

LES «TEPHRA DE REMOUCHAMPS», UN NOUVEAU MARQUEUR STRATIGRAPHIQUE DANS LE PLEISTOCENE SUPERIEUR DATE PAR $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ DANS DES CONCRETIONS STALAGMITIQUES¹

par

Michel GEWELT² & Etienne JUVIGNE³

(6 figures, 2 tableaux et 1 planche)

RESUME. - Une association de minéraux volcaniques caractérisée par une amphibole calcique de type ferri-tschermakite et de l'hypersthène dont quelques grains sont enrobés de gangue vitreuse vésiculaire rhyodacitique a été découverte dans des concrétions stalagmitiques provenant de deux grottes du sud de la Belgique : Remouchamps et Bohon. Ces minéraux appartiennent à une retombée volcanique qui était inconnue à ce jour dans nos régions. Elle doit être rapportée à des roches volcaniques de la série calco-alcaline, ce qui implique qu'elle ne peut provenir ni de l'Eifel ni du Massif Central français, mais d'une région volcanique plus lointaine indéterminée probablement associée à une zone de subduction. Des datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ des concrétions contenant les téphra permettent de donner un âge d'environ 106000 +/- 6000 ans B.P. à la retombée.

Mots-clés : Belgique, téphra, stratigraphie, Pléistocène supérieur, concrétions stalagmitiques, datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$.

ABSTRACT. - The «Remouchamps tephra», a new upper Pleistocene volcanic ash-fall discovered in speleothems dated by the $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ method.

A volcanic mineral suite characterized by calcic volcanic amphibole (ferri-tschermakite) and hypersthene covered by vesiculated rhyodacitic glass coating (plate 1) has been found in one flowstone from Remouchamps cave and one stalagmite from Bohon cave (southern Belgium). These mafic minerals have never been found in any volcanic tephra layer previously described in Belgium (fig. 1) and hence belong to another original ash-fall. This has been called «Remouchamps tephra». Both the mafic minerals and the rhyodacitic glass allow us to attribute the volcanic material to the calc-alkalic suite. As far as we know, it is the first time that volcanic minerals are shown to occur within secondary calcium carbonate deposits formed in air-filled caves (flowstone and dripstone). As the weak glass coating is preserved, the minerals must have been trapped in the speleothems shortly after the ash-fall. Referring to the calc-alkalic composition, it is not possible to correlate this ash-fall with any volcanic belt of middle Europe (Massif Central, France or Eifel, F.R.G.) but the correlation is possible with a more distant volcanic area probably associated with a subduction zone. Three U-series ages have been obtained from speleothems including this new volcanic material. Two samples of the same base growth layers from Remouchamps flowstone show some detrital contamination as monitored by low $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ activity ratios. A correction scheme including separate U-Th analysis of the acid-insoluble residues has been used to revise $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ ages. Uranium series dating allows us to assign an age of 106000 +/- 6000 years B.P. to the ash-fall.

Key-words : Belgium, tephra, stratigraphy, upper Pleistocene, speleothems, U-series dating.

1. Communication présentée le 3 décembre 1985, manuscrit révisé, déposé le 24 juillet 1986.

2. Aspirant du Fonds National de la Recherche Scientifique, Université de Liège, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, Place du XX Août, 7, B-4000 Liège et Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, Département de Métrologie nucléaire, Section «Mesures bas niveaux», B-2400 Mol (Belgique).

3. Chercheur Qualifié du Fonds National de la Recherche Scientifique, Université de Liège, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, Place du XX Août, 7, B-4000 Liège (Belgique).

1.- INTRODUCTION

Dans le présent article, le terme «téphra» est utilisé dans le sens proposé par Thorarinsson (1954). Il désigne l'ensemble des matériaux pyroclastiques quelles qu'en soient la nature, la taille et la texture.

Dans les dépôts quaternaires de Belgique, des traces de huit niveaux de téphra étaient connues à ce jour. Elles sont nommées et situées stratigraphiquement dans la figure 1.

Les téphra décrites dans le présent article se distinguent de toutes les précédentes par leur composition chimique et leurs minéraux mafiques.

C'est aussi la première fois que des téphra sont découvertes dans des concrétions de grottes datées, ce qui ouvre incontestablement des perspectives nouvelles pour la téphrostratigraphie.

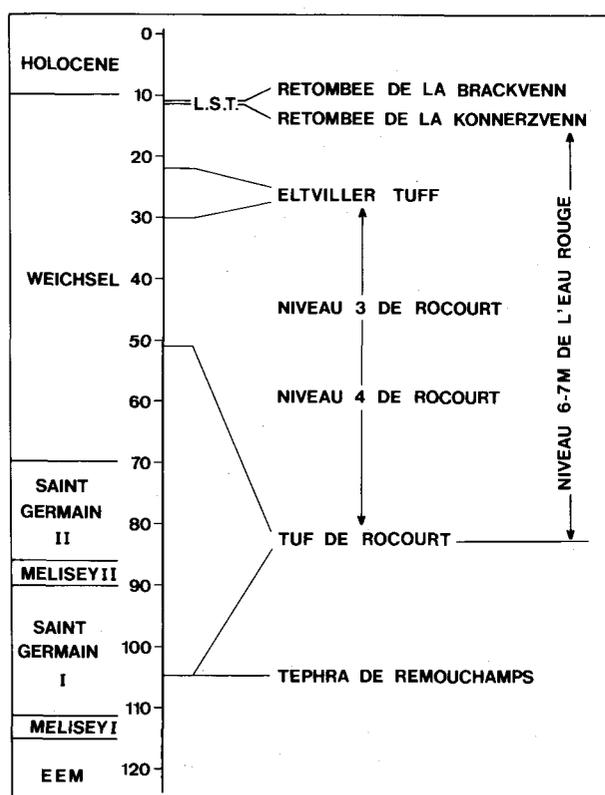


Fig. 1.- Stratigraphie des téphra du Pléistocène supérieur en Belgique. Cette figure a été établie sur base des conclusions des articles suivants : Juvigné (1983) pour les retombées de la Brackvenn et de la Konnerzvenn; Juvigné & Semmel (1981) pour l'Eltviller Tuff; Pissart & Juvigné (1980) pour le niveau 6-7 m de l'Eau Rouge; Haesaerts *et al.*, (1981) pour les niveaux 3 et 4 de Rocourt; Juvigné (1985) pour l'âge minimum du tuf de Rocourt et le paragraphe 2.1. du présent article pour l'âge maximum de ces mêmes téphra.

Les divisions chronostratigraphiques sont extraites de :
Woillard & Mook (1982);

Les âges absolus sont exprimés en milliers d'années en ordonnée.
L.S.T. signifie Laacher See Tuff

Les téphra de Remouchamps sont décrites dans le présent article.

2.- LOCALISATION ET DESCRIPTION DES CONCRETIONS ETUDIÉES

Les deux concrétions stalagmitiques analysées ont été prélevées dans les grottes de Remouchamps et de Bohon (fig. 2). Ces cavités se développent dans des calcaires du Fasnien. Les sigles RPL 2 (Remouchamps) et BOSM 0 (Bohon) désigneront ces concrétions dans le présent article ainsi que dans toute littérature ultérieure.

2.1.- CONCRETION RPL 2

L'échantillon est un morceau de plancher stalagmitique en place prélevé dans l'étage supérieur de la grotte de Remouchamps à l'aval de la salle de la Vierge à 450 m de l'entrée (fig. 3). Il fait partie d'un ensemble de trois planchers stalagmitiques (RPL 1, RPL 2 et RPL 3) qui scellent des sédiments détritiques (fig. 4). Le plancher RPL 3 paraît stratigraphiquement plus ancien que RPL 2, mais il s'agit en réalité d'une formation latérale postérieure à la mise en place de l'ensemble RPL 1 et RPL 2. L'âge $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ de RPL 3 (Gewelt, 1985) est trop récent (système ouvert) par rapport aux données du ^{14}C et de la téphrostratigraphie. Seule sa datation ^{14}C (plus de 43100 ans B.P.; MBN-289) peut jusqu'ici être considérée comme fiable (Gewelt, 1987).

L'épaisseur du plancher RPL 2 est d'environ 7 cm; il est constitué de calcite compacte blanche, entrecoupée par des lits de calcite ocre plus riche en argile. La variété cristalline (calcite) a été déterminée par spectrométrie infrarouge. C'est sur les 2,5 cm inférieurs de la concrétion qu'ont été effectuées deux datations $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ auxquelles nous avons donné les sigles RPL 2.1 et RPL 2.1/B. Les minéraux volcaniques qui ont été trouvés proviennent des résidus de dissolution de

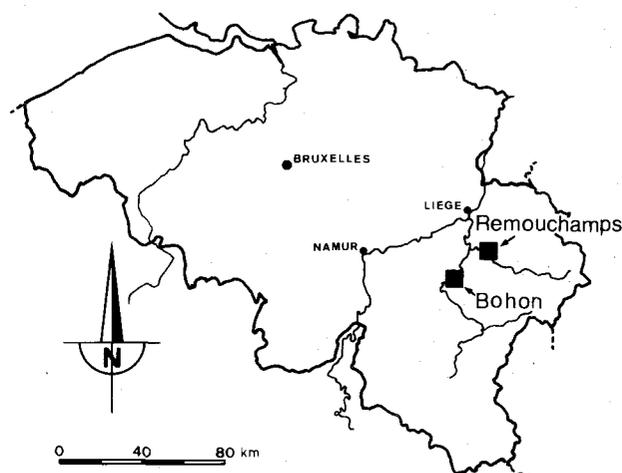


Fig. 2.- Localisation des grottes de Remouchamps et de Bohon.

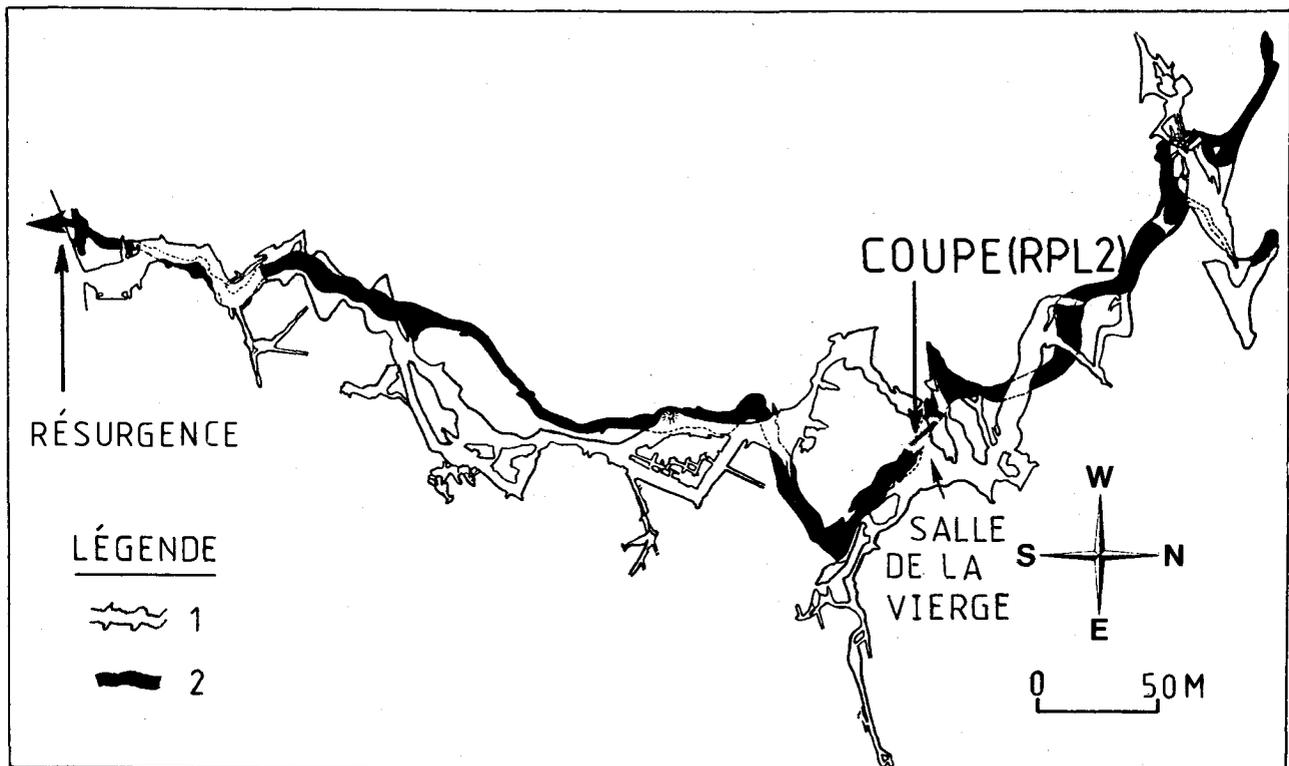


Fig. 3.- Plan de la grotte de Remouchamps d'après Ek (1970) et localisation de la coupe de la figure 4. Les levés destinés à établir le plan de la grotte ont été réalisés par P. Vandersleyen (1965-1966) et complétés par H. et J. Courtois, R. Denoël, C. Ek, R. Henen et L. Lawarrée (1961-1967).

1. Etage supérieur développé environ 10 m au-dessus de l'étage inférieur; 2. Etage inférieur parcouru par le Rubicon.

ces deux échantillons pesant respectivement 330 g et 289 g ainsi que d'un autre fragment de 1,4 kg du même niveau. Le plancher RPL 1 ne contient pas de minéraux volcaniques, mais dans le plancher RPL 3, de l'enstatite, du clinopyroxène vert dentelé et de l'amphibole brune ont été trouvés. Ces derniers minéraux peuvent être rattachés au «tuf de Rocourt» (Juvigné, 1977), si bien que dès à présent, celui-ci doit être considéré comme postérieur à la cinérite contenue dans RPL 2.

2.2.- CONCRETION BOSM 0

La concrétion étudiée est un fragment inférieur d'une stalagmite de 40 cm de hauteur et 20 cm de diamètre. Elle a été prélevée dans la grotte de Bohon par B. Bastin (Université Catholique de Louvain, Laboratoire de Palynologie). Le lieu de prélèvement (fig. 5) se situe à environ 200 m de l'entrée au fond d'une galerie développée à environ 4 m au-dessus de la surface de la plaine alluviale actuelle. La concrétion ne s'y trouvait pas en place, mais compte tenu de la morphologie de la grotte, elle ne peut provenir que des environs immédiats. Les échantillons datés par $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ représentent les couches de croissance numérotées 5 et 8-9 sur la figure 6. La stalagmite est formée de calcite compacte qui, en coupe

longitudinale, montre de très nombreuses couches de croissance festonnées, d'épaisseur millimétrique, alternativement incolores, blanches et ocre. La calcite de la partie centrale proche de l'axe de croissance est vacuolaire. La variété cristalline (calcite) a été déterminée par spectrométrie infrarouge. La plupart des minéraux ont été extraits des résidus de dissolution de l'échantillon 8-9 pesant 483 g (fig. 6). Un échantillon de 500 g provenant des couches 10 et 11 (fig. 6) a aussi fourni quelques grains; la concentration moindre de minéraux volcaniques dans cette couche s'explique par son âge plus récent qui entraîne une plus grande dispersion des téphra. Les couches intérieures plus anciennes de la stalagmite ne contiennent pas de minéraux volcaniques si bien que la datation de la couche 5 permet d'attribuer un âge maximum à la retombée.

3.- ETUDE DES TEPHRA

Les échantillons ont été traités de la façon suivante : tamisage sous eau à 63 microns des résidus de dissolution, séchage à l'étuve du refus du tamis, examen à la loupe binoculaire, extraction des minéraux denses par centrifugation dans le bromoforme, examen au microscope polarisant et détermination à la microsonde de quelques éléments caractéristiques.

Des échantillons de Remouchamps, un total de 55 grains denses ont été extraits; ils se répartissent comme suit :

- 18 amphiboles de pléochroïsme vert (np) à brun (ng),
- 2 amphiboles de pléochroïsme brun clair (np) à brun foncé (ng),
- 1 amphibole de pléochroïsme brun foncé (np) à rouge (ng),
- 9 orthopyroxènes de pléochroïsme vert (ng) à brun rose (np),

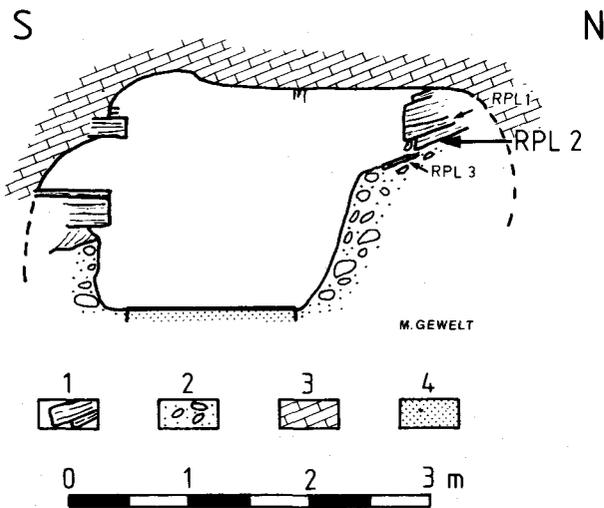


Fig. 4.- coupe de direction N 190°30'E de la galerie de l'ancien siphon à l'aval de la salle de la Vierge (levé: C. Ek & M. Gewelt).

1. Planchers stalagmitiques; 2. Sédiments fluviatiles;
3. Bedrock calcaire; 4. Sentier bétonné.

- 1 clinopyroxène vert herbe,
- 14 ubiquistes : zircon, tourmaline et rutile,
- 10 oxydes opaques.

Quelques amphiboles et orthopyroxènes automorphes sont encore enrobés de gangue vitreuse vésiculaire transparente (Pl. 1 : a et b).

Sur l'ensemble des amphiboles et des pyroxènes, le plus gros grain atteint 335/149 microns.

Des échantillons de Bohon, en tout 27 grains denses ont été extraits; ils se répartissent comme suit :

- 8 amphiboles de pléochroïsme vert à brun,
- 4 amphiboles de pléochroïsme brun clair à brun foncé,
- 4 orthopyroxènes de pléochroïsme vert à brun rose,
- 2 clinopyroxènes vert herbe,
- 6 ubiquistes,
- 3 oxydes opaques.

Des amphiboles et des orthopyroxènes automorphes sont encore enrobés de gangue vitreuse vésiculaire (Pl. 1 : c et d).

Sur l'ensemble des amphiboles et des pyroxènes le grain le plus gros atteint 288/270 microns.

Les échantillons de Remouchamps et de Bohon contiennent aussi quelques fragments de verre représentant des parties de cloisons intervésiculaires qui appartiennent incontestablement à une retombée volcanique. Il existe aussi dans chaque

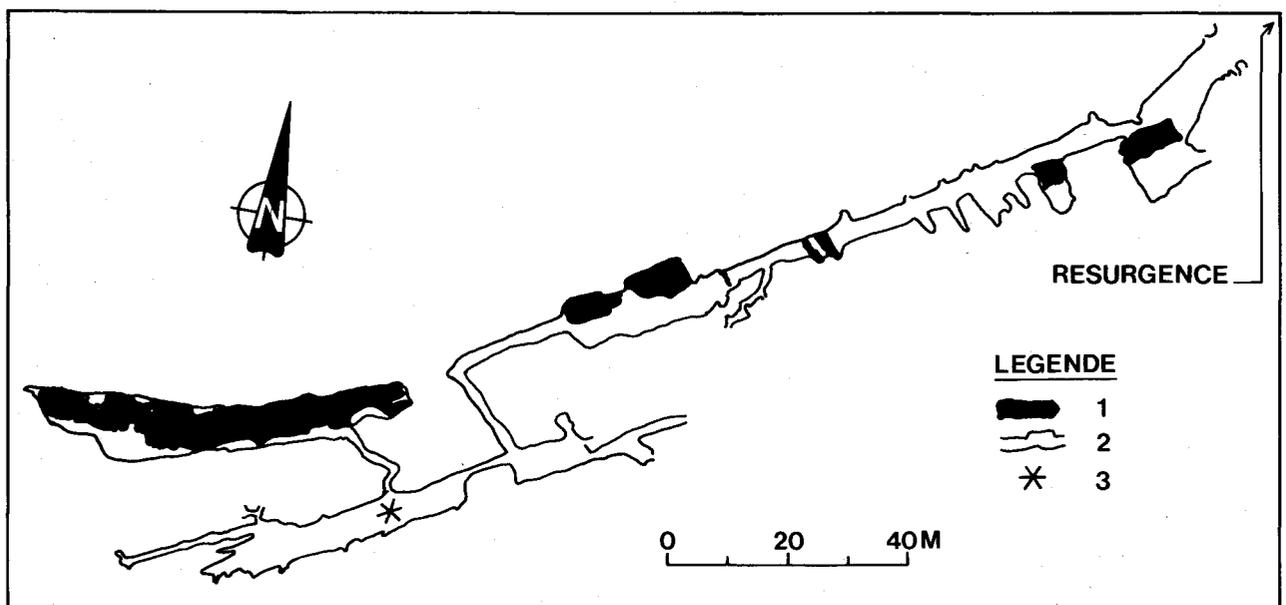


Fig. 5.- Plan de la grotte de Bohon d'après un levé de Quinif (1980) et localisation de la stalagmite BOSM 0.

1. Etage inférieur parcouru par un bras de l'Ourthe; 2. Etage supérieur situé à environ 4 m au-dessus de l'étage inférieur;
3. Localisation de la stalagmite BOSM 0.

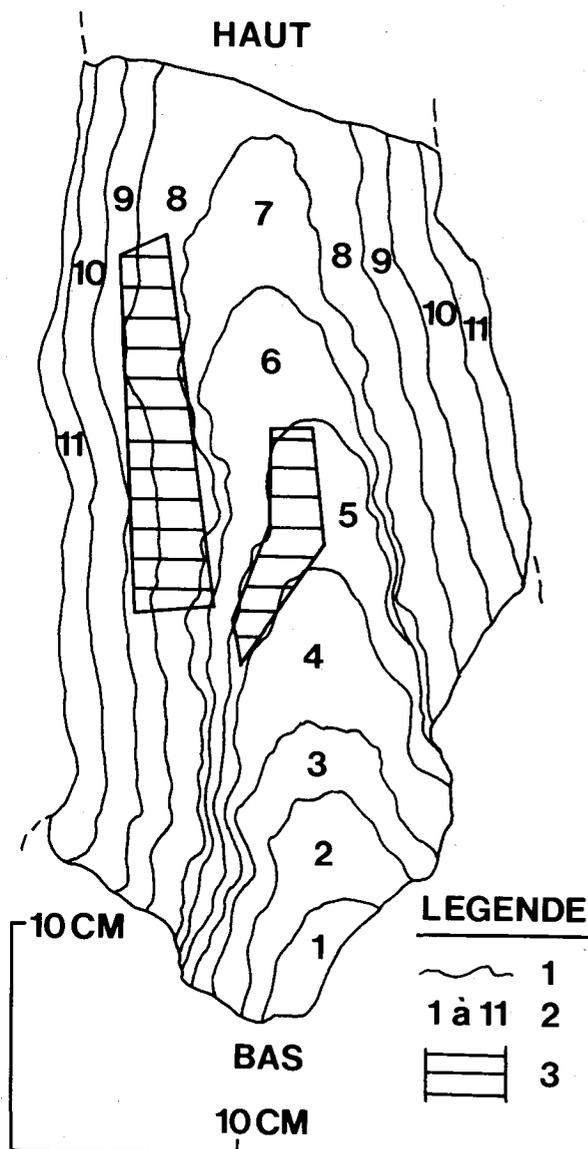


Fig. 6.- Coupe longitudinale de la stalagmite BOSM 0 et localisation des échantillons BOSM 0/8-9 et BOSM 0/5.

1. Limites des couches de croissance principales;
2. Ordre des couches de croissance; 3. Position des échantillons.

échantillon de nombreux grains poreux dont le faciès à la loupe binoculaire fait penser à des ponces, mais huit d'entre eux qui ont été soumis à l'analyse par microsonde sont en réalité des agglomérats argileux d'origine sédimentaire. Parmi les minéraux leucocrates, il n'a pas été possible de distinguer ceux d'origine volcanique de ceux d'origine locale.

En raison de leurs caractères sédimentologiques très semblables, les téphra de Bohon et de Remouchamps peuvent être mises en corrélation et de ce fait raccordées à une même éruption. Nous proposons le nom de «téphra de Remouchamps» pour les désigner.

Dans l'ensemble des minéraux denses des échantillons étudiés, seuls les ubiquistes, les oxydes opaques et des traces de clinopyroxène

Tableau 1.- Valeurs moyennes des parts (en %-poids) des éléments majeurs dans certains minéraux et verres des téphra de Remouchamps; amphibole (col. 1, moyenne de 3 analyses), orthopyroxène (col. 2, moyenne de 3 analyses) et verre (col. 3, moyenne de 2 analyses).

Eléments	Col. 1	Col. 2	Col. 3
SiO ₂	42.35	53.6	71.26
TiO ₂	1.81	0.09	0.17
Al ₂ O ₃	12.59	1.02	12.11
Cr ₂ O ₃	0.02	0.03	0.09
FeO	12.48	19.51	1.01
MnO	0.13	0.75	0.03
MgO	12.9	23.41	0.37
CaO	9.87	0.43	1.05
Na ₂ O	2.34	0.03	2.77
K ₂ O	0.33	0.02	2.92
Totaux	94.82	98.89	91.78

sont connus dans des sédiments quaternaires et tertiaires des bassins des grottes de Bohon et de Remouchamps. Les autres, à savoir les amphiboles vert/brun, brun clair/brun foncé, brun/rouge et l'orthopyroxène vert/brun rose ne sont pas connus dans les sédiments régionaux et plusieurs d'entre eux sont encore enrobés de gangue vitreuse vésiculaire; ces minéraux appartiennent donc à une retombée volcanique. Parmi ces minéraux mafiques, l'amphibole vert/brun et l'orthopyroxène vert/brun rose sont dominants et n'ont jamais été signalés dans aucun des autres niveaux de téphra connus en Belgique (revoir la fig. 1). Ils constituent donc des minéraux guides attestant une retombée nettement distincte de toutes les autres; nous les avons fait déterminer à la microsonde ainsi que le verre qui les enrobe (tabl. 1) :

- L'orthopyroxène est l'hypersthène (enstatite 68 Mol %),
- L'amphibole est calcique de type ferri-tschermakite;
- Les analyses du verre sont bouclées à seulement 92 % en moyenne, mais en raison du manque d'échantillons autres que les pellicules traitées, nous avons néanmoins appliqué les normes CIPW aux données. Il en résulte que la composition du verre est rhyodacitique avec environ 45 % de quartz.

Il découle de ces résultats que la retombée doit être raccordée à des roches volcaniques de la série calco-alcaline.

4.- ORIGINE GEOGRAPHIQUE DE LA RETOMBEE

L'affinité calco-alcaline des téphra atteste qu'elles ont probablement été émises par un volcan associé à une zone de subduction. En conséquence, il ne peut s'agir ni de l'Eifel ni du Massif Central français. Les données granulométriques disponibles actuellement sont insuffisantes pour dégager une tendance croissante de la taille en direction d'une des régions volcaniques calco-alcalines actives au Pléistocène supérieur.

5.- AGE DES CONCRETIONS

5.1.- METHODE ET RESULTATS

Les concrétions stalagmitiques ont été datées par la méthode $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ en respectant les principes généraux exposés dans Ivanovich & Harmon (1982). Des modifications ont été introduites; elles ont été décrites par Hurtgen *et al.* (1985) et Gewalt (1987).

La procédure schématique suivante a été appliquée :

- Prétraitement : élimination à la scie diamantée des zones de mélange calcite-sédiments détritiques; attaque superficielle par HCl 2M; rinçage à l'eau bi-distillée et séchage à l'étuve.
- Détermination de la concentration en U par fluorimétrie sur 50 mg d'échantillon afin de fixer le poids optimal d'échantillon nécessaire à l'analyse.
- Dissolution de CaCO_3 dans HNO_3 8M; adjonction des traceurs (^{229}Th et ^{232}U); centrifugation de la solution en cas de présence de résidus insolubles. Analyse séparée de ceux-ci après oxydation par HClO_4 , calcination à 400°C et attaque par HF.

- Extraction de U et Th dans un mélange de 85 % MIBK- 15 % TBP puis réextraction par H_2O et HCl 1M.
- Séparation de U et Th sur résine échangeuse d'anions (Bio-Rad AG1-X2, 50-100 mesh) en milieu HCl 8M; élution de U avec HCl 1M; extraction éventuelle du fer dans MIBK; purification du Th sur résine échangeuse d'anions (Bio-Rad AG1-X2) en milieu HNO_3 8M; élution du Th avec HCl 8M.
- Electrodeposition sur coupelles en acier inoxydable.
- Comptage en spectrométrie alpha; l'installation se compose de deux chambres (CANBERRA Quad alpha Spectrometer 7404) munies chacune de 4 détecteurs à semi-conducteur ORTEC de 450 mm^2 et reliées à un analyseur multicanal (8 x 1024 canaux) CANBERRA S35+. Le bruit de fond dans les gammes d'énergie de ^{238}U , ^{234}U , ^{232}Th et ^{230}Th est compris entre 0,04 et 0,15 coup/heure. Dans les énergies plus élevées des traceurs ^{229}Th et ^{232}U , il atteint 0,5 à 1 coup/heure. La résolution (largeur du pic à mi-hauteur, FWHM) fournie par ces détecteurs est comprise entre 15 et 90 keV, pour les pics du thorium et de l'uranium, en fonction de la qualité du dépôt sur les coupelles. Les détecteurs possédant la meilleure résolution (entre 15 et 30 keV) sont réservés au comptage des coupelles Th dans le but d'obtenir une bonne séparation des pics du ^{230}Th et du ^{229}Th . Dans nos conditions habituelles de mesures (coupelles placées à 13 mm des détecteurs), les rendements de comptage sont compris entre 9 et 11 %. Les résultats des analyses sont rassemblés dans le tableau 2.

Les rendements chimiques sont calculés à partir de l'activité des traceurs ^{229}Th et ^{232}U . Pour les cinq analyses de calcite, ils sont supérieurs à

Tableau 2.- Concentration en uranium, rapports d'activité U et Th et âges $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ de concrétions stalagmitiques de Remouchamps et de Bohon.

N° échant.	(U) $\pm \sigma$ ppm	$^{234}\text{U}/^{238}\text{U}$ $\pm \sigma$	$(^{234}\text{U}/^{238}\text{U})_0$ $\pm \sigma$	$^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ $\pm \sigma$	$^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ $\pm \sigma$	Age $\pm \sigma$ (x 10^3 ans)	Age corrigé Schéma 1
RPL 1/B	0,036 \pm 0,002	1,308 \pm 0,055	1,407 \pm 0,086	16 \pm 1	0,606 \pm 0,023	98,4 \pm $\begin{smallmatrix} 9,6 \\ 8,2 \end{smallmatrix}$	-
RPL 2.1	0,062 \pm 0,001	1,417 \pm 0,047	1,563 \pm 0,079	12 \pm 1	0,639 \pm 0,020	106 \pm $\begin{smallmatrix} 9 \\ 8 \end{smallmatrix}$	108 \pm $\begin{smallmatrix} 11 \\ 9 \end{smallmatrix}$
Rapports corrigés	-	1,484 \pm 0,061	1,657 \pm 0,090	10 \pm 1	0,649 \pm 0,025		
RPL 2.1/B	0,068 \pm 0,002	1,418 \pm 0,052	1,585 \pm 0,094	8,4 \pm 0,3	0,688 \pm 0,022	119 \pm $\begin{smallmatrix} 11 \\ 9 \end{smallmatrix}$	113 \pm $\begin{smallmatrix} 11 \\ 9 \end{smallmatrix}$
Rapports corrigés	-	1,429 \pm 0,056	1,592 \pm 0,098	7,9 \pm 0,3	0,668 \pm 0,023		
BOSM 0/8-9	0,044 \pm 0,001	1,516 \pm 0,062	1,684 \pm 0,102	18 \pm 1	0,617 \pm 0,022	99,3 \pm $\begin{smallmatrix} 9,1 \\ 7,9 \end{smallmatrix}$	-
BOSM 0/5	0,053 \pm 0,001	1,510 \pm 0,055	1,705 \pm 0,099	24 \pm 2	0,673 \pm 0,022	114 \pm $\begin{smallmatrix} 10 \\ 9 \end{smallmatrix}$	-

40 % pour U (54 % en moyenne) et supérieurs à 61 % pour Th (77 % en moyenne). Les rendements chimiques moyens des analyses des résidus insolubles de RPL 2.1 et RPL 2.1/B sont de 69 % pour U et de 93 % pour Th.

La concentration en uranium est très faible, ce qui implique la mise en oeuvre d'une quantité importante d'échantillons (environ 350 g) et des temps de comptage de l'ordre de 500000 secondes.

La calcite des échantillons BOSM 0/8-9 et BOSM 0/5 ne contient respectivement que 1,6 % et 1,1 % de résidus insolubles. Par contre, celle de RPL 2.1 et RPL 2.1/B en contient environ 3 %. De telles teneurs ne peuvent être négligées car une partie de l'uranium et du thorium de cette phase détritique a été mise en solution lors de la dissolution de la calcite dans HNO_3 8M ainsi que le démontrent de faibles rapports $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$. Les solutions et les résidus insolubles ont donc été analysés séparément. Le schéma de correction n° 1 de Ku & Liang (1984) a été adopté ici. Il permet en effet une extraction différentielle de l'uranium par rapport au thorium durant l'attaque acide. Ce schéma de correction présume cependant qu'il n'y a pas de fractionnement entre les isotopes du thorium et que l'équilibre séculaire est réalisé dans les minéraux de la phase détritique. Les activités sont corrigées en utilisant les équations suivantes :

$$^{230}\text{Th}_c = ^{230}\text{Th}_s - ^{232}\text{Th}_s \left(^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} \right)_r \quad (1)$$

$$^{234}\text{U}_c = ^{234}\text{U}_s - ^{232}\text{Th}_s \left(^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} \right)_r - \left(^{230}\text{Th}/^{234}\text{U} \right)_r \quad (2)$$

$$^{238}\text{U}_c = ^{238}\text{U}_s - ^{232}\text{Th}_s \left(^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th} \right)_r - \left(^{230}\text{Th}/^{238}\text{U} \right)_r \quad (3)$$

Dans ces trois équations les indices c, s et r représentent respectivement le carbonate pur (c'est-à-dire l'activité corrigée), la solution après attaque acide et centrifugation, et le résidu de l'attaque acide (culot de centrifugation).

Le schéma de correction n° 1 de Ku & Liang (1984) a été utilisé ici de préférence au schéma n° 2 appliqué antérieurement par Liritzis & Galloway (1982) et Gewalt (1985). Le schéma n° 2 ne tient en effet pas compte du fractionnement possible entre U et Th et ne postule pas l'équilibre séculaire au sein de la phase détritique; il doit sans doute être réservé aux échantillons préalablement convertis en CaO et attaqués par un acide dilué (HNO_3 0,1M par exemple).

5.2.- DISCUSSION DES RESULTATS

Les âges corrigés obtenus respectivement pour RPL 2.1 et RPL 2.1/B ne sont pas significativement différents au niveau de 1 sigma : 108000 (+11000/-9000) et 113000 (+11000/-9000) ans B.P. Ils sont en concordance stratigraphique avec l'âge $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ de la base du plancher stalagmitique supérieur RPL 1/B (tabl. 2).

L'âge légèrement plus ancien obtenu pour RPL 2.1/B peut s'expliquer par une contamination un peu plus importante par du ^{230}Th commun d'origine détritique, car le rapport $^{230}\text{Th}/^{232}\text{Th}$ est inférieur à celui mesuré dans RPL 2.1. En conséquence, un âge moyen d'environ 110000 +/- 7000 ans B.P. peut être accepté pour la base du plancher stalagmitique RPL 2.

L'âge de 99300 (+9100/-7900) ans B.P. obtenu sur l'échantillon BOSM 0/8-9 n'est pas non plus statistiquement différent au niveau de 1 sigma des âges des deux échantillons de la base du plancher RPL 2 de Remouchamps.

On notera enfin que les couches extérieures (BOSM 0/11) de la stalagmite de Bohon ont donné un âge ^{14}C dépassant la limite de détection soit : plus de 34900 ans B.P. (MBN-270).

6.- AGE DES «TEPHRA DE REMOUCHAMPS»

Les téphra n'ont pu tomber immédiatement sur les concrétions en croissance car celles-ci étaient situées profondément dans leurs grottes respectives. Les minéraux volcaniques n'ont donc atteint ces concrétions qu'après la retombée et de ce fait nous pourrions donc nous limiter ici à admettre que celle-ci est plus vieille que la concrétion la plus ancienne (RPL 2) c'est-à-dire antérieure à environ 110000 +/- 7000 ans B.P. Mais la datation de la couche BOSM 0/5, qui ne contient pas de minéraux volcaniques, permet de fixer l'âge maximum de la retombée. Celle-ci doit donc être plus jeune que 114000 (+10000/-9000) ans B.P.

Le fait que plusieurs minéraux volcaniques aient conservé leur gangue vitreuse vésiculaire implique qu'ils n'aient subi aucun remaniement sédimentaire important. Ils ont très probablement gagné les lieux des concrétions par percolation lente dans des fissures du calcaire ou éventuellement y ont été entraînés par des courants d'air. L'un et l'autre de ces modes de transport ne requièrent qu'un temps très court, géologiquement négligeable. D'autre part, des études antérieures de répartition stratigraphique des téphra par remaniement sédimentaire ont montré qu'en général celles-ci se dispersent rapidement à l'état de traces (voir par exemple : Juvigné, 1977 et 1979). Enfin l'absence de minéraux volcaniques dans les couches internes de la stalagmite de Bohon atteste que la retombée volcanique est pratiquement contemporaine de la formation des couches 8 et 9 soit 99300 (+ 9100/-7900) ans B.P.

En conséquence, en rappelant que les âges respectifs de BOSM 0/8-9 et RPL 2 ne sont pas statistiquement différents au niveau de 1 sigma,

nous proposons d'accepter pour la retombée l'âge moyen pondéré de ces deux échantillons soit 106000 +/- 6000 ans B.P.

7.- CONCLUSION

Les «téphra de Remouchamps» correspondent à une éruption survenue il y a environ 106000 +/- 6000 ans B.P. Elles sont très aisément discernables des autres retombées volcaniques connues dans le Pléistocène supérieur de Belgique car leur contenu en ferri-tschermakite et en hypersthène y est à ce jour unique. Ces minéraux ainsi que le verre rhyodacitique qui les entoure permettent d'attribuer ces téphra à des roches volcaniques de la série calco-alcaline. Elles sont probablement issues d'un volcan en relation avec une zone de subduction.

REMERCIEMENTS

Nous avons bénéficié dans ce travail d'un crédit de la Commission des Communautés Européennes (contrat Cli-103-B.RS) ainsi que de crédits aux chercheurs accordés par le F.N.R.S. Le Dr. G. Koch a donné à l'un d'entre nous (Gewelt) l'accès aux laboratoires de la section «Mesures bas niveaux» du CEN à Mol. Le Dr. C. Hurtgen nous a beaucoup facilité le travail de mise au point de la méthode de datation par $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$. Mr. J. Wautier a réalisé les analyses chimiques de minéraux sur la microsonde CAMEBAX du «Centre d'Analyse par Microsonde pour les Sciences de la Terre» (CAMST) à Louvain-la-Neuve. Le Dr. B. Bastin nous a laissé étudier la stalagmite BOSM 0 qu'il avait prélevée pour des analyses polliniques. La détermination par spectrométrie IR de la variété cristalline des carbonates a été effectuée au Département de Chimie inorganique de l'ULg (Prof. P. Tarte). A toutes ces personnes et institutions, nous exprimons nos plus vifs remerciements.

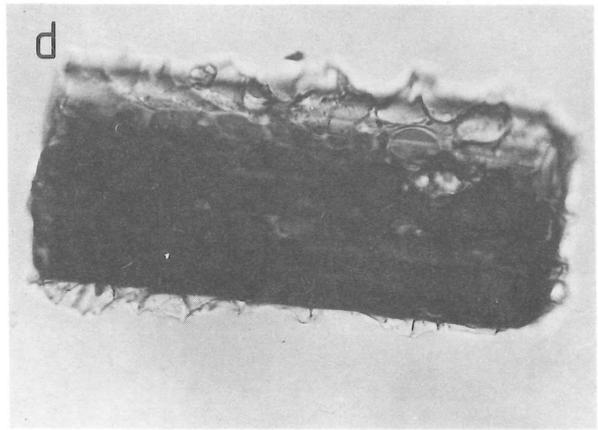
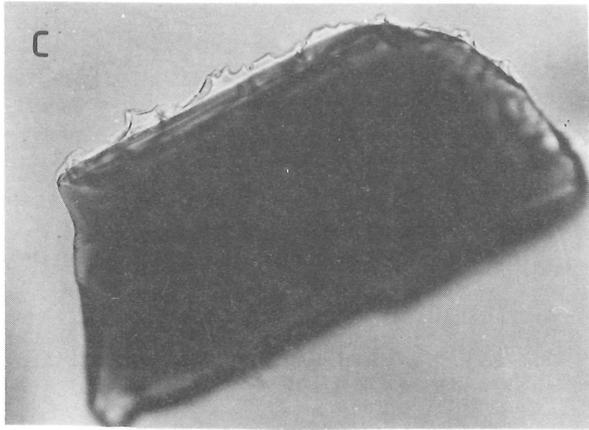
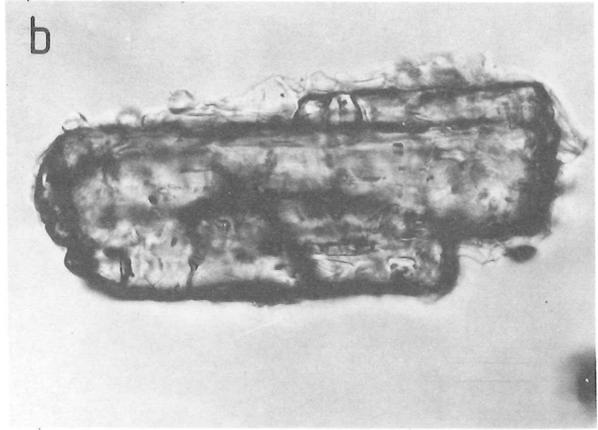
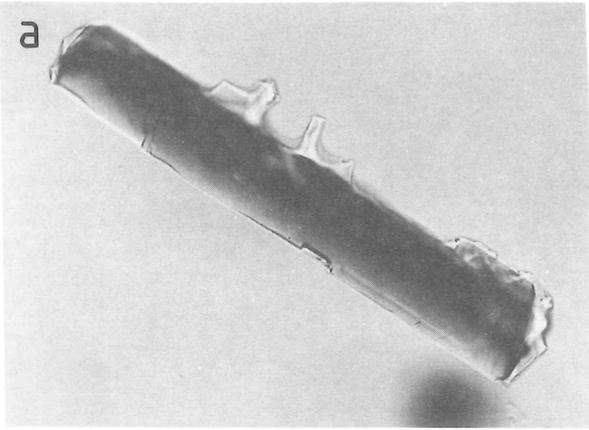
BIBLIOGRAPHIE

- EK, C., 1970.- Carte géologique de la grotte de Remouchamps (Belgique). *Ann. Soc. géol. Belg.*, 93 : 287-292.
- GEWELT, M., 1985.- Cinétique du concrétionnement dans quelques grottes belges : apport des datations ^{14}C et $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 108 : 267-273.
- GEWELT, M., 1987.- Thèse de doctorat, Université de Liège (en préparation).
- HAESAERTS, P., JUVIGNE, 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. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 104 : 223-240.
- HURTGEN, C., GEWELT, M. & HOFKENS, K., 1985.- A new radiochemical procedure for U-series dating of speleothems. Communication at the International Conference on Analytical Chemistry in Nuclear Technology, Karlsruhe, June 3-6, 1985, abstract + 8 p.
- IVANOVICH, M. & HARMON, R.S. (ed.), 1982.- Uranium Series Disequilibrium. Application to Environmental Problems. *Clarendon Press, Oxford*, 571 p.
- JUVIGNE, E., 1977.- Zone de dispersion et âge des poussières volcaniques du tuf de Rocourt. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 100 : 13-22.
- JUVIGNE, E., 1979.- L'encaissement des rivières ardennaises depuis le début de la dernière glaciation. *Z. für Geomorph.*, 23 : 291-300.
- JUVIGNE, E., 1983.- Two different volcanic ash-falls of Allerød age in high Belgium. *Geologie en Mijnbouw*, 62 : 545-549.
- JUVIGNE, E., 1983.- Données nouvelles sur l'âge de la capture de la Warche à Bévercé. *Bull. Soc. géol. Liège*, 21 : 3-11.
- JUVIGNE, E. & SEMMEL, A., 1981.- Un tuf volcanique semblable à l'Eltviller Tuff dans les loess de Hesbaye (Belgique) et du Limbourg néerlandais. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 31 : 83-90.
- KU, T.L. & LIANG, Z.C. 1984.- The dating of impure carbonates with decay-series isotopes. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Res.*, 223 : 563-571.
- LIRITZIS, Y. & GALLOWAY, R.B., 1982.- The $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ disequilibrium dating of cave travertines. *Nuclear Instruments and Methods*, 201 : 507-510.
- PISSART, A. & JUVIGNE, E., 1980.- Un phénomène de capture près de Malmédy : la Warche s'écoulait autrefois par la vallée de l'Eau Rouge. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 105 : 73-86.
- QUINIF, Y., 1980.- Etude karstologique de la grotte de Bohon. *Rev. belge de Géographie*, 104 (3) : 47-62.
- THORARINSSON, S., 1954.- The eruption of Hekla 1947-1948, part 2., chapter 3; The tephra-fall from Hekla on March 29, 1947. *Soc. Sci. Islandica*, 5-6 : 1-68.
- WOILLARD, G. & MOOK, W., 1982.- Carbon-14 dates at Grande Pile : correlation of land and sea chronologies. *Science*, 215 : 159-161.

PLANCHE 1

Minéraux mafiques enrobés de gangue vitreuse vésiculaire transparente :

- amphibole (a) et orthopyroxène (b) de Remouchamps;
amphibole (c) et orthopyroxène (d) de Bohon



0 100 200 300 μm