régale jusqu'à blanchissement des grains felsiques, ce qui atteste la dissolution des enduits ferro-manganiques susceptibles de diminuer la transparence des minéraux.

1.c : Deuxième tamisage sous eau à 63 µm de façon à éliminer les grains < 63 µm issus de la dispersion des agglomérats, et isoler uniquement les grains dont la taille est comprise entre 63 et 420 µm.

1.d : Séchage de la récolte à l'étuve, puis prélèvement de 1 g de cette fraction pour l'extraction des minéraux denses.

2 : Extraction des minéraux denses par trois centrifugations successives de chaque récolte dans le bromoforme (densité 2,8), mais après la première centrifugation, on ne disperse que les grains flottant.

3 : Récolte des minéraux denses.

a. Congélation des culots de tubes de centrifugeuse ; élimination du surnageant et rinçage des tubes à l'acétone.

b. Dégel des culots contenant les minéraux denses et récupération de ceux-ci sur filtre.

4°. Montage de l'entièreté de chaque récolte sur lame dans le baume de Canada pour détermination et comptage de tous les minéraux volcaniques.

3.a : Calcul du nombre de grains par gramme sec de la fraction comprise entre 63 et 420 µm.

4.2 - LES ANALYSES CHIMIQUES

Elles ont été réalisées sur un échantillon spécifique provenant du niveau de plus forte concentration de la séquence 1. Les minéraux mafiques en ont été extraits en respectant la méthode décrite plus haut. Quant aux concentrations de verres, elles ont été obtenues par une séparation densimétrique de la fraction comprise entre 1,5 et 2,4, suivie d'une séparation magnétique à 0,6 A.

Les analyses ont été réalisées dans deux laboratoires différents : 1) à l'Université de Louvain-la-Neuve au centre d'Analyses des Sciences de la Terre ; 2) au Centre d'Analyses des Sciences de la Terre à l'Université d'Orléans (France) au laboratoire conjoint CNRS-BRGM. Dans les deux cas, la microsonde électronique est une Cameca SX50, dont le calibrage était : 15 kV, 6 à 10 nA, et un faisceau de 3 à 10 µm selon les surfaces disponibles.

4.3. COMPOSITION CHIMIQUE DES VERRES ET DES MINÉRAUX

Les verres volcaniques consistent en hyaloclastes sub-isométriques à surfaces curviplanaires et dépourvus de vacuoles, ce qui en fait des hyaloclastes massifs (fig. 3). Ils ont un aspect brunâtre et légèrement corrodé. La phase vitreuse est transformée en illite (tab. 1) et colorée par de l'hydroxyde de fer. Cette altération s'est produite *in situ* après le dépôt du téphra. Dans d'autres sites du Téphra de Rocourt, les verres peuvent aussi être transformés en différentes proportions de kaolinite et de smectites en fonction des conditions locales de drainage (Pouclet *et al.*, 2008), ce qui explique les variations de composition que l'on constate dans le tableau 1.

Les orthopyroxènes sont des enstatites magnésiennes (tab. 2a) provenant soit de nodules lherzolithiques, soit de mégacristaux de haute pression (fig. 4A).

Les clinopyroxènes se répartissent dans les deux groupes précédemment définis dans le Téphra de Rocourt (Pouclet & Juvigné, 1993). Le premier groupe rassemble des augites magnésiennes et des diopsides riches en aluminium hexacoordonné et en sodium (tab. 2b).

Le deuxième groupe correspond à des diopsides et diopsides fassaïtiques (fig. 4A). Les pyroxènes du groupe 1 proviennent d'enclaves de péridotites mantelliques et de xénocristaux magmatiques de haute à moyenne pression, alors que ceux du groupe 2 sont des pyroxènes de basse pression d'un magma alcalin (fig. 4B et C).

Les amphiboles appartiennent au groupe calcique (tab. 3), et consistent principalement en pargasite titanifère et secondairement en kaersutite. Elles proviennent de mégacristaux de moyenne pression et de phénocristaux de basse pression d'un magma alcalin (fig. 5).

Les spinelles chromifères (tab. 4) sont présents à concurrence de quelques pour-cent. Ils peuvent être d'origine magmatique, ou éventuellement provenir de nodules de harzburgite (fig. 6).

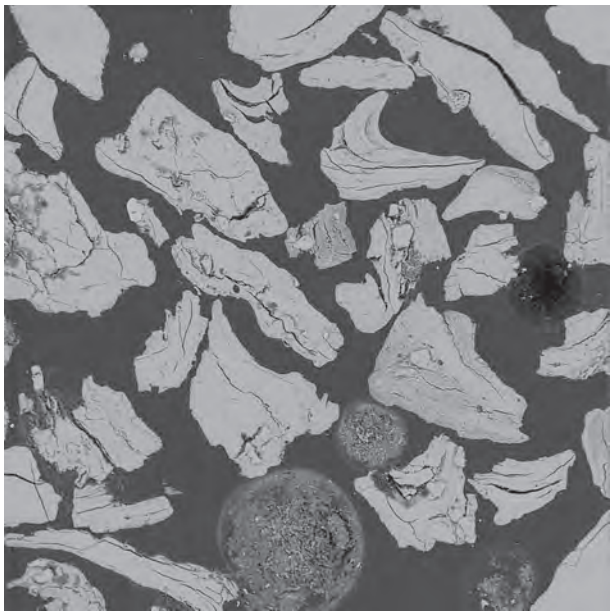


Fig. 3 : Hyaloclastes massifs du Téphra de Rocourt à Remicourt. N.B. : cercles = bulles d'air.
Fig. 3: Blocky shards of the Rocourt Tephra at Remicourt. N.B. : circles = air bubbles.

	Remicourt		Autres sites belges
Oxydes	Moyenne (n=15)	*Ecart-type*	Valeurs extrêmes
SiO_2	56,51	*0,89*	46,42-52,27
TiO_2	1,00	*0,25*	0,63-0,90
Al_2O_3	22,48	*0,71*	25,46-26,62
Fe_2O_3 t	6,39	*0,64*	11,18-11,59
MnO	0,04	*0,04*	0,09-0,15
MgO	1,45	*0,08*	1,57-1,82
CaO	0,89	*0,20*	0,75-1,54
Na_2O	0,14	*0,06*	0,18-0,19
K_2O	2,44	*0,28*	2,19-2,54
Cr_2O_3	0,07	*0,06*	0,02-0,05
P_2O_5	0,24	*0,10*	0,17-0,28
Total	91,65		91,38-95,15

Tab. 1 : Composition chimique moyenne des hyaloclastes du Téphra de Rocourt à Remicourt et fourchettes de valeurs obtenues dans d'autres sites de Belgique d'après Pouclet et Juvigné (1993).
Tab. 1: Averaged chemical composition of the blocky shards of the Rocourt Tephra at Remicourt and ranges of values obtained in other sites of Belgium after Pouclet and Juvigné (1993).

4.4 - L'ASSOCIATION DE MINÉRAUX MAFIQUES

En prenant en compte l'ensemble des minéraux déterminés en frottis dans les trois séquences étudiées (soit 3906 minéraux), on obtient une association minéralogique dominée par les clinopyroxènes (67,05 %) devant les amphiboles (23,12 %) puis l'enstatite (9,83 %). Par ailleurs, les analyses par microsonde ont montré la présence de quelques spinelles chromifères. Cette association est comparable à celles reconnues dans les autres coupes de loess de Moyenne Belgique (tab. 5 : Rocourt et Kesselt).

OPX				Moyenne (n=3)	*Ecart-type*
SiO_2	54,96	55,59	56,82	55,79	*0,95*
TiO_2	0,26	0,03	0,03	0,10	*0,13*
Al_2O_3	3,96	3,31	2,38	3,22	*0,79*
Fe_2O_3	0,08	1,27	0,00	0,45	*0,71*
FeO	8,24	3,84	5,81	5,96	*2,21*
Cr_2O_3	0,09	0,10	0,45	0,21	*0,21*
MnO	0,24	0,00	0,09	0,11	*0,12*
MgO	30,67	34,61	33,88	33,05	*2,10*
CaO	1,59	0,72	0,85	1,05	*0,47*
Na_2O	0,16	0,01	0,08	0,08	*0,08*
K_2O	0,00	0,01	0,00	0,00	*0,00*
Total	100,24	99,47	100,39	100,04	
Formule structurale sur 6 oxygènes					
Si	1,915	1,915	1,950		
Al ^{IV}	0,085	0,085	0,050		
Total	2,000	2,000	2,000		
Al ^{VI}	0,078	0,049	0,046		
Fe^{3+}	0,002	0,033	0,000		
Fe^{2+}	0,240	0,111	0,167		
Cr	0,002	0,003	0,012		
Mg	1,593	1,777	1,733		
Mn	0,007	0,000	0,003		
Ti	0,007	0,001	0,001		
Ca	0,060	0,026	0,031		
Na	0,011	0,000	0,005		
K	0,000	0,000	0,000		
Total	2,000	2,000	1,998		

Mg %	83,86	92,84	89,63
Fe^{2+} + Mn %	13,01	5,77	8,76
Ca %	3,13	1,38	1,62

Tab. 2a : Composition chimique des pyroxènes du Téphra de Rocourt à Remicourt.
A/ OPX, B/ CPX-groupe 1, C/ CPX-groupe 2.
Tab. 2a: Chemical composition of pyroxenes of the Rocourt Tephra at Remicourt. A/ OPX, B/ CPX-group 1, C/ CPX-group 2.

CPX									Moyenne	*Ecart-*
Gr.1									n=20	*type*
SiO_2	46,93	47,17	47,52	48,94	49,91	50,08	52,44	52,48	50,37	*1,81*
TiO_2	2,42	1,70	1,95	1,34	1,36	1,08	0,70	0,11	1,04	*0,55*
Al_2O_3	8,81	7,14	7,99	6,86	7,09	6,09	4,39	4,83	5,77	*1,36*
Fe_2O_3	2,15	2,30	2,11	0,83	0,27	1,66	1,60	1,00	1,33	*0,73*
FeO	3,65	3,91	3,50	3,90	5,17	4,02	4,45	2,40	3,92	*1,03*
Cr_2O_3	0,00	0,09	0,06	0,82	0,28	0,33	0,94	0,62	0,49	*0,33*
MnO	0,19	0,14	0,02	0,09	0,01	0,25	0,24	0,00	0,12	*0,09*
MgO	13,52	13,42	13,19	14,49	14,81	15,72	18,21	16,54	15,69	*1,88*
CaO	21,44	21,67	22,13	20,06	19,78	19,11	17,61	20,87	19,85	*1,85*
Na_2O	0,62	0,47	0,65	0,90	0,86	0,87	0,76	0,91	0,79	*0,12*
K_2O	0,00	0,00	0,07	0,02	0,00	0,01	0,04	0,00	0,01	*0,02*
Total	99,74	98,00	99,19	98,25	99,54	99,22	101,37	99,76	99,39	
Formule structurale sur 6 oxygènes										
Si	1,733	1,777	1,765	1,821	1,832	1,842	1,881	1,903		
Al ^{IV}	0,267	0,223	0,235	0,179	0,168	0,158	0,119	0,097		
Total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000		
Al ^{VI}	0,117	0,094	0,115	0,122	0,138	0,106	0,066	0,110		
Fe^{3+}	0,060	0,065	0,059	0,023	0,007	0,046	0,043	0,027		
Fe^{2+}	0,113	0,123	0,109	0,122	0,159	0,124	0,134	0,073		
Cr	0,000	0,003	0,002	0,024	0,008	0,010	0,027	0,018		
Mg	0,744	0,754	0,730	0,804	0,810	0,862	0,973	0,894		
Mn	0,006	0,005	0,000	0,003	0,000	0,008	0,007	0,000		
Ti	0,067	0,048	0,055	0,038	0,038	0,030	0,019	0,003		
Ca	0,848	0,875	0,880	0,800	0,778	0,753	0,677	0,811		
Na	0,045	0,035	0,047	0,065	0,061	0,062	0,053	0,064		
K	0,000	0,000	0,003	0,001	0,000	0,001	0,002	0,000		
Total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000		

Mg %	43,49	42,92	42,47	46,52	46,37	49,36	54,35	50,29
Fe^{2+} + Mn	6,94	7,27	6,35	7,20	9,11	7,52	7,85	4,09
Ca %	49,56	49,81	51,19	46,28	44,52	43,12	37,79	45,62

Tab. 2b : Composition chimique de clinopyroxènes (CPX-groupe 1) du Téphra de Rocourt à Remicourt.
Tab. 2b: Chemical composition of clinopyroxenes (CPX-group 1) of the Rocourt Tephra at Remicourt.

CPX Gr.2									Moyenne (n=17)	*Ecart-type*
SiO_2	44,89	44,92	45,15	45,20	46,54	46,88	48,41	49,21	46,53	*1,79*
TiO_2	2,33	2,34	2,57	2,25	1,82	2,09	1,65	1,72	2,13	*0,44*
Al_2O_3	8,11	8,80	7,96	7,92	7,59	7,11	6,39	5,10	7,15	*1,43*
Fe_2O_3	5,60	5,55	4,99	5,17	3,84	3,36	3,31	3,02	4,06	*1,13*
FeO	5,16	5,41	2,96	3,69	3,24	2,31	2,31	3,59	3,37	*1,00*
Cr_2O_3	0,00	0,01	0,09	0,04	0,14	0,39	0,01	0,16	0,11	*0,10*
MnO	0,29	0,23	0,11	0,29	0,00	0,09	0,21	0,07	0,14	*0,10*
MgO	10,14	10,17	11,90	11,11	12,44	14,81	13,76	13,67	12,52	*1,39*
CaO	22,42	21,79	22,88	22,73	22,51	21,35	23,13	23,25	22,78	*0,56*
Na_2O	0,77	0,88	0,56	0,69	0,66	0,39	0,57	0,56	0,55	*0,17*
K_2O	0,00	0,04	0,06	0,00	0,01	0,00	0,03	0,00	0,02	*0,02*
Total	99,72	100,13	99,21	99,09	98,78	98,78	99,78	100,35	99,35	
Formule structurale sur 6 oxygènes										
Si	1,700	1,692	1,700	1,710	1,748	1,746	1,789	1,817		
Al ^{IV}	0,300	0,308	0,300	0,290	0,252	0,254	0,211	0,183		
Total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000		
Al ^{VI}	0,062	0,083	0,053	0,063	0,084	0,058	0,068	0,039		
Fe^{3+}	0,160	0,157	0,141	0,147	0,109	0,094	0,092	0,084		
Fe^{2+}	0,163	0,170	0,093	0,117	0,102	0,072	0,071	0,111		
Cr	0,000	0,000	0,003	0,001	0,004	0,011	0,000	0,005		
Mg	0,573	0,571	0,668	0,627	0,696	0,822	0,758	0,752		
Mn	0,009	0,007	0,004	0,009	0,000	0,003	0,007	0,002		
Ti	0,066	0,066	0,073	0,064	0,052	0,059	0,046	0,048		
Ca	0,910	0,879	0,923	0,922	0,906	0,852	0,916	0,920		
Na	0,057	0,064	0,041	0,051	0,048	0,028	0,041	0,040		
K	0,000	0,002	0,003	0,000	0,000	0,000	0,001	0,000		
Total	2,001	2,001	2,001	2,001	2,000	2,000	2,000	2,000		

Mg %	34,60	35,07	39,57	37,43	40,87	47,01	43,27	42,15
Fe^{2+} + Mn %	10,43	10,92	5,73	7,53	5,97	4,28	4,45	6,33
Ca %	54,97	54,01	54,70	55,04	53,16	48,71	52,28	51,52

Tab. 2c : Composition chimique de clinopyroxènes (CPX-groupe 2) du Téphra de Rocourt à Remicourt.
Tab. 2c: Chemical composition of clinopyroxenes (CPX-groupe 2) of the Rocourt Tephra at Remicourt.

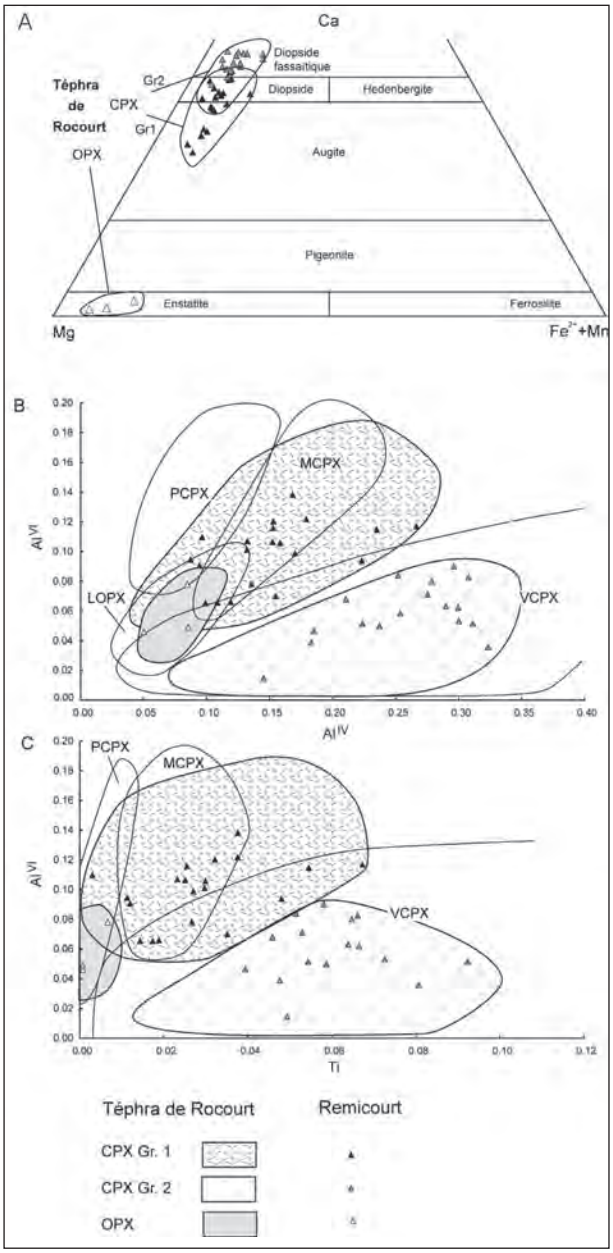


Fig. 4 : Composition des pyroxènes présents à Remicourt.
A/ diagramme triangulaire Mg-Ca-Fe^{2+} + Mn de Morimoto *et al.* (1988) montrant la position des pyroxènes de Remicourt dans les trois domaines de répartition des pyroxènes du Téphra de Rocourt dans les autres sites de Belgique : CPX du groupe 1 (augite et diopside alumineux), CPX du groupe 2 (diopside et diopside fassaïtique) et OPX ; B et C/ diagrammes de covariation Al^{IV}-Al^{VI} et Ti-Al^{VI} montrant la position des pyroxènes de Remicourt dans les trois domaines de répartition des pyroxènes du Téphra de Rocourt : MCPX du groupe 1 (pyroxènes de moyenne pression), VCPX du groupe 2 (pyroxènes de basse pression) et OPX. D'après Pouclet *et al*. (2008), PCPX correspond aux clinopyroxènes des nodules de péridotites mantelliques, MCPX est le domaine des mégacristaux des cumulats infra-crustaux, VCPX est la composition des phénocristaux des laves alcalines, et LOPX correspond aux orthopyroxènes des nodules de lherzolite mantelliques.
Fig. 4: Composition of the pyroxenes at the Remicourt site. A/ Mg-Ca-Fe^{2+} + Mn ternary diagram showing the pyroxenes of Remicourt within the three fields corresponding to the pyroxenes of the Rocourt Tephra in others sites in Belgium, namely Group 1 CPX (augite et aluminian diopside), Group 2 CPX (diopside and fassaïtic diopside), and OPX; B and C/ Al^{IV}-Al^{VI} and Ti-Al^{VI} covariation diagrams showing the position of the Remicourt pyroxenes in the three fields corresponding to the pyroxenes of the Rocourt Tephra in others sites in Belgium: MCPX or Group 1 CPX (middle pressure pyroxenes), VCPX or Group 2 CPX (low pressure pyroxenes) and LOPX. After Pouclet et al. *(2008) PCPX are clinopyroxenes from mantellic nodules of peridotite, MCPX are megacrysts from infra-crustal cumulates, VCPX are phenocrysts from alcaline lavas, and LOPX are orthopyroxenes from mantellic lherzolitic nodules.*

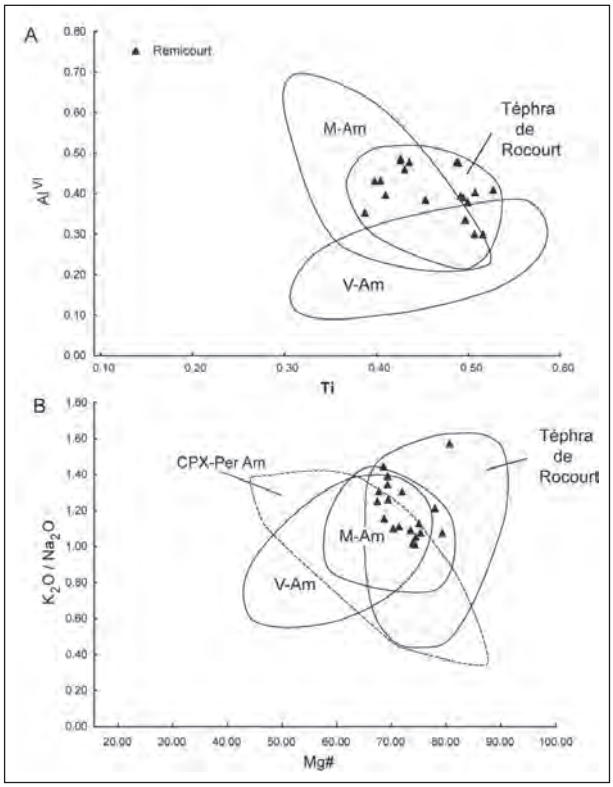


Fig. 5 : Composition des amphiboles présentes à Remicourt.
A et B/ diagrammes de covariation Ti-Al^{VI} et Mg#-K_2O/Na_2O (Mg# = 100 x Mg / Mg + Fe^{2+} en % atomiques ; K_2O et Na_2O sont en % pondéraux). Répartition des amphiboles de Remicourt dans le domaine des amphiboles du Téphra de Rocourt: M-Am, mégacristaux infra-crustaux ; V-Am, phénocristaux des laves alcalines ; CPX-Per Am, amphiboles des pyroxénites en veines dans les péridotites du manteau (champs pour le Téphra de Rocourt, d'après une compilation de Pouclet *et al*., 2008).
Fig. 5: Composition of amphiboles at the Remicourt site. A and B/ Ti-Al^{VI} and Mg#-K_2O/Na_2O covariation diagrams (Mg# = 100 x Mg / Mg + Fe^{2+} atomic %; K_2O and Na_2O weight %). Plotting of the Remicourt amphiboles in the fields of the amphiboles of Rocourt Tephra in other Belgian sites: M-Am, lower crust setting megacrysts; V-Am, phenocrysts of common alcaline lavas; CPX-Per Am, amphiboles from veined pyroxenites into mantle peridotites (fields for the Rocourt Tephra after compilation by Pouclet et al.*, 2008).*

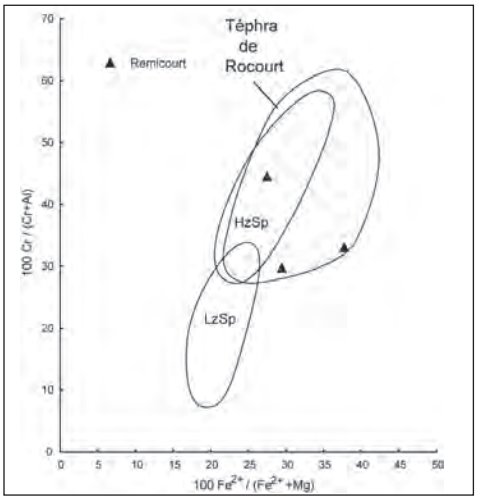


Fig. 6 : Composition des spinelles présents à Remicourt : diagramme 100 Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg) versus 100 Cr / (Cr+Al).
Les spinelles de Remicourt se situent dans le champ des spinelles du Téphra de Rocourt correspondant aux spinelles des harzburgites, HzSp. LzSp est le domaine des spinelles des lherzolites (champs pour le Téphra de Rocourt d'après Pouclet *et al*., 2008).
Fig. 6: Composition of spinels at the Remicourt site: 100 Fe^{2+} / (Fe^{2+} + Mg) versus 100 Cr / (Cr+Al) diagram. The Remicourt spinels plot in the field of the Rocourt Tephra spinels corresponding to harzburgite bearing spinels, HzSp. LzSp are lherzolite bearing spinels (fields for the Rocourt Tephra after compilation by Pouclet et al.*, 2008).*

	Kaersutite	Pargasite							Moyenne (n=19)	*Ecart-type*
SiO_2	38,81	39,21	39,45	40,08	40,22	40,57	40,57	40,65	39,78	*0,59*
TiO_2	4,64	4,36	4,37	3,89	3,55	3,85	3,88	3,64	4,10	*0,38*
Al_2O_3	14,28	13,46	13,87	14,29	13,80	14,48	14,21	13,93	13,92	*0,35*
Cr_2O_3	0,00	0,21	0,00	0,07	0,06	0,08	0,00	0,09	0,07	*0,07*
FeO t	11,54	11,87	11,08	9,28	10,58	8,11	9,12	9,89	10,29	*1,08*
MnO	0,07	0,00	0,20	0,11	0,12	0,07	0,05	0,14	0,11	*0,05*
MgO	12,17	12,38	12,66	13,63	13,31	14,45	14,05	13,79	13,22	*0,75*
CaO	12,04	12,34	12,08	11,63	11,53	11,81	11,42	11,64	11,72	*0,40*
Na_2O	1,88	1,78	1,88	2,22	2,15	2,03	2,23	2,19	1,98	*0,20*
K_2O	2,46	2,22	2,37	2,34	2,39	2,46	2,40	2,39	2,36	*0,12*
Total	97,89	97,83	97,95	97,54	97,70	97,91	97,93	98,35	97,54	*0,59*
Formule structurale sur 23 oxygènes										
Si	5,866	5,934	5,932	5,969	6,004	5,973	5,988	6,006		
Al^{IV}	2,134	2,066	2,068	2,031	1,996	2,027	2,012	1,994		
Total	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000	8,000		
Al^{VI}	0,409	0,335	0,390	0,477	0,431	0,486	0,459	0,431		
Ti	0,527	0,497	0,494	0,436	0,398	0,426	0,431	0,404		
Cr	0,000	0,025	0,000	0,008	0,007	0,009	0,000	0,011		
Fe^{3+}	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Fe^{2+}	1,312	1,352	1,253	1,040	1,188	0,899	1,013	1,100		
Mn	0,009	0,000	0,025	0,014	0,015	0,009	0,006	0,018		
Mg	2,742	2,792	2,837	3,025	2,961	3,171	3,091	3,037		
Ca	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Total	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000	5,000		
Mg	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Fe2+	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Mn	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		
Ca	1,950	2,000	1,946	1,856	1,844	1,863	1,806	1,843		
Na	0,050	0,000	0,054	0,144	0,156	0,137	0,194	0,157		
Total	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000	2,000		
Na	0,502	0,521	0,494	0,497	0,467	0,443	0,444	0,470		
K	0,474	0,429	0,454	0,445	0,455	0,462	0,452	0,450		

Tab. 3 : Composition chimique des amphiboles du Téphra de Rocourt à Remicourt.
Tab. 3: Chemical composition of amphiboles of the Rocourt Tephra at Remicourt.

	Spinelle chromifère			Moy (n=3)	*Ecart-type*
SiO_2	0,37	0,29	0,29	0,32	*0,05*
TiO_2	1,02	1,96	1,21	1,40	*0,49*
Al_2O_3	39,20	33,53	27,73	33,49	*5,73*
Cr_2O_3	24,71	24,65	33,14	27,50	*4,88*
FeO	12,92	16,08	11,27	13,42	*2,44*
Fe_2O_3	4,42	8,01	7,24	6,56	*1,89*
MnO	0,11	0,50	0,32	0,31	*0,19*
MgO	17,39	14,87	16,68	16,31	*1,30*
Total	100,13	99,87	97,89	99,30	*1,23*
Formule structurale sur 32 oxygènes					
Si	0,083	0,067	0,070		
Al	10,362	9,224	7,837		
Ti	0,173	0,343	0,218		
Fe^{3+}	0,745	1,406	1,306		
Fe^{2+}	2,423	3,138	2,261		
Mg	5,813	5,174	5,962		
Mn	0,020	0,098	0,066		
Cr	4,382	4,549	6,282		
Total	24,000	24,000	24,000		

Tab. 4 : Composition chimique des spinelles du Téphra de Rocourt à Remicourt.
Tab. 4: Chemical composition of the spinels of the Rocourt Tephra at Remicourt.

5 - RÉPARTITION STRATIGRAPHIQUE DES MINÉRAUX D'ORIGINE VOLCANIQUE

Les trois séquences étudiées (fig. 7) révèlent une distribution stratigraphique relativement cohérente des minéraux du Téphra de Rocourt, avec toutefois une répartition différente des minéraux selon la position des séquences le long du versant. Dans ce contexte, les éléments suivants ont été pris en considération lors de l'interprétation des données minéralogiques : 1) la complémentarité stratigraphique des trois séquences ; 2) la distinction des épisodes de sédimentation et des processus de pédogenèse qui les affectent, principalement dans le cas des horizons supérieurs du Pédocomplexe de Rocourt et de l'horizon bioturbé 25b du Complexe humifère de Remicourt ; 3) le positionnement stratigraphique des limites des raclages par tranches constantes de 10 cm, localement discordantes par rapport aux subdivisions pédosédimentaires.

Les diagrammes de distribution situent le maximum de concentration de minéraux d'origine volcanique dans le Complexe humifère de Remicourt avec des valeurs comprises entre 100 et plus de 400 grains par gramme. Aucune lamine susceptible de correspondre à la couche de téphra en place n'a pu être localisée au sein des tranches présentant un maximum de concentration. Ceci est certainement la conséquence des bioturbations qui ont eu lieu dans le Complexe humifère de Remicourt après la retombée volcanique.

À tous les niveaux du complexe humifère, les trois minéraux mafiques du Téphra de Rocourt se présentent dans l'ordre de fréquence de l'ensemble de l'association en contexte loessique : clinopyroxènes, amphibole brune, puis enstatite. Ces minéraux se rencontrent également dans les unités qui encadrent le complexe humifère, mais en nombre nettement plus réduit. Les concentrations présentent une tendance globalement décroissante lorsqu'on s'éloigne du complexe humifère. La décroissance vers le bas est liée aux bioturbations, alors que la décroissance vers le haut s'explique par le remaniement sédimentaire.

Dans la séquence n° 1, la concentration des minéraux volcaniques croît progressivement d'environ 200 grains/g dans l'horizon bioturbé de l'unité 25 à près de 450 grains au sommet tronqué de l'unité 24.

Dans la séquence n° 2, qui constitue l'enregistrement le plus complet du Complexe humifère de Remicourt, deux niveaux de concentration maximale, de l'ordre de 450 grains/g, sont enregistrés. Le premier maximum corres-

	Remicourt	Rocourt	Kesselt	Walou	Trô Maret
Nombre d'échantillons	19	21	23	25	3
Minéraux comptés	3906	3588	3407	1133	482
Clinopyroxène	59 - 72%	59 - 85%	62 - 84%	79 - 83%	14 - 26%
Orthopyroxène	3 - 14%	2 - 10%	5 - 18%	5 - 9%	30 - 43%
Amphibole	18 - 29%	7 - 25%	5 - 21%	8 - 13%	33 - 47%
Spinelle	1 - 3%	2 - 4%	2 - 4%	1 - 2%	2 - 4%

Tab. 5 : L'association de minéraux mafiques transparents du Téphra de Rocourt à Remicourt et dans d'autres sites de Belgique d'après Pouclet *et al.* (2008).
Tab. 5: Transparent mafic mineral suite of the Rocourt Tephra at Remicourt and in other sites of Belgium after Pouclet et al. *(2008).*

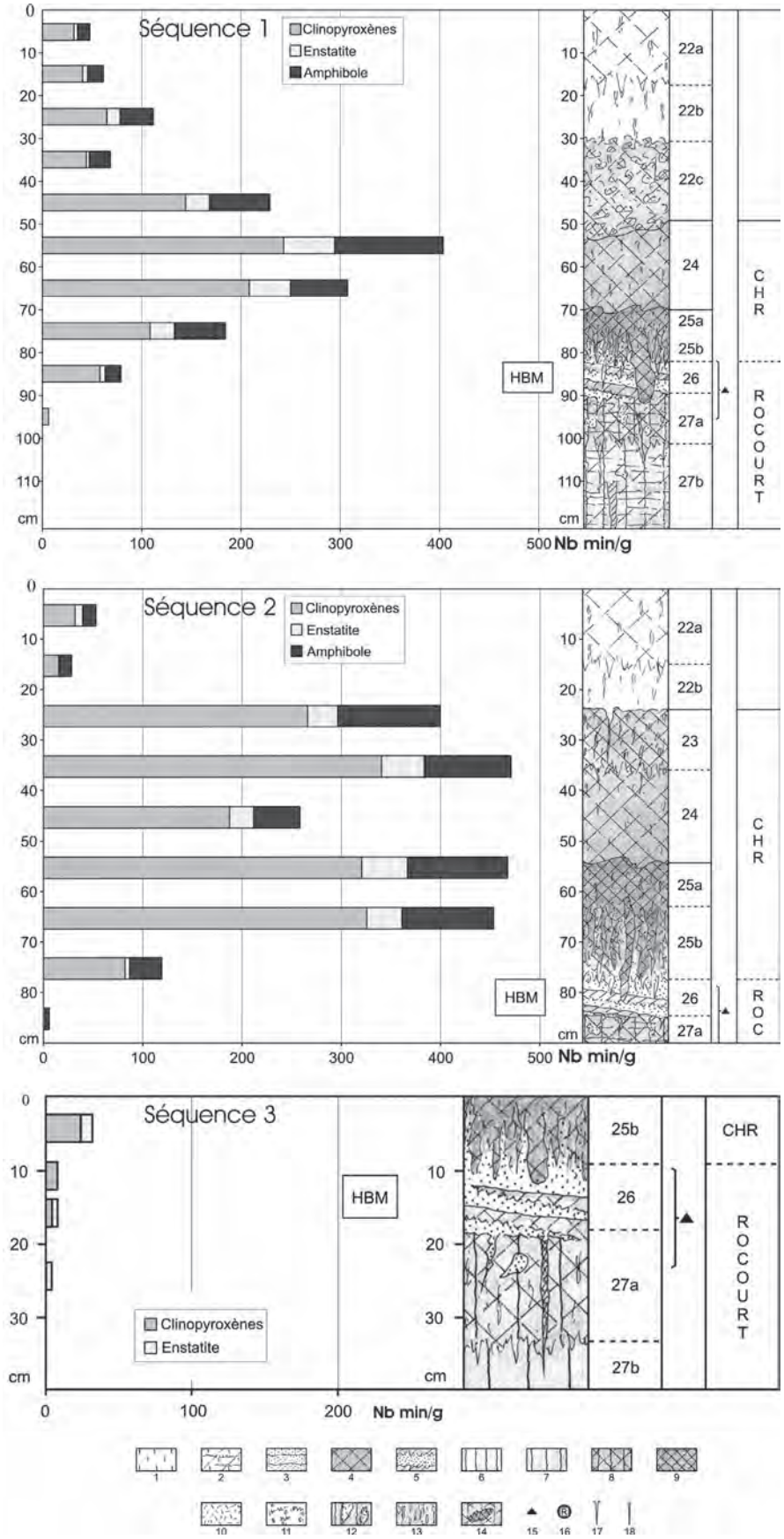


Fig. 7 : Répartition stratigraphique quantitative des minéraux mafiques du Téphra de Rocourt dans trois séquences du Complexe humifère de Remicourt (localisation sur la figure 2).
Symboles graphiques : voir la légende de la figure 2. Le triangle noir et l'accolade indiquent le niveau où les artefacts du Paléolithique moyen ont été trouvés (Horizon blanchi de Momalle).
Fig. 7: Stratigraphical distribution of mafic minerals of the Rocourt Tephra in three sections of the Humic Complex of Remicourt (localization in figure 2). Graphic symbols: see legend of figure 2. Black triangle and bracket indicate the level containing the middle Paleolithic artefacts (Whitish horizon of Momalle). See figure 2 for explanation of graphic symbol.

pond aux deux échantillons compris entre 70 et 50 cm qui couvrent en succession la moitié supérieure de l'horizon bioturbé 25b, l'horizon humifère 25a et la partie inférieure du limon de l'unité 24 ; le second maximum compris entre 40 et 30 cm couvre la partie sommitale de l'unité 24 et l'essentiel de l'unité 23 qui termine le complexe humifère.

Dans la séquence n° 3, située plus haut sur le versant, le contenu en minéraux volcaniques avoisine 40 grains/g dans la partie inférieure de l'horizon bioturbé 25b.

6 - POSITION LITHOSTRATIGRAPHIQUE DE LA RETOMBÉE VOLCANIQUE

Si l'on accepte le schéma situant la surface topographique qui a reçu la retombée volcanique au niveau de la concentration maximale, la position initiale de la retombée du Téphra de Rocourt est à situer au sein du Complexe humifère de Remicourt. Dans la séquence n° 2, c'est le milieu de l'unité 25 qui enregistre le premier maximum de minéraux volcaniques. Le positionnement de la retombée par rapport à l'interface des horizons 25a et 25b demeure cependant problématique en raison du recouvrement de ces horizons dans les prélèvements, et des nombreuses bioturbations qui affectent cette interface.

Toutefois, l'hypothèse situant la retombée volcanique au cours de la phase éolienne associée à l'horizon humifère 25a nous paraît plausible, si l'on prend en compte le caractère colluvial de l'horizon bioturbé sous-jacent (sous-unité 25b), et aussi le petit nombre de minéraux volcaniques présents à ce niveau dans la séquence n° 3 située plus haut sur le versant.

Ce schéma est également compatible avec l'enregistrement de la séquence n° 1 où l'absence d'un maximum de minéraux volcaniques dans l'unité 25 pourrait être attribuée, soit au faible degré de résolution de l'horizon humifère 25a à cet endroit, soit au fait que 25a et 25b sont mélangés dans l'échantillon 70-80 cm.

Dans les trois séquences, la présence à des degrés divers des minéraux volcaniques dans l'horizon 25b s'expliquerait essentiellement par des bioturbations qui ne sont pas prolongées dans le Pédocomplexe de Rocourt sous-jacent.

Par ailleurs, si la présence à l'état remanié de minéraux volcaniques dans le limon de l'unité 24 s'avère en accord avec le caractère éolien de ce dépôt en partie alimenté par des apports locaux, en revanche, l'existence d'un second maximum de minéraux dans la partie sommitale de ce limon et dans l'horizon gris-brun sus-jacent (unité 23) pose problème. Ce second maximum devrait résulter du remaniement de dépôts locaux. Dans ce contexte, la brusque diminution de la concentration des minéraux volcaniques enregistrée dans le limon loessique correspondant aux sous-unités 22b et 22a paraît en bon accord avec le caractère éolien de ce dépôt, lequel s'inscrit en continuité avec le sommet du Complexe humifère de Remicourt.

7 - ÂGE DE LA RETOMBÉE

Pour terminer, un dernier aspect de la problématique du Téphra de Rocourt concerne l'âge de la retombée volcanique, lequel est directement lié au contexte chronostratigraphique du Complexe humifère de Remicourt et du Pédocomplexe de Rocourt sous-jacent. En particulier, la tripartition du Pédocomplexe de Rocourt, également bien exprimée dans la carrière de Romont à Eben-Emael (Juvigné *et al.*, 2008) et au Mont Saint-Martin à Liège (Haesaerts, *et al*., 2008 ; van der Sloot *et al*., 2009, 2011), conduit à rapporter les trois phases de pédogenèse enregistrées à Remicourt, respectivement à l'Eemien et au Début Glaciaire Weichselien (fig. 8). De même, dans le bassin de la Haine, ce pédocomplexe regroupe la succession des sols d'Harmignies, de Villers-Saint-Ghislain A et de Villers-Saint-Ghislain B (fig. 8), que l'on peut valablement mettre en parallèle avec les sols de Elbeuf I, de Bettencourt-Saint-Ouen et de Saint-Sauflieu I reconnus dans le nord-ouest de la France (Antoine *et al*., 1999, 2003 ; Antoine, 2002).

Dans ce contexte, le Complexe humifère de Remicourt, mis en place au cours d'une phase steppique accompagnée d'une reprise des apports éoliens, correspondrait à la phase terminale du Début Glaciaire weichselien, le loess allochtone (unité 22) et les limons sableux (unités 21 à 18) qui portent le sol de Malplaquet étant attribués au Pléniglaciaire weichselien (Haesaerts & Mestdagh, 2000 ; Haesaerts *et al*., 2011a). La retombée du Téphra de Rocourt serait donc à situer dans la partie supérieure de l'interstade de Dansgaard-Oeschger 21, comprise entre 78 et 80 ka dans la chronologie NGRIP (Andersen *et al*., 2004). Cette fourchette chronologique est en bon accord avec les âges IRSL obtenus en Moyenne Belgique pour les dépôts encadrant le Complexe humifère de Remicourt (van den Haute *et al*., 2003). Elle permet également de restreindre l'âge du Téphra de Rocourt proposé récemment par Pouclet *et al.* (2008) et par Pirson et Juvigné (2011).

Enfin, il doit être rappelé ici que Haesaerts *et al.* (1981) ont obtenu des âges ^{14}C compris entre 28 130 ± 350 BP (GrN-9794) et 47 800 ± 2100 BP (GrN-9080) pour l'horizon humifère qui à Kesselt et à Rocourt contient le Téphra de Rocourt. Il apparaît que ces âges qui sont à la limite du champ de mesures par le ^{14}C doivent être considérés aujourd'hui comme des valeurs sous-estimées à ne plus prendre en compte.

8 - CONCLUSION

À Remicourt, la présence d'un cryptotéphra rapporté au Téphra de Rocourt dans le Complexe humifère de Remicourt conforte la corrélation de ce téphra avec des sédiments humifères qui ont été décrits antérieurement avec moins de détails dans d'autres coupes de loess de Moyenne Belgique. Les verres sont des hyaloclastes massifs altérés en illite. Dans l'association de minéraux mafiques, on trouve dans l'ordre de fréquence : 1) des clinopyroxènes qui sont majoritaires et se répartissent en deux groupes : d'une part des augites magnésiennes

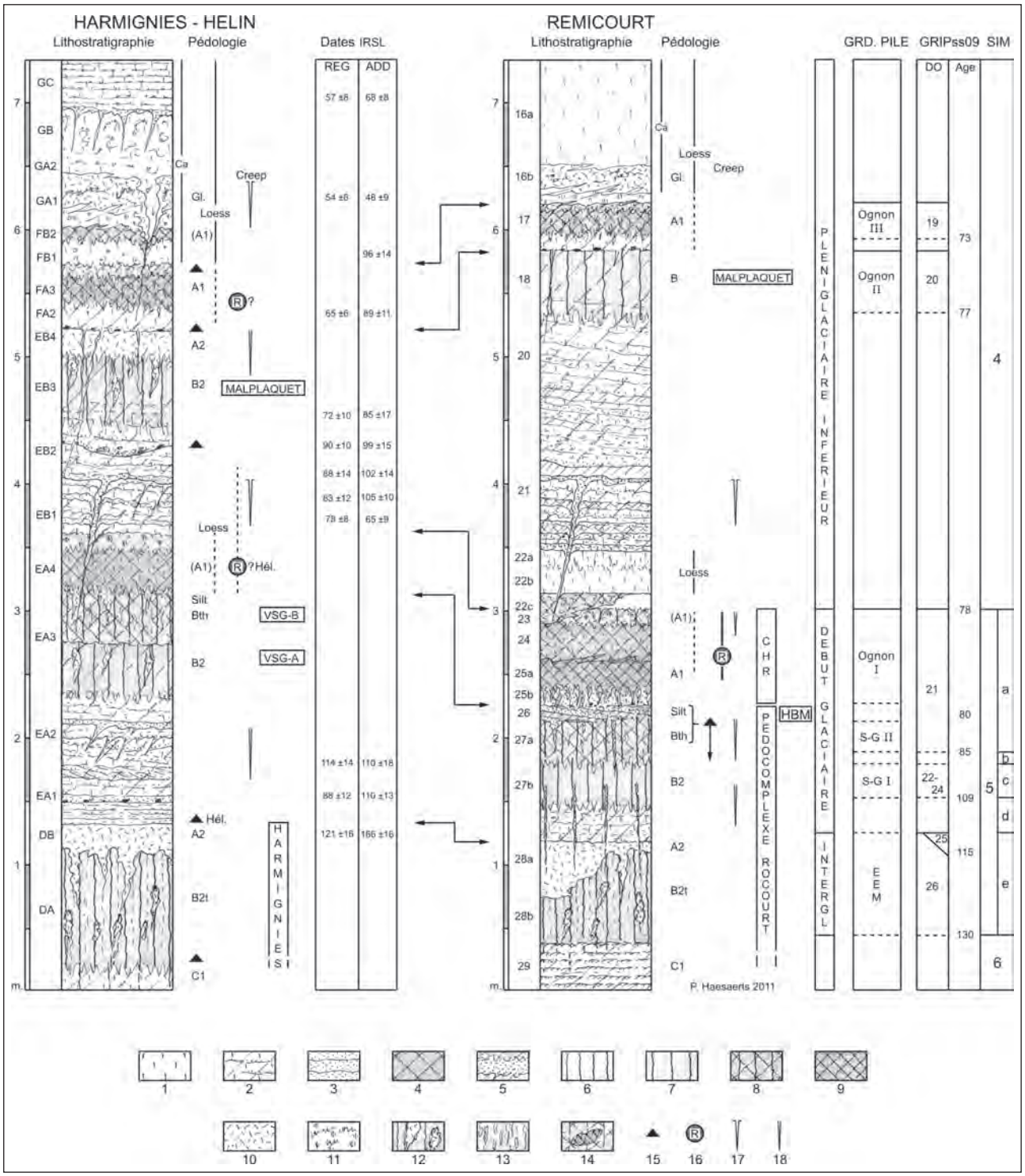


Fig. 8 : Contextes pédo- et chronostratigraphique du Téphra de Rocourt à Remicourt.
Comparaison avec le stratotype de Harmignies (Haesaerts *et al.*, 1999 ; dates IRSL : Frechen *et al.*, 2001), la stratigraphie de La Grande Pile (Woillard & Mook, 1982) et les interstades de Dansgaard-Oeschger (DO) dans la carotte de glace de NGRIP.
Abréviations. Gl : gley de toundra, VSG : Villers-Saint-Ghislain, CHR : Complexe humifère de Remicourt, HBM : Horizon blanchi de Momalle. Symboles graphiques : voir la légende de la figure 2.
Fig. 8: Pedo- and chronostratigraphic context of the Rocourt Tephra at Remicourt. Comparison with the stratotype of Harmignies (Haesaerts et al.*, 1999; IRSL dates: Frechen* et al.*, 2001), the stratigraphy of La Grande Pile (Woillard & Mook, 1982) and Dansgaard-Oeschger intestadials (DO) in NGRIPice core.*
Abbreviations. Gl: tundra gley, VSG: Villers-Saint-Ghislain, CHR: Humiferous Complex of Remicourt, HBM: Whitish Horizon of Momalle. Graphic symbols: see legend of figure 2.

et des diopsides alumineux, d'autre part des diopsides et diopsides fassaïtiques ; 2) des amphiboles brunes qui consistent en pargasite titanifère et kaersutite ; 3) un orthopyroxène qui est de l'enstatite magnésienne. Il existe également quelques grains de spinelle chromifère.

Le maximum de concentration de minéraux volcaniques, qui devrait correspondre au moment de l'éruption, a pu être localisé dans le Complexe humifère de Remicourt, dans l'horizon 25a, associé à la première génération de limon d'origine éolienne enrichi *in situ* en

humus. L'interprétation chronostratigraphique de cette séquence conduit ainsi à situer le moment de la retombée volcanique dans la partie supérieure de l'interstade de Dansgaard-Oeschger 21 comprise entre 78 et 80 ka, période qui se situe dans celle plus large proposée antérieurement (entre 74 et 90 ka ; Pouclet *et al*., 2008).

REMERCIEMENTS

Nous remercions Jacques Wautier (UCL, CAMST) pour les analyses par microsonde, Éric Dermience (IRSNB) pour l'infographie des figures 2, 7 et 8 et Elizabeth Tallier pour les travaux de laboratoire.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANDERSEN K.K., AZUMA N., BARNOLA J.-M., BIGLER M., BISCAYE P., CAILLON N., CHAPPELLAZ J., CLAUSEN H.B., DAHL-JENSEN D., FISCHER H., FLÜCKIGER J., FRITZSHE D., FUJII Y., GOTO-AZUMA K., GRØNVOLD K., GUNDESTRUP N.S., HANSSON M., HUBER C., HVIDBERG C.S., JOHNSEN S.J., JONSELL U., JOUZEL J., KIPSTUHL J., LANDAIS A., LEUENBERGER M., LORRAIN R., MASSON-DELMOTTE V., MILLER H., MOTOYAMA H., NARITA H., POPP T., RASMUSSEN S.O., RAYNAUD D., ROTHLISBERGER R., RUTH U., SAMYN D., SCHWANDER J., SHOJI H., SIGGARD-ANDERSEN M.-L., STEFFENSEN J.P., STOCKER T., SVEINBJÖRNSDOTTIR A.E., SVENSSON A., TAKATA M., TISON J.-L, THORSTEINSSON TH., WATANABE O., WILHELMS F. & WHITE J.W.C., 2004 - High-resolution record of Northern Hemisphere climate extending into the last interglacial period. *Nature*, **431** (7005), 147-151.

ANTOINE P., 2002 - Contexte stratigraphique et paléopédologique ; interprétation chronostratigraphique et environnementale. *Documents d'Archéologie Française*, **90**, 16-39.

ANTOINE P., ROUSSEAU D.-D., LAUTRIDOU J.-P. & HATTÉ C., 1999 - Last Interglacial-Glacial climatic cycle in loess-palaeosol successions of north-western France. *Boreas*, **28** (4), 551-563.

ANTOINE P., BAHAIN J.-J., DEBENHAM N.C., FRECHEN M., GAUTIER A., HATTÉ C., LIMONDIN-LOZOUET N., LOCHT J.-L. RAYMOND P. & ROUSSEAU D.-D., 2003 - Nouvelles données sur le Pléistocène du nord du Bassin parisien : les séquences loessiques de Villiers-Adam (Val d'Oise, France). *Quaternaire*, **14** (4), 219-236.

BOSQUET D., JARDON GINER P. & JADIN I., 2004 - L'industrie lithique du site paléolithique moyen de Remicourt « En Bia Flo » (province de Liège, Belgique) : technologie, tracéologie et analyse spatiale. *British Archaeological Reports. International Series*, **1239**, 257-274.

BOSQUET D., DAMBLON F. & HAESAERTS P., 2009 - Mise en évidence de l'utilisation d'un combustible osseux au Paléolithique moyen : le cas du gisement de Remicourt « En Bia Flo » (province de Liège, Belgique). *British Archaeological Reports. International Series*, **1914**, 85-99.

BOSQUET D. & HAESAERTS P. (eds.), à paraître - *Remicourt « En Bia Flo » : site paléolithique moyen de plein air (province de Liège, Belgique)*. Études et Documents. Archéologie. Ministère de la Région wallonne, Direction générale de l'aménagement du territoire, du logement et du patrimoine, Namur.

BRINGMANS P., VERMEERSCH P., GULLENTOPS F., GROENENDIJK A., MEIJS E., DE WARRIMONT J.-P. & CORDY J.-M. 2003 - Preliminary Excavation Report on the Middle Palaeolithic Valley Settlements at Veldwezelt-Herzewater (prov. of Limburg). *Archeologie in Vlaanderen*, **7** (1999/2000), 9-30.

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** (3-4), 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 de Louvain*, **18**, 125-252.

HAESAERTS P. & VAN VLIET-LANOË B., 1974 - Compte-rendu de l'excursion du 25 mai 1974 consacrée à la stratigraphie des limons aux environs de Mons. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **97**, 547-560.

HAESAERTS P., JUVIGNÉ E., KUYL O., MÜCHER H. & ROEBROEKS W., 1981 - Compte rendu de l'excursion du 13 juin 1981 en Hesbaye et au Limbourg néerlandais, consacrée à la chronostratigraphie des loess du Pléistocène supérieur. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **104**, 223-240.

HAESAERTS P., MESTDAGH H. & BOSQUET D., 1997 - La séquence loessique 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** (3-4), 5-27.

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, *Geologie en Mijnbouw*, **79** (2-3), 313-324.

HAESAERTS P., VAN DER SLOOT P. & LÉOTARD J.-M., 2008 - Sondages archéologiques au sein des dépôts du Pléistocène supérieur préservés sur le Mont Saint-Martin à Liège. *Notae Praehistoricae*, **28**, 21-31.

HAESAERTS P., DI MODICA K. & PIRSON S., 2011a - Le gisement paléolithique de la Sablière Gritten à Rocourt (province de Liège). *In* M. Toussaint, K. Di Modica & S. Pirson (dir.), *Le Paléolithique moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulrix-Closset*. Bulletin de la Société belge d'études Géologiques et Archeologiques « Les Chercheurs de la Wallonie », **HS 4** & Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, **128**, 359-374.

HAESAERTS P., PIRSON S. & MEIJS E., 2011b - *Aeolian sediments: new proposal for the Quaternary lithostratigraphic units (Belgium)*. National Commission of Stratigraphy of Belgium (NCS), Subcommission Quaternary. http://www2.ulg.ac.be/geolsed/GB/SCQ.htm

JUVIGNÉ E., 1973 - Datation de sédiments quaternaires à Tongrinne et à Tilff par des minéraux volcaniques. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **96**, 411-412.

JUVIGNÉ E., 1974 - Découverte de minéraux volcaniques à Kesselt (Limbourg). *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **7**, 287-288.

JUVIGNÉ E., 1977 - Zone de dispersion et âge des poussières volcaniques du tuf de Rocourt. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **100**, 13-22.

JUVIGNÉ E., 1985 - Données nouvelles sur l'âge de la capture de la Warche à Bévercé. *Bulletin de la Société Géographique de Liège*, **21**, 3-11.

JUVIGNÉ E., 1993 - Contribution à la téphrostratigraphie du Quaternaire et son application à la géomorphologie. *Mémoires pour Servir à l'Explication des Cartes Géologiques et Minières de la Belgique*, **36**, 1-66.

JUVIGNÉ E., LENOBLE-PINSON M. & RAYNAL J.-P., 2001 - Tephra nomenclatura en langue française. *Les Dossiers de l'Archéo-Logis*, **1**, 11-15.

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** (2), 133-139.

MORIMOTO N., FABRIES J., FERGUSON A.K., GINZBURG I.V., ROSS M., SEIFERT F.A. & ZUSSMAN J., 1988 - Nomenclature of pyroxenes. *Bulletin Mineralogique*, **111**, 535-550.

PAEPE R., 1966 - Comparative stratigraphy of Würm loess deposits in Belgium and Austria. *Bulletin de la Société Belge de Géologie*, **75**, 203-216.

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, **8**, 96 p.

PIRSON S., DRAILY C., COURT-PICON M., DAMBLON F. & HAESAERTS P., 2004 - La nouvelle séquence stratigraphique de la grotte Walou (Belgique). *Notae Praehistoricae*, **24**, 31-45.

PIRSON S. & JUVIGNÉ E., 2011 - Bilan sur l'étude des téphras à la grotte Walou. *In* S. Pirson, C. Draily & M. Toussaint (dir.), *La grotte Walou à Trooz (Belgique). Fouilles de 1996 à 2004. Volume 1. Les sciences de la terre*. Études et Documents. Archéologie, **20**. Ministère de la Région wallonne, Direction générale de l'aménagement du territoire, du logement et du patrimoine, Namur, 134-167.

POUCLET A. & JUVIGNÉ E., 1993 - La Téphra de Rocourt en Belgique : recherche de son origine d'après la composition des pyroxènes. *Annales de la Société Géologique de Belgique*, **1166**, 137-145.

POUCLET A., JUVIGNÉ E. & PIRSON S., 2008 - The Rocourt Tephra, a widespread 90-74 ka stratigraphic marker in Belgium. *Quaternary Research*, **70** (1), 105-120.

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** (10-13), 985-990.

VAN DER SLOOT P., PIRSON S. & HAESAERTS P., 2009 - Campagne de fouilles 2009 sur le site paléolithique moyen de la Cour Saint-Hubert à Liège (Belgique). Résultats préliminaires. *Notae Praehistoricae*, **29**, 23-35.

VAN DER SLOOT P., HAESAERTS P. & PIRSON S., 2011 - Les sites du Mont Saint-Martin (Liège). *In* M. Toussaint, K. Di Modica & S. Pirson (dir.), *Le Paléolithique moyen en Belgique. Mélanges Marguerite Ulrix-Closset*. Bulletin de la Société belge d'études Géologiques et Archéologiques «Les Chercheurs de la Wallonie», **HS 4** & Études et Recherches Archéologiques de l'Université de Liège, **128**, 385-393.

WOILLARD G. & MOOK W., 1982 - Carbon-14 dates at Grande Pile: correlation of land and sea chronologies. *Science*, **215** (4529), 159-161.