

## TEPHRA ET DEPOTS DE GROTTES : INTERET STRATIGRAPHIQUE RECIPROQUE

par

Etienne JUVIGNÉ<sup>1</sup> & Michel GEWELT<sup>2</sup>

(2 figures)

**RESUME.-** Des traces de trois retombées volcaniques ont été trouvées dans des dépôts de grottes de Haute Belgique. L'une de ces retombées (téphra de Remouchamps) n'est encore connue que dans des concrétions stalagmitiques et a été datée par  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  de  $106 \pm 6$  ka. Les deux autres (téphra du Laacher See et téphra de Rocourt) étaient préalablement connues et datées en milieu extérieur ; leur découverte dans des grottes a donné des indications stratigraphiques originales pour les dépôts qui les contiennent et conduit à la conclusion que des galeries de niveau élevé ont été fonctionnelles au Pléistocène supérieur. L'âge minimum des téphra de Rocourt a été porté de 51 à 61,5 ka par la datation  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  d'une stalagmite de la grotte de Remouchamps.

**ABSTRACT.-** **Tephra and cave deposits : reciprocal stratigraphic interest.** Traces of three tephra-falls occur in cave deposits of High Belgium. One of them (Remouchamps tephra) has only been found in speleothems and was dated at  $106 \pm 6$  ka using the  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  method. The other two ones (Laacher See tephra and Rocourt tephra) were previously found and dated in out-of-cave deposits ; their occurrence within caves provided original stratigraphical results for the relevant deposits and showed that high galleries were active during the upper Pleistocene even though they are much older. Minimum age of the Rocourt tephra is modified from 51 to 61.5 ka, using U-series dating of a stalagmite from Remouchamps cave.

### I.- INTRODUCTION

La présence de traces de quatre retombées volcaniques est fermement démontrée dans des formations du Pléistocène supérieur de la Belgique (Juvigné, 1984). Elles sont présentées dans la figure 1 en fonction de leur position stratigraphique actuellement connue.

Des traces de trois de ces retombées (téphra du Laacher See, téphra de Rocourt et téphra de Remouchamps) ont été trouvées dans des dépôts de grottes de Haute Belgique. Par contre, les téphra d'Eltville n'ont pas encore été trouvées à l'intérieur

de grottes et leur zone de dispersion actuellement connue ne recouvre d'ailleurs pas les régions karstiques de la Belgique (Meijs *et al.*, 1983).

Dans cet article, nous démontrons que des téphra peuvent exister profondément dans des grottes. Quand leur âge est préalablement connu, elles fournissent des indications stratigraphiques originales

<sup>1</sup> Université de Liège, Laboratoire de Géomorphologie et de Géologie du Quaternaire, 7, Place du Vingt-Août, B-4000 Liège (Belgique).

<sup>2</sup> Même adresse et Centre d'Etude de l'Energie Nucléaire, Service de Métrologie nucléaire, Section «Mesures des faibles Radioactivités», B-2400 Mol (Belgique).

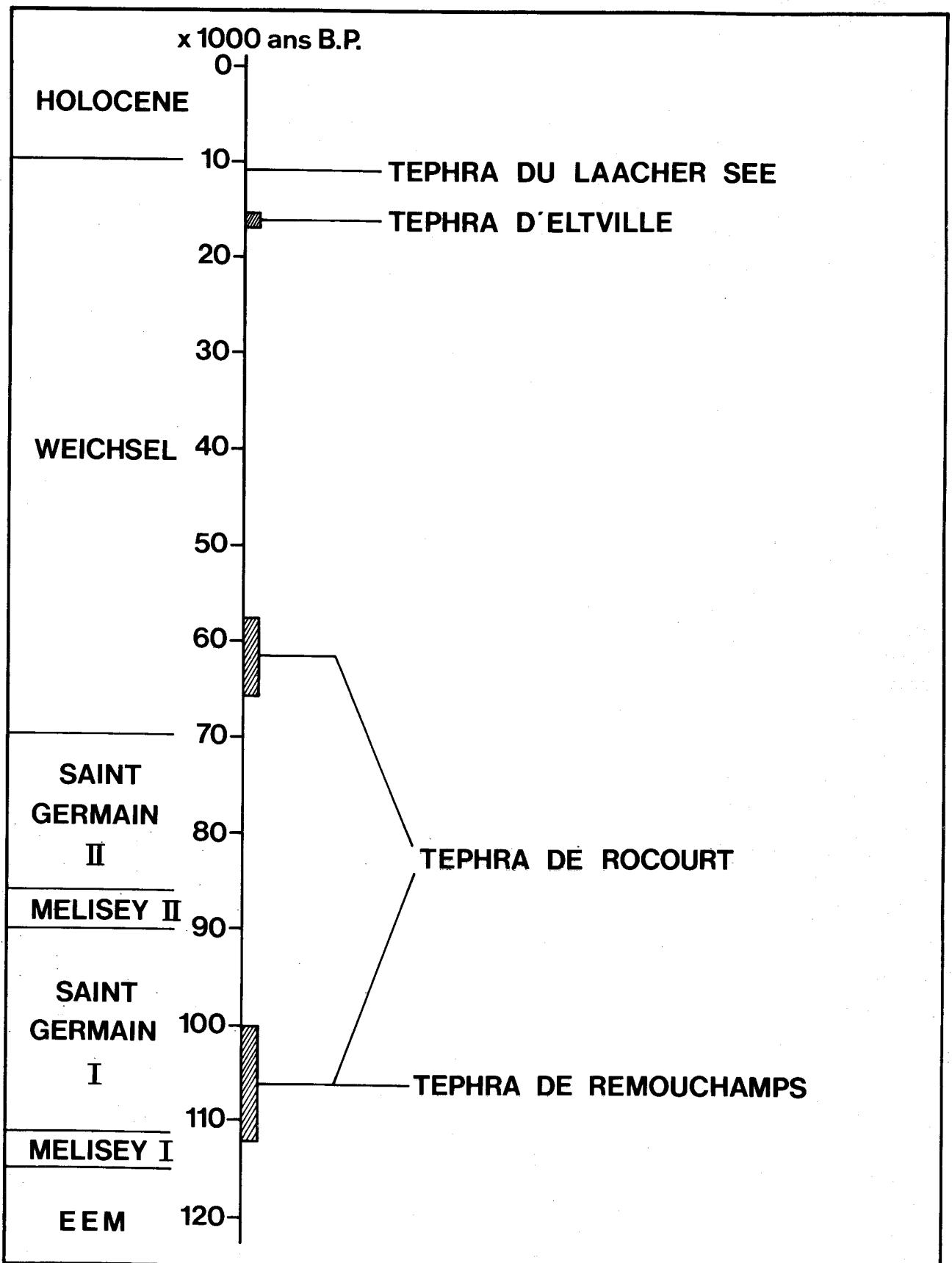


Fig. 1.- Position stratigraphique des téphra du Pléistocène supérieur en Belgique. Les âges des retombées sont fixés d'après les travaux suivants : Bogaard & Schmincke (1986) pour les téphra du Laacher See, Juvigné & Wintle (1988) pour les téphra d'Eltville, le présent article pour l'âge minimum des téphra de Rocourt et Gewelt & Juvigné (1986) pour l'âge maximum de ces mêmes téphra. Les divisions chronostratigraphiques sont extraites de Woillard & Mook (1982).

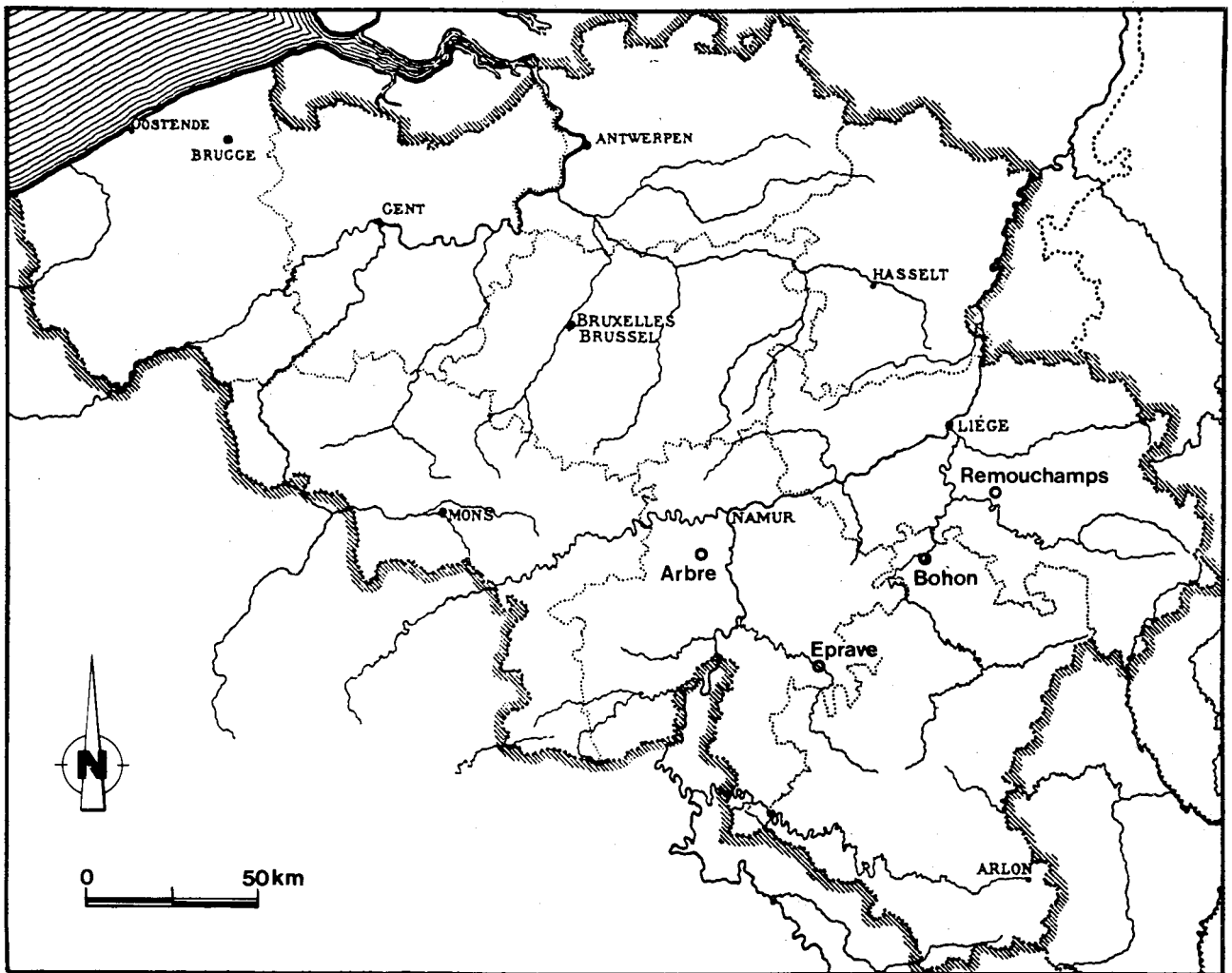


Fig. 2.- Localisation des grottes citées dans le texte.

sur la mise en place des sédiments et concrétions qui les contiennent. Lorsque des téphra d'âge inconnu ou mal connu sont fixées dans des concrétions, la méthode  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  permet sinon de dater les retombées, du moins de restreindre les fourchettes d'âges connus.

## II.- RESULTATS

Le milieu karstique souterrain a profité plusieurs fois de la valeur stratigraphique des téphra (Juvigné, *in* Dewez *et al.*, 1974 ; Quinif *et al.*, 1979). Par contre, très récemment, des téphra inconnues ont été découvertes emprisonnées dans des concrétions. Dans ce dernier cas, des datations  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  de la

calcite ont permis d'attribuer un âge à des retombées ou de restreindre une fourchette pré-existante (Gewelt & Juvigné, 1986).

### A.- POSITION STRATIGRAPHIQUE DE DEPOTS DE GROTTES PAR LEUR CONTENU EN TEPHRA

#### 1.- Dans la grotte d'Eprave (fig. 2)

Nous renvoyons à l'article antérieur de Bastin *et al.* (1977) pour le plan de la grotte et la position qu'y occupent les dépôts et les échantillons évoqués ci-dessous.

Cette grotte est située dans la vallée de la Lomme environ 16 m plus haut que la plaine alluviale. Il s'y trouve des dépôts limoneux qui ont fait l'objet d'une étude pluridisciplinaire antérieure (Bastin *et al.*, 1977). Dans un secteur situé à environ 75 m à l'intérieur de la grotte, des traces de téphra du Laacher See ont été observées à l'état dispersé, donc remaniées, dans la partie supérieure d'un dépôt (couches P1 à P4, *in* Bastin *et al.*, 1977 : fig. 2) Ces derniers auteurs suggèrent un âge holocène à confirmer pour les couches P1 à P4. Notre observation confirme donc cette hypothèse ainsi d'ailleurs qu'une datation  $^{14}\text{C}$  récente d'un plancher stalagmitique (Gewelt, 1988). L'ensemble des résultats stratigraphiques relatifs aux couches P1 à P4 démontrent donc, comme le suggéraient Bastin *et al.* (1977) que la galerie étudiée a été active pendant l'Holocène. Cette conclusion est originale dans la mesure où la position altimétrique relative de la galerie (16 m au-dessus de la plaine alluviale actuelle) pourrait laisser croire que celle-ci est abandonnée depuis l'époque de sa formation remontant probablement au Pléistocène moyen.

## 2.- Dans la grotte de la Vilaine Source à Arbre (fig. 2)

Nous renvoyons à l'article de Quinif *et al.* (1979) pour le plan de la grotte et la description détaillée du dépôt de limon d'origine éolienne situé environ 500 m à l'intérieur de la grotte et invoqué ci-après.

La séquence étudiée a été datée de la dernière glaciation sur base de la présence de minéraux des téphra de Rocourt et d'une association de minéraux loessiques à homblende verte et grenat dès la base de la séquence. Toutefois, la signification de l'association minéralogique précitée des loess a été modifiée récemment par Balescu & Haesaerts (1984) et Juvigné (1985a) qui ont montré que des loess du Saalien supérieur ne pouvaient être distingués de ceux du Weichselien sur base de ce critère. En conséquence, l'argument téphrostratigraphique reste aujourd'hui le seul valable pour défendre l'âge weichselien du dépôt de la grotte de la Vilaine Source.

## 3.- Dans la grotte de Remouchamps (fig. 2)

Nous renvoyons aux articles de Ek (*in* Dewez *et al.*, 1974) pour le plan de la grotte et la description détaillée des dépôts invoqués ci-dessous. Cette grotte est constituée de deux étages, l'un débouche

au niveau de la plaine alluviale de l'Amblève, l'autre environ 10 m plus haut.

Des traces des téphra de Rocourt ont été trouvées à l'état dispersé, donc remaniées, dans des dépôts de limon conservés à l'étage supérieur de la grotte. Ces dépôts sont situés respectivement, dans les 100 m précédant immédiatement la sortie (Juvigné, *in* Dewez *et al.*, 1974), et dans la «Grande Galerie» environ 500 m plus à l'intérieur (Pissart *et al.*, 1988). Dans l'un et l'autre cas, les minéraux attestent la mise en place des dépôts au cours de la dernière glaciation. Ceci implique que pendant au moins une partie de cette période, le ruisseau qui draine la grotte a été contraint de réemprunter la galerie supérieure. Ceci a pu être provoqué par une obstruction de l'étroite résurgence inférieure par accumulation de sédiments, un bouchon de glace ou simplement des débits exceptionnels dépassant sa capacité.

## B.- AGE DES TEPHRA PAR DATATION DE CONCRETIONS QUI LES CONTIENNENT

### 1.- Les téphra de Remouchamps

Les résultats détaillés relatifs à cette retombée volcanique ont été publiés antérieurement par Gewelt & Juvigné (1986). Ces téphra consistent seulement en quelques dizaines de grains d'orthopyroxène (hypersthène-enst.68) et d'amphibole calcique (ferri-tschemakite) enrobés de verre rhyodacitique. Ces minéraux se trouvaient concentrés dans des concrétions provenant des grottes de Remouchamps et de Bohon (fig. 2).

Dans ce cas précis, le milieu karstique a joué un rôle fondamental dans la découverte et les possibilités d'analyses des téphra. En effet, les concentrations de minéraux volcaniques sont si faibles que leur identification comme téphra n'a été possible, que parce qu'ils se trouvaient dans une calcite très pure. Mélangés à des sédiments détritiques, ils auraient été réduits à l'état de traces si faibles qu'aucune signification particulière n'aurait pu leur être attribuée. De plus, en général, dans les sédiments détritiques, les minéraux des téphra perdent rapidement leur gangue vitreuse tant par érosion mécanique que par altération physico-chimique. En conséquence la nature chimique des magmas concernés ne peut être déterminée. Dans le cas des téphra de Remouchamps, il est apparu que de la gangue vitreuse est conservée autour de certains minéraux mafiques, parce que la calcite l'a préservée de l'érosion et de

l'altération. C'est cet avantage qui a permis des déterminations du verre par microsonde. En conséquence, une association de verre rhyodacitique, d'orthopyroxène et d'amphibole calcique a pu être définie ; elle oriente dès lors la recherche de l'origine des téphra vers les régions volcaniques à magmas calco-alcalins. Si ce résultat ne permet pas de situer le volcan émetteur, il impose néanmoins d'orienter les recherches au-delà des régions volcaniques de l'Europe moyenne, car aucun magma calco-alcalin n'est connu ni dans l'Eifel, ni dans le Massif Central français.

Les couches de calcite contenant les téphra ont été datées par  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  respectivement de  $108 \pm 11/-9$  ka et  $113 \pm 11/-9$  ka à Remouchamps et de  $99,3 \pm 9,1/-7,9$  ka à Bohon. Ces résultats situent aux environs de  $106 \pm 6$  ka le moment de la retombée. Etant donné que certains minéraux n'ont pas perdu leur gangue vitreuse, il est évident qu'ils n'ont subi qu'un court déplacement après leur retombée et qu'ils ne sont pas restés longtemps exposés à l'altération. En conséquence, nous pensons que l'âge de la retombée doit correspondre à celui des concrétions datées, soit environ  $106 \pm 6$  ka.

## 2.- Les téphra de Rocourt

Ces téphra ont été trouvées dans des limons éoliens de moyenne Belgique (Gullentops, 1954 ; Juvigné, 1977) et dans des terrasses fluviales (Bustamante Santa Cruz, 1974 ; Juvigné, 1979). Dans chaque cas, seuls les minéraux mafiques ont été identifiés ; ils consistent en clinopyroxène, amphibole brune et enstatite ; ce dernier minéral fait office de guide dans l'identification de ces téphra, car il s'apparente aux magmas ultra-basiques, lesquels sont inconnus dans les autres retombées d'Europe moyenne. Que ce soit dans les limons éoliens ou dans les terrasses fluviales, ces téphra ont subi une érosion mécanique et chimique telle que le verre correspondant n'a pas encore été observé.

En milieu aérien, ces téphra ont toujours été trouvées dans des formations mises en place pendant la première partie de la dernière glaciation et l'âge minimum absolu déterminé sur des débris végétaux d'une couche qui les contient à l'état remanié est de  $> 51\ 000$  B.P./GrN-12120 (Juvigné, 1985b).

Récemment, des minéraux de ces téphra ont été trouvés dans la stalagmite RSM7 de la grotte de Remouchamps, dont une description détaillée et un plan de situation peuvent être consultés dans Gewalt (1988).

Les minéraux consistent en 6 enstatites, 3 clinopyroxènes verts dentelés et 3 amphiboles brunes. Aucune trace de verre n'a été observée ni autour de ces grains ni dans le résidu de dissolution de la stalagmite. Ceci laisse supposer qu'avant d'être fixées dans la concrétion, les téphra ont subi un remaniement suffisant pour que le verre soit détruit par érosion et altération.

Plusieurs âges absolus en concordance stratigraphique ont été obtenus sur des échantillons de calcite de la stalagmite RSM7 (Gewelt 1985 et 1988). Le sommet de cette concrétion a été daté par  $^{14}\text{C}$  d'environ  $38\ 000 \pm 1\ 600$  B.P. (MBN-221). La datation  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  de deux échantillons prélevés dans la partie supérieure a donné des âges de  $41,5 \pm 2,5$  et  $55 \pm 4$  ka. Dans la partie inférieure de la stalagmite, un hiatus — souligné par une fine couche de sédiments détritiques — apparaît nettement en coupe longitudinale. La calcite située sous ce hiatus a été datée de  $130 \pm 11$  ka, et celle qui le surmonte immédiatement a donné un âge de  $61,5 \pm 4,2/-3,8$  ka. Ces résultats attestent effectivement que l'hiatus correspond à un arrêt de croissance de la stalagmite.

Des traces des téphra de Rocourt ont été trouvées dans les échantillons localisés au-dessus de l'hiatus, y compris dans celui qui le surmonte immédiatement. En conséquence, l'âge  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  de  $61,5 \pm 4,2/-3,8$  ka obtenu pour les couches les plus anciennes contenant les téphra à l'état remanié, doit être considéré comme le nouvel âge minimum de la retombée. Quant à l'âge maximum de cette même retombée, il a été fixé antérieurement à  $106 \pm 6$  ka par Gewalt & Juvigné (1986).

## III.- CONCLUSION

Le présent travail démontre que des téphra peuvent être trouvées à l'intérieur des grottes loin des ouvertures sur l'extérieur. L'intérêt peut être double car d'une part les téphra d'âge connu fournissent des indications stratigraphiques originales pour les dépôts qui les contiennent, et d'autre part les concrétions qui contiennent des téphra peuvent être datées pour préciser l'âge des retombées correspondantes.

Dans deux grottes (Remouchamps et Eprave), la présence de téphra a permis de démontrer que des galeries élevées, aujourd'hui non actives, ont été fonctionnelles au cours de la dernière glaciation et même de l'Holocène.

La présence de téphra dans des concrétions des grottes de Bohon et de Remouchamps a permis de

découvrir et de dater une retombée calco-alcaline de  $106 \pm 6$  ka et de porter l'âge minimum des téphra de Rocourt de 51 à  $61,5 + 4,2/-3,8$  ka.

## REMERCIEMENTS

Pour ce travail, nous avons bénéficié partiellement 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 datation de la section «Mesures bas niveaux» du CEN à Mol. A tous, nous adressons nos vifs remerciements.

## BIBLIOGRAPHIE

- BALESCU, S. & HAESAERTS, P., 1984.- The Sangatte raised beach and the age of the opening of the Strait of Dover. *Geol. Mijnbouw*, 63 : 355-362.
- BASTIN, B., DUPUIS, C. & QUINIF, Y., 1977.- Preliminary results of the application of quaternary geological methods to speleogenetic studies of a Belgian cave. *Proceed. 7th Intern. Speleol. Congr. Sheffield, England* : 24-28.
- BOGAARD v.d., P. & SCHMINCKE, H.-U., 1985.- Laacher See Tephra : A widespread isochronous late Quaternary tephra layer in central and northern Europe. *Geol. Soc. Am. Bull.*, 96 : 1554-1571.
- BUSTAMANTE SANTA CRUZ, L., 1974.- Les minéraux lourds des alluvions du bassin de la Meuse. *C.R. Acad. Sc. Paris*, 278, Série D : 561-564.
- DEWEZ, M., BRABANT, H., BOUCHUD, J., CALLUT, M., DAMBLON, F., DEGERBØL, M., EK, C., FRERE, H. & GILOT, E., 1974.- Nouvelles recherches à la grotte de Remouchamps. *Bull. Soc. Roy. Belge Anthropol. Préhist.*, 85 : 5-161.
- GEWELT, M., 1985.- Cinétique du concrétionnement dans quelques grottes belges : apport des datations  $^{14}\text{C}$  et  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$ . *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 108 : 267-273.
- GEWELT, M., 1988.- Thèse de Doctorat, Université de Liège, en préparation.
- GEWELT, M. & JUVIGNÉ, E., 1986.- Les «téphra de Remouchamps», un nouveau marqueur stratigraphique dans le Pléistocène supérieur daté par  $^{230}\text{Th}/^{234}\text{U}$  dans des concrétions stalagmitiques. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 109 : 489-497.
- GULLENTOPS, F., 1954.- Contribution à la chronologie du Pléistocène et des formes du relief en Belgique. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, 18 : 125-252.
- JUVIGNÉ, E., 1977.- Zone de dispersion et âge des poussières volcaniques du tuf de Rocourt. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 100 : 13-22.
- JUVIGNÉ, E., 1979.- L'encaissement de rivières ardennaises depuis le début de la dernière glaciation. *Z. Geomorph. N.F.*, 23 : 291-300.
- JUVIGNÉ, E., 1984.- La téphrostratigraphie du Pléistocène en Belgique. In *Peuples Chasseurs de la Belgique préhistorique dans leur cadre naturel*. D. Cahen et P. Haesaerts, éditeurs. *Patrimoine de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, Bruxelles : 53-58.
- JUVIGNÉ, E., 1985a.- The use of heavy mineral suites for loess stratigraphy. *Geol. Mijnbouw*, 64 : 333-336.
- JUVIGNÉ, E., 1985b.- Données nouvelles sur l'âge de la capture de la Warche à Bévercé. *Bull. Soc. Géogr. Liège*, 21 : 3-11.
- JUVIGNÉ, E. & WINTLE, A., 1988.- A new chronostratigraphy of the late weichselian loess units in middle Europe based on thermoluminescence dating. *Eiszeitalter und Gegenwart* : sous presse.
- MEIJS, E., MUCHER, H., OUWERKERK, G., ROMEIN, A. & STOLTENBERG, H., 1983.- Evidence of the presence of the Eltville Tuff layer in Dutch and Belgian Limburg and the consequences for the loess stratigraphy. *Eiszeitalter und Gegenwart*, 33 : 59-78.
- PISSART, A., VAN VLIET-LANOË, B., EK, C. & JUVIGNÉ, E., 1988.- Des traces de glace de ségrégation dans la grotte de Remouchamps (Belgique). Conséquence en ce qui concerne la sédimentation et la Paléoclimatologie. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 111 (1) : 125-133.
- QUINIF, Y., DUPUIS, C., BASTIN, B. & JUVIGNÉ, E., 1979.- Etude d'une coupe dans les sédiments quaternaires de la grotte de la Vitaine Source (Arbre, Belgique). *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 122 : 229-241.
- WOILLARD, G. & MOOK, W., 1982.- Carbon-14 Dates at Grande Pile : Correlation of Land and Sea Chronologies. *Science*, 215 : 159-161.