

# MARQUEURS TEPHROSTRATIGRAPHIQUES AU PASSAGE DES CALCAIRES DE NEFFE VERS CEUX DE LIVES

par

*Bernard DELCAMBRE*<sup>1</sup>

## RESUME

La limite entre les calcaires de Neffe et ceux de Lives est marquée par deux épisodes argileux cinéritiques. L'étude de la typologie du zircon permet de caractériser chacun de ces niveaux de K-Bentonite et corrobore l'hypothèse génétique volcanosédimentaire.

## ABSTRACT

The limit between the Neffe and the Lives limestones is marked by two argillaceous layers described as cineritic bands. The typology of zircon allows to characterize each bentonite and confirms the volcanosedimentary origin of the primary material.

## MOTS-CLES

Téphrostratigraphie, Viséen, Zircon, Bentonite, Belgique.

## KEY-WORDS

Tephrostratigraphy, Visean, Zircon, Bentonite, Belgium.

La présence d'un niveau de brèche argilo-calcaire séparant les calcaires de Neffe clairs et massifs, des calcaires de Lives sombres et stratifiés est un fait connu depuis longtemps. Dès 1888, Gosselet mentionne dans les carrières de l'Horipette et du Canal à Bachant un banc conglomératique argilo-calcaire qu'il utilise comme marqueur stratigraphique : "Vers la base du calcaire noir, il y a une couche spéciale, le Banc d'Or formé de blocs roulés de calcaire noir ou bleu foncé, empâtés dans du calcaire argileux rougeâtre. Quand ils sont bien lavés par la pluie, ces galets ont une croûte jaune rougeâtre qui a pu leur valoir ce nom...." (Gosselet, 1888, p. 658).

En Belgique, le long de la Molignée, dans la coupe du chemin de fer, en aval de la gare de Denée, de Dorlodot (1895, p. 201) cite : "Un banc formé de cailloux arrondis de calcaire dans une pâte argilo-calcaire friable. Lors d'une excursion que nous fîmes en compagnie de Lohest, ce dernier signala la ressemblance de cette couche avec le Banc d'Or de Bachant. Cette ressemblance est incontestable ..." (de Dorlodot, 1895).

En 1951, Bourguignon renseigne un banc brèche à la base des Calcaires V2b dans l'ensemble du Synclitorium de Dinant (Molignée, Condroz) et propose d'en faire la limite entre "sous-assises" de Neffe et d'Anhée. Il s'agit pour Bourguignon du Banc d'Or de Bachant.

La nature des argiles des bentonites prélevées dans le Dinantien de la Belgique (Thorez & Pirlet, 1978 ; Tasseroul, 1983 ; Anceau, analyses en cours) comporte essentiellement de l'illite et des variétés de smectites, sous la forme d'interstratifiés qui permettent de leur attribuer le nom de K-Bentonites, produits de la dégradation de cinérites vitreuses en milieu marin.

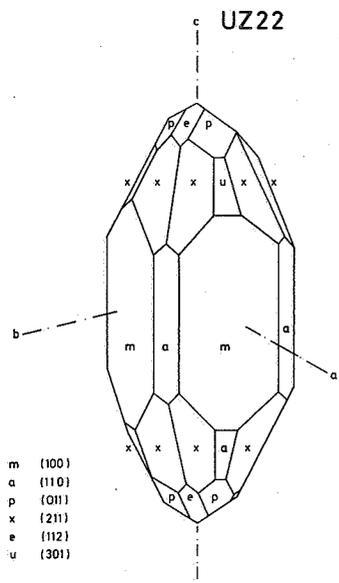
Par ailleurs, la typologie des zircons, que nous avons analysée, s'accorde avec cette origine volcanosédimentaire. L'extension géographique considérable de chaque niveau marqueur, indépendamment des faciès encaissants, tend à le confirmer.

## 1. VALEUR STRATIGRAPHIQUE DES BENTONITES

La nature des bentonites leur confère une grande valeur stratigraphique. La brièveté de l'événement sédimentaire, l'indépendance des variations écologiques, la ponctualité et la large extension latérale de ces repères en font d'excellents marqueurs stratigraphiques.

Cependant, comme montré pour le Westphalien C de la bordure varisque d'Europe nord-occidentale (Delcambre, 1987), il est nécessaire d'identifier et de bien différencier chaque niveau. Or l'altération

<sup>1</sup> Université Catholique de Louvain, Laboratoire de Paléontologie-Paléogéographie, Place L. Pasteur 3 - B-1348 Louvain-la-Neuve.



$S_{22} + (301) + (112) = UZ22$

Figure 1. : Illustration des plans principaux du zircon indexés dans le système quadratique à maille centrée.

profonde des cinérites viséennes a produit une certaine "uniformisation" tant minéralogique que géochimique, parfois même, en surimposition, des diversifications secondaires. Parmi les phases résiduelles où ne se retrouvent que l'apatite, le quartz et des biotites altérées, éléments communs des bentonites (Weaver, 1953), le zircon s'est rapidement révélé le plus susceptible de nous fournir l'outil discriminatoire reproductible latéralement.

L'usage du zircon comme élément discriminant n'est pas neuf. Winter (1981) utilise déjà quelques caractères morphologiques élémentaires de ce minéral pour établir la téphrostratigraphie de la base du Dévonien moyen en Allemagne et en Belgique. En appliquant la classification typologique des zircons de Pupin (1976), nous avons pu proposer une révision de la charte téphrostratigraphique du Westphalien C (Delcambre, 1987). Cette technique de détermination des zircons permet de "quantifier" les variations morphologiques des cristaux et de rattacher les populations ainsi identifiées à des volcanismes précis.

		P Y R A M I D E S											
		{211}	{211} >> {101}	{211} > {101}	{101} = {211}	{101} > {211}	{101} >> {211}	{101}	{301}				
P	O PRISME									100	I		
R	{110}											200	N
I	{110} >> {100}											300	D
S	{110} > {100}											400	I
M	{100} = {110}											500	E
E	{100} > {110}											600	T
S	{100} >> {110}											700	
S	{100}											800	
		100	200	300	400	500	600	700	800				
		I	N	D	I	C	E	A					

Figure 2. : Classification typologique du zircon (repris de Pupin, 1976).

## 2. LA CLASSIFICATION TYPOLOGIQUE DU ZIRCON (PUPIN, 1976)

Une classification du zircon a été proposée par Pupin (1976). Elle repose sur la mesure du développement relatif des familles de faces du zircon.

Le zircon développe deux groupes de familles de faces : les pyramides et les prismes (fig. 1). Les pyramides principales sont les (101) et les (211). Les deux familles de prismes essentielles sont les (100) et (110). L'étude typologique est basée sur l'évaluation du rapport de développement entre les deux familles de prisme et entre les deux familles de pyramide. Cette diversification des morphologies du zircon est la traduction de la gamme de variation des conditions thermo-chimiques du milieu de cristallisation du zircon pendant sa période de croissance. Ainsi après études sur roches fraîches (Pupin, 1976), il apparaît qu'une température de cristallisation d'autant plus élevée produit un développement d'autant plus important du prisme (100) au détriment du (110). D'autre part, l'alcalinité et la teneur en silice du bain de cristallisation agissent sur le rapport de développement entre les deux familles de pyramides. Une manifestation préférentielle des pyramides (211) traduit un milieu plus calco-alcalin.

En combinant horizontalement les rapports de développement des pyramides et verticalement celui des prismes, Pupin (1976) définit ainsi un tableau de 64 types et sous-types de zircons caractérisés par les familles de faces manifestées et par leur importance relative (fig. 2). A chaque colonne appartiennent des zircons d'égal rapport de développement des pyramides et à chaque ligne des cristaux de rapport de croissance identique des prismes. A chacune de ces colonnes et de ces lignes, un indice de 100 à 800, variant par pas de 100 a été attribué (A horizontalement et T verticalement).

Pour chaque échantillon, cent cristaux déterminables sont indexés et replacés dans le tableau. Une fois l'effectif atteint, un indice moyen de développement des prismes (IA) et un indice moyen de pyramides (IT) sont calculés. Ils permettent de caractériser la population de zircons de la bentonite au moyen d'un témoin intact du matériel primaire.

## 3. APPLICATION DE LA TYPOLOGIE DU ZIRCON AUX CINERITES A LA LIMITE ENTRE LES CALCAIRES DE NEFFE ET CEUX DE LIVES

Comme nous le mentionnions en préambule, un niveau argileux était signalé de longue date à la base du calcaire de Lives (Gosselct, 1888) : le Banc d'Or.

L'existence d'un second horizon bentonique au-dessus du premier marqueur est par contre très peu connue. Hance (1979), dans sa description de deux coupes dans le bassin de Namur, le mentionne dans la carrière de Beez. Wautelet (1984) retrouve ce second niveau, non loin de là, dans la carrière d'Asty-Moulin à Saint-Servais. Les recherches sur le terrain nous ont permis, tant dans le Synclinorium de Namur que dans celui de Dinant, de retrouver plus systématiquement ce second niveau argileux. La présence des deux bentonites distinctes est confirmée à Bachant, dans la carrière Malakoff, contiguë aux carrières de l'Horipette et du Canal, où Gosselct a défini le Banc d'Or de Bachant.

### Localisation de l'échantillonnage (fig. 3)

#### Boulonnais

- Carrière Randon à Marquise, à l'entrée de la carrière, derrière les stocks de concassé, niveau bréchique à ciment vert turquoise (Ech. BB265 (L1)) (Brice, Colbeaux & Leplat, 1985).

- Carrière Basse Normandie, dans la partie Nord-Est de la carrière, brèche à ciment ocre (Ech. BB263 (L1)) (Brice *et al.*, 1985).

#### Avesnois

- Carrière Bocahut à Haut-Lieu (Godin) : panneau ouest de la carrière occidentale, bandes argileuses pourpre et grises (Ech. BB132 (L1)) et chamois à gris clair (Ech. BB197 (L2)) (Mansy *et al.*, 1989).

- Carrière à Limon-Fontaine, versant ouest de la carrière. Bande pourpre et mauve (Ech. BB289 (L2)) et brèche à ciment gris vert (Ech. BB290 (L1)). Le Banc d'Or affleure aussi sur le bord sud du synclinal, dans le panneau Nord de l'étang de pêche le long de la route vers le village de Limon (Mansy *et al.*, 1989).

- Ancienne carrière Malakoff à Bachant, éperon au pied des éboulis (Waterlot (-) ; Mansy *et al.*, 1989) Brèche ocre et rouge (Ech. BB388 (L1)) et bande argileuse pourpre (Ech. BB387 (L2)).

#### Molignée

- Carrière Berthe à Florennes, paroi Sud de la carrière (Conil *et al.*, 1981). Gros niveau argileux multicolore, bréchique (rouge à vert), (Ech. BB269 (L1)).

- Tranchée du chemin de fer en aval de la gare de Denez (de Dorlodot, 1895 ; Ceuppens, 1976), remplissage de poches de couleur ocre (Ech. BB184 (L1)) et banc argileux blanc crème à rouge (Ech. BB216 (L2)).

- Tranchée de chemin de fer entre le pont surplombant la route et la gare de Sosoye, dans les vingt premiers mètres de la tranchée à partir du pont ferroviaire, vers la gare de Sosoye (Bourguignon, 1951). Bandes bréchoïdes ocre

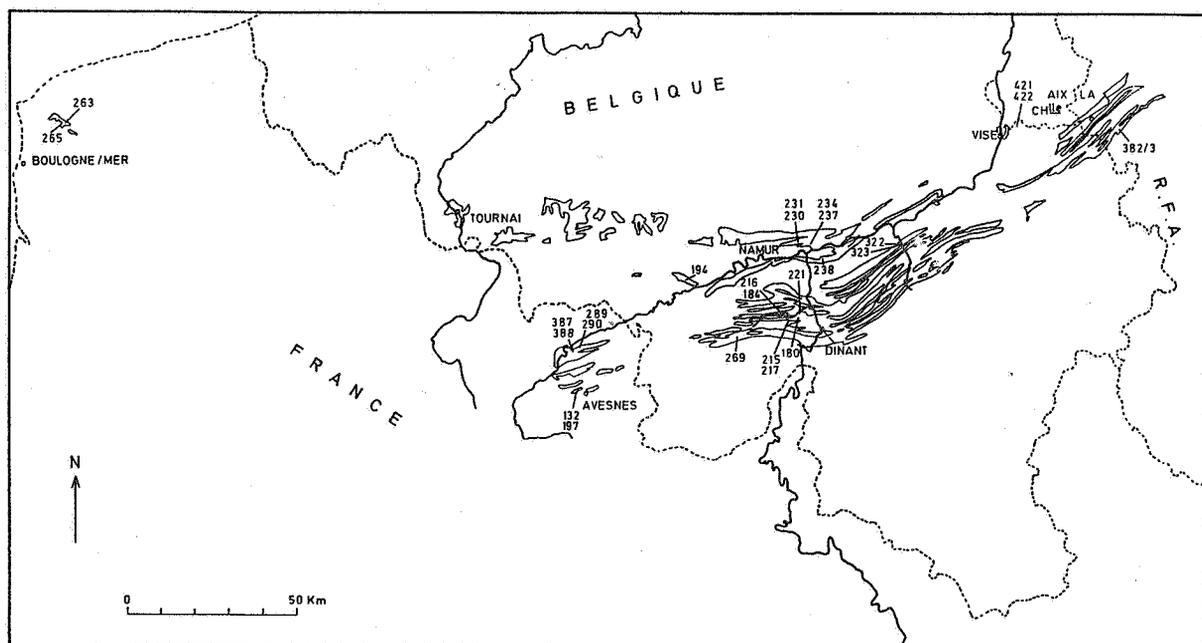


Figure 3. : Dispersion géographique de l'échantillonnage. Les numéros d'échantillon sont repris dans le texte § 3).

(Ech. BB215 (L1)) et lit argileux pourpre (Ech. BB217 (L2)).

- Coupe de la route de Salet à Bioul au carrefour, près du panneau indiquant la direction de Salet (Overlau, 1966 ; Conil & Naum, 1976), poches d'argile jaune à rose (Ech. BB221 (L1)).

- Haut-le-Wastia, carrière rive gauche, dans l'entrée de la carrière (Conil *et al.*, 1981), bandes irrégulières d'argile brune (Ech. BB180 (L1)).

#### *Ecaille de Landelies*

- Coupe de la Sambre, Carrière St Louis, versant Est de la carrière (Mamet *et al.*, 1970), bande argileuse jaune ocre (Ech. BB194 (L1)).

- Beez, Grandes Carrières de Beez (Hance, 1979), niveau conglomératique à ciment argileux jaune et gris (Ech. BB234 (L1)) et bande argileuse régulière jaune (Ech. BB237 (L2)).

- Saint-Servais, Carrière Asty-Moulin, au Nord de l'ancienne exploitation (Wautelet, 1984),

conglomérat à ciment argilo-carbonaté gris et jaune (Ech. BB230 (L1)) et bande argileuse régulière jaune (Ech. BB231 (L2)).

#### *Condroz*

- Royseux : coupe de l'ancienne voie de chemin de fer (Hance, 1988). Conglomérat à ciment gris (Ech. BB322 (L1)) et lit argileux jaune (Ech. BB323 (L2)).

#### *Bassin de Campine*

- Sondage de Fouron-le-Comte : profondeur 661 m (Ech. BB421 (L1)).

- Sondage de Fouron-le-Comte : profondeur 625 m (Ech. BB422 (L2)) (Muechez, 1988, Serv. géol. Belg., à l'étude).

#### *Région de Aix-la-Chapelle*

- Carrière de Bernardshammer, au fond de l'ancienne exploitation, au plancher inférieur (Kasig, 1980), banc induré brun rougeâtre (Ech. BB382 & BB383 (M?)).

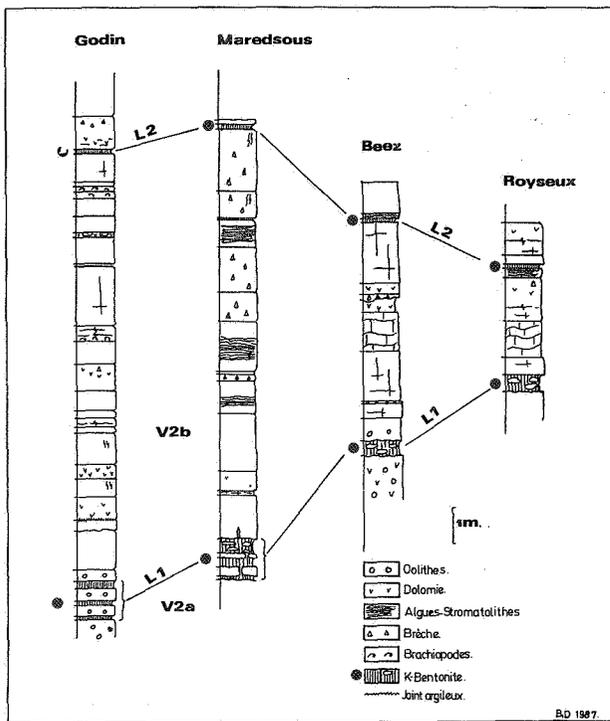


Figure 4. : Position relative des deux niveaux cinéritiques L1 et L2 à la base des calcaires de Lives. Diminution de l'épaisseur des calcaires entre les deux horizons cinéritiques d'Ouest en Est.

## 4. CARACTERISTIQUES A L'AFFLEUREMENT

### a. Le Banc d'Or (L1)

Le Banc d'Or, que nous appellerons L1, est le plus souvent un conglomérat à éléments calcaires grossièrement arrondis et à pâte argileuse ou argilo-carbonatée. Ce faciès est assez particulier parmi les bentonites du Dinantien. Ce niveau cinéritique correspond en fait le résultat de plusieurs épisodes volcanosédimentaires concentrés dans un milieu inter ou supratidal et soumis à la karstification. Le Banc d'Or peut ainsi se présenter sous plusieurs faciès. Ce sont des bancs réguliers (Godin partim, Fouron-lc-Comte), des paquets irréguliers, tapissant la base de poches (Maredsous, Sosoye, Haut-le-Wastia) ou aussi comme un réel conglomérat de galets (Saint Servais, Limont-Fontaine, Beez). La présence à sa base d'une surface d'émergence a été démontrée par Wautelet (1984) qui met en évidence notamment des niveaux de caliche à l'approche du Banc d'Or. Son épaisseur est très variable. Wautelet a pu le suivre à Haut-le-Wastia au cours de l'exploitation et observer sa réduction rapide de puissance d'un versant à l'autre de la carrière. Ces observations permettent de comprendre l'origine des processus karstiques conciliant la structure conglomératique et la répétition rapide de plusieurs lits argileux (au moins trois) discernable par endroits.

### b. Le niveau supérieur au "Banc d'Or" : L2 (V2ba)

La seconde cinérite située au-dessus du Banc d'Or prend un aspect plus classique. Il s'agit d'une bande argileuse interstratifiée aux calcaires de Lives, dépourvue du caractère conglomératique fréquent au Banc d'Or. Dans l'Avesnois, son épaisseur n'excède en aucun cas les 20 cm et tend à se réduire en se portant vers l'Est (10 cm sur la Molignée, 5 à 7 cm à Saint Servais). La distance verticale qui le sépare du niveau L1 tend à s'amenuiser d'Ouest en Est. De 15 mètres en Avesnois, la puissance des calcaires entre les deux cinérites passe de 6 à 7 mètres autour de Namur et se réduit à trois mètres à Royseux (fig. 4).

## 5. ETUDE TYPOLOGIQUE DES ZIRCONS

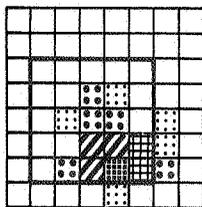
Les populations de zircons des bentonites L1 et L2 (fig. 5), au passage des calcaires de Neffe et de Lives, répartissent leurs points moyens IA/IT caractéristiques en deux nuages distincts (fig. 6). Plus de 99 % des cristaux observés sont automorphes. Chacun de ces ensembles appartient a priori à une source distincte.

Les horizons téphrostratigraphiques L1 et L2 peuvent être définis par leurs indices IA et IT valant respectivement 471.8 (+/- 14.5) et 643.1 (+/- 13.8) pour L1, et 432.2 (+/- 8.9) et 617.4 (+/- 14.1) pour L2 (fig. 6). Quelques caractéristiques secondaires de ces zircons sont assez remarquables. Les cristaux du niveau L2 contiennent de très nombreuses inclusions parmi lesquelles des prismes d'apatite. Ils témoignent d'un zonage très intense et très fin à l'inverse de ceux du Banc d'Or de Bachant (L1) dont la zonation n'affecte intensément que les nucléi.

Une seule bentonite supposée appartenir au Banc d'Or n'a pas révélé de population de zircons significative de ce niveau. Il s'agit d'un échantillon prélevé dans la carrière de Bernardshammer qu'à défaut d'autres arguments, Kasig (1980) a cru pouvoir rattacher à la limite entre le Livien et le Molinacien. Cet échantillon a fourni outre des traces de minéraux détritiques (tourmaline, quelques zircons arrondis, rutile, grenats), une population de zircons automorphes monoprismés (100) (fig. 7). Une association de ce type est connue dans une bentonite située sous le calcaire de Neffe (Comblain-au-Pont - Salet - Florennes - Landelies, Godin, Delcambre, 1983 ; niveau M in Mansy *et al.*, 1989). Une telle population, à cristaux essentiellement monoprismés n'est connue que dans le contexte des roches volcaniques alcalines issues d'un magma chaud. La présence accessoire d'éléments détritiques pourrait correspondre à des venues xénolithiques associées aux projections éruptives.

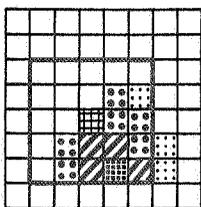


BB 132  
HAUT-LIEU (GODIN)



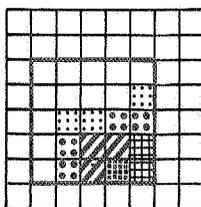
IA: 483 IT: 633

BB 180  
HAUT-LE-WASTIA



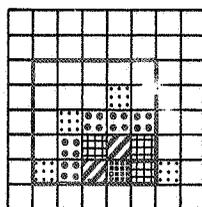
IA: 474 IT: 635

BB 185  
DENEÉ-MAREDSOUS



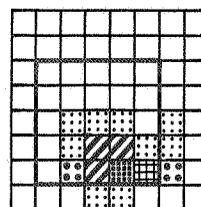
IA: 472 IT: 646

BB 194  
LANDELIES



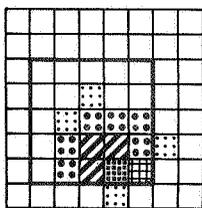
IA: 480 IT: 642

BB 215  
SOSOYE



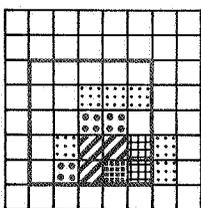
IA: 464 IT: 649

BB 221  
WARNANT (R<sup>le</sup> de SALET)



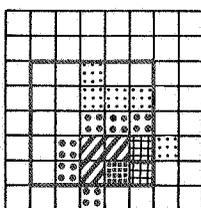
IA: 475 IT: 646

BB 230  
SAINT-SERVAIS



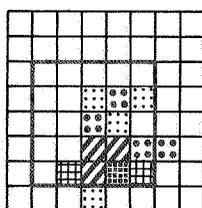
IA: 480 IT: 641

BB 234  
BEEZ



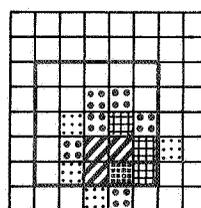
IA: 478 IT: 641

BB 238  
LIVES



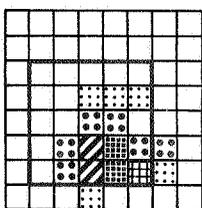
IA: 462 IT: 642

BB 263 FERQUES  
(carr. BASSE NORMANDIE)



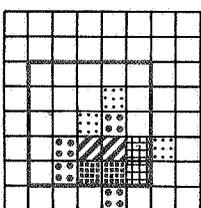
IA: 476 IT: 632

BB 265 FERQUES  
(carr. RANDON)



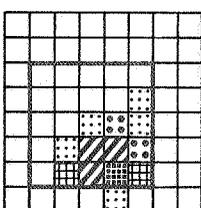
IA: 466 IT: 640

BB 269  
FLORENNES



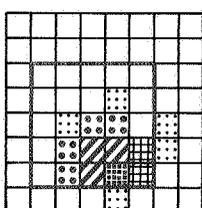
IA: 466 IT: 655

BB 290  
LIMONT-FONTAINE



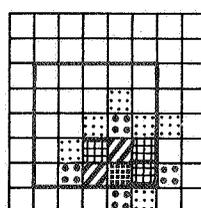
IA: 465 IT: 653

BB 322  
ROYSEUX



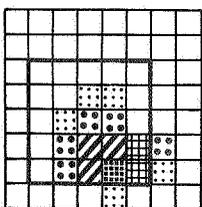
IA: 459 IT: 641

BB 388  
BACHANT



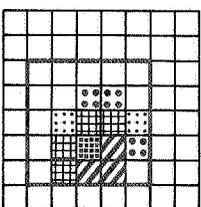
IA: 477 IT: 653

BB 421  
FOURON-LE-COMTE



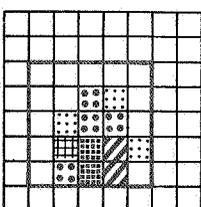
IA: 472 IT: 641

BB 197  
HAUT-LIEU (GODIN)



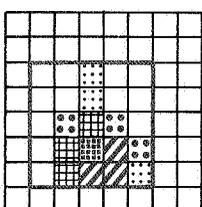
IA: 435 IT: 607

BB 216  
DENEÉ MAREDSOUS



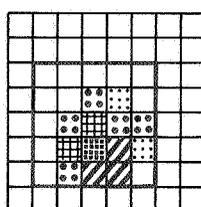
IA: 426 IT: 627

BB 217  
SOSOYE



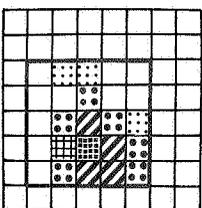
IA: 438 IT: 614

BB 231  
SAINT-SERVAIS



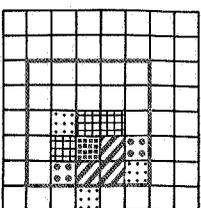
IA: 428 IT: 618

BB 237  
BEEZ



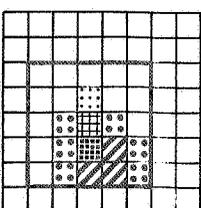
IA: 429 IT: 609

BB 289  
LIMONT-FONTAINE



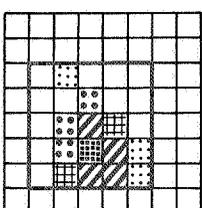
IA: 432 IT: 622

BB 323  
ROYSEUX



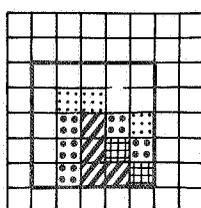
IA: 433 IT: 624

BB 287  
BACHANT



IA: 430 IT: 613

BB 422  
FOURON-LE-COMTE



IA: 439 IT: 623

Figure 5. : Tableaux de répartition typologique des zircons des bentonites L1 et L2.

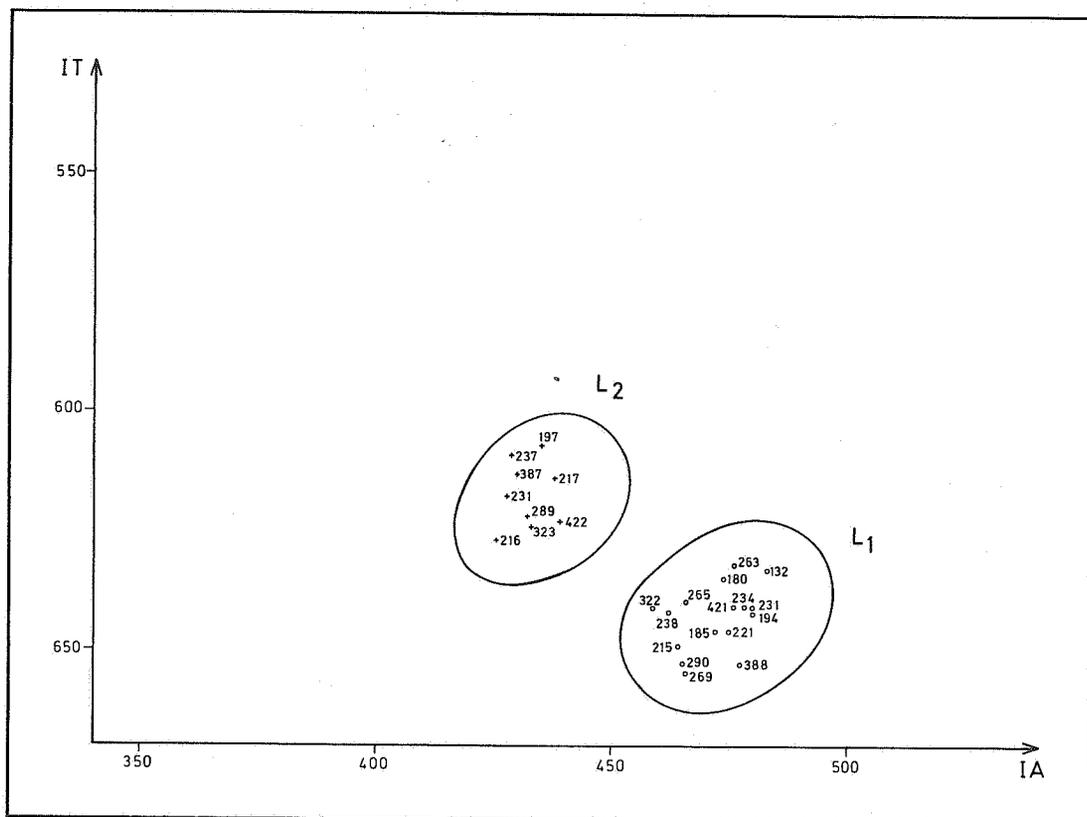


Figure 6. : Position des points IA/IT des cinérites L1 et L2. Groupement en deux nuages correspondant à chacun des deux horizons stratigraphiques de cinérite.

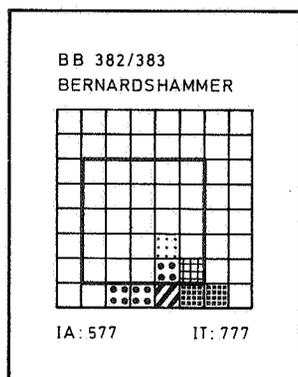


Figure 7. : Population de zircons automorphes de la bentonite de Bernardshammer.

## 6. CONCLUSION

L'étude de la typologie du zircon permet de caractériser stratigraphiquement les niveaux de bentonite. La constance latérale des caractères discriminatoires des populations témoigne en outre de sources distinctes pour chaque niveau. La typologie du zircon et l'extension considérable de chaque bentonite s'accorde bien avec l'hypothèse de leur origine volcanosédimentaire. Ces bandes argileuses sont des *cinérites*.

Puisque le Banc d'Or de Bachant (L1) s'étale sur tout le bassin franco-belge, y compris la Campine

orientale, et qu'il marque ponctuellement la résultante d'événements multiples : cinérites, émergence, karst, il pourrait constituer un marqueur lithostratigraphique précis associé à la limite biostratigraphique Livien/Moliniacien.

## REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier tout particulièrement Messieurs les Professeurs G. Seret et R. Conil qui ont encadré ce travail tant logistiquement que scientifiquement. Je tiens aussi à mentionner tous ceux et celles qui m'ont apporté le matériel utile à cette étude : A. Anceau, M. Duser, L. Hance, O. Kathir, Ph. Muchez, H. Pirlet, E. Poty, Mr. le Prof. J. Thorcz et tout spécialement E. Wautelet.

Merci à M.-J. Detinne-Goor pour son aide assidue au laboratoire et A. Lannoye pour le travail de dessin soigné qui illustre ce présent papier.

## BIBLIOGRAPHIE

- BRICE, D., COLBEAUX, J.P. & LEPLAT, J., 1985 - Compte rendu de la session extraordinaire des Société belges de Géologie dans le Paléozoïque de Ferques (Bas-Boulois). *Bull. Soc. belge de Géol.*, 94/4: 235-250.
- BOURGUIGNON, P., 1951 - Etude sédimentologique des brèches calcaires viséennes de Belgique. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 74: M105-M211.

- CEUPPENS, J.C., 1976 - Contexte stratigraphique et structural du Waulsortien de Sosoye. Mémoire licence UCL - Laboratoire de géologie générale (inédit).
- CONIL, R. & NAUM, Ch., 1976 - Les foraminifères du Viséen moyen V2a du Dinantien d'Europe occidentale. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 99: 109-142.
- CONIL, R., LYS, M. & RAMSBOTTON, W.H.C., 1981 - Contribution à l'étude des foraminifères du Dinantien d'Europe occidentale. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, XXXI: 255-275.
- DE DORLODOT, H., 1895 - Le calcaire carbonifère de la Belgique et ses relations stratigraphiques avec celui du Hainaut Français. *Ann. Soc. géol. Nord*, XXII: 201-313.
- DELCAMBRE, B., 1983 - Introduction à l'étude des minéraux lourds des bentonites du Dinantien de la Belgique et ses régions limitrophes. *Bull. Soc. belge Géol.*, 93: 157-159.
- DELCAMBRE, B., 1987 - Application de la typologie du zircon à la téphrostratigraphie du Westphalien C de Belgique et des régions limitrophes. *Bull. Soc. belge Géol.*, 96: 129-136.
- GOSSELET, J., 1888 - L'Ardenne. *Editions Baudry, Paris*.
- HANCE, L., 1979 - Description de deux nouvelles coupes dans le Moliniacien (V1-V2a) des environs de Namur. *Serv. géol. Belg. Prof. Paper*, 165, 13 p.
- HANCE, L., 1988 - Le Moniniacien du Synclinorium de Dinant (Belgique) de la région dinantaise à la vallée de l'Ourthe. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, XXXII, 91 p.
- KASIG, W., 1980 - Zur Geologie der Aachener Unterkarbons. Thèse doctorale, Université d'Aix-la-Chapelle (RFA) (inédit).
- MAMET, B., MIKHAILOFF, N. & MORTELMANS, G., 1970 - La stratigraphie du Tournaisien et du Viséen inférieur de Landelies. Comparaison avec les coupes du Tournaisien et du bord nord du synclinal de Namur. *Mém. Soc. Géol. Belg.*, 9, 81 p.
- MANSY, J.L. et al., 1989 - Nouvelles données stratigraphiques et structurales du Dinantien de l'Avesnois. *Ann. Soc. Géol. Nord* (sous presse).
- MUCHEZ, Ph., 1988 - Sedimentologische, diagenetische en geochemische studie van de Dinantiaan strata ten noorden van het Brabant Massief (Bekken van de Kempen). Thèse de doctorat, Géologie physico-chimique, K.U.L. (inédit).
- PUPIN, J., 1976 - Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrographie. Base de la méthode typologique. Applications. Thèse doctorale d'Etat. Université de Nice, 394 p.
- TASSEROUL, D., 1983 - Contribution à l'étude de la minéralogie des argiles et de la pétrographie des niveaux de bentonites potassiques du Dinantien de Belgique. *Mém. lic. Univ. Liège, Laboratoire des Argiles*, 184 p. (inédit).
- THOREZ, J. & PIRLET, H., 1978 - Petrology of K-Bentonite bcds in the carbonate series of the viséan and tournaisian stages of Belgium. *Intern. Clay. Conf.*, 323-332.
- WATERLOT, C. (-) - Notice explicative de la carte géologique de France, échelle 1/50.000ème. Planchette Avesnes.
- WAUTELET, E., 1984 - Sédimentologie de la limite Moliniacien-Livien. Le Banc d'Or de Bachant. Mémoire licence UCL - Laboratoire de géologie générale (inédit).
- WEAVER, , 1953 - Mineralogy and Petrology of some Ordovician K-Bentonites and related limestones. *Bull. Geol. Soc. America*, 64: 921-944.
- WINTER, J., 1981 - Exakte tephrostratigraphische Korrelation mit morphologisch differenzierten Zirkonpopulationen (Grenzbereich Unter-/Mitteldevon, Eifel - Ardennen). *N. Jb. Geol. Pal. Ahb.*, 162(1): 97-136.