

## SUR LE MILIEU DE DEPOT, L'ORIGINE DES MATERIAUX ET LE FACIES METAMORPHIQUE DE L'ASSISE DE TUBIZE (MASSIF DU BRABANT, BELGIQUE)

par J. VANDER AUWERA (\*) et L. ANDRE (\*) .

RESUME. - Des études préliminaires concernant la lithostratigraphie, la pétrographie et la géochimie de l'Assise de Tubize (Cambrien inférieur du Massif du Brabant, G. MORTELMANS, 1977) permettent de cerner les conditions de dépôt de l'Assise, d'appréhender la nature du soubassement précambrien du Brabant et de préciser le degré atteint par le métamorphisme régional calédonien dans les bassins de la Dyle et de la Senne. L'Assise apparaît composée de séquences turbiditiques intermédiaires à proximales et d'unités silteuses monotones entrecoupées de niveaux chloritiques. Les turbidites indiquent un bassin profond et subsident ainsi que des apports détritiques importants, alors que les silts évoquent une sédimentation ralentie dans un environnement sédimentaire littoral. Dans le domaine brabançon, la paléogéographie du Cambrien inférieur se révèle donc plus complexe qu'on ne le supposait. La nature des sources des matériaux détritiques a été établie sur base des caractéristiques pétrologiques des débris de roches contenus dans les grauweekes des séquences turbiditiques. On en a déduit que l'Assise de Tubize s'est déposée en bordure d'une aire continentale lithologiquement très hétérogène comportant notamment des micaschistes, des phyllades et d'importantes formations magmatiques basiques. La conservation de biotites détritiques et la stabilité de l'association epidote-chlorite-albite-magnétite-quartz des grauweekes fixent les conditions thermiques du métamorphisme régional calédonien dans l'intervalle 200-250°C. L'ubiquité des phyllades à magnétite suggère que ce métamorphisme s'est déroulé sous des conditions très réductrices ( $pO_2 \leq 10^{-40}$ bars).

ABSTRACT. - Preliminary lithostratigraphic, petrographic and geochemical studies about the Tubize Group (Lower Cambrian from the Brabant Massif, G. MORTELMANS, 1977) enable us to define: 1) the depositional environments of the Group; 2) the nature of the concealed Precambrian basement; 3) the degree of the Caledonian regional metamorphism. The Group is composed of intermediate to proximal turbiditic strata and monotonous silty units with chloritic levels. The turbidites indicate a deep subsident basin with large deposits of coarse detritus whereas the silts suggest littoral conditions and slow rate of deposition. Therefore, in the Brabant area, the Lower Cambrian paleogeography turns out to be more intricate than it used to be considered. Determination of the sources of the detritus is mainly based on the petrology of the granules and the pebbles observed in the greywackes members of the turbiditic strata. The Tubize Group appears to be settled close to a continental area which was made up of mica-schists, low-grade schists and large amount of basic magmatic rocks. From the stability of the epidote-albite-chlorite-magnetite-quartz paragenesis and the preservation of detrital biotites, we infer that the greywackes were affected by a very low-grade metamorphism which evolved between 200 and 250°C. The presence of magnetite-rich schists argue that it took place under most reducing conditions ( $pO_2 \leq 10^{-40}$ bars).

---

(\*) Laboratoires associés de Géologie, Pétrographie et Géochronologie.  
Université Libre de Bruxelles, avenue F. D. Roosevelt, 50, B-1050 Bruxelles (Belgique).

## 1. INTRODUCTION.

Les terrains anté-Trémadociens du Massif du Brabant restent encore très mal connus et, aucune légende stratigraphique détaillée n'a pu jusqu'ici être établie. Les causes de cette situation sont diverses, mais résident essentiellement dans la non-découverte de fossiles stratigraphiques, notamment d'acritarques (VANGUESTAINE, 1973, 1977) et dans l'exiguité et la discontinuité des affleurements, souvent limités à des fonds de vallée (fig. 1). En outre, les études sédimentologique et pétrographique font défaut. Pour pallier cette lacune, en parallèle avec un levé systématique des divers affleurements de roches cambriennes exposées dans les fonds des vallées de la Senne, de la Dyle et de la Gette, nous nous proposons de rechercher des critères sédimentologiques et pétrographiques propres à préciser les relations existant entre les différentes formations lithologiques qui composent ces terrains.

Nous avons choisi de débiter notre étude par l'Assise de Tubize, pour quatre raisons fondamentales :

1. elle présente des formations de lithologie apparemment très caractéristique (schistes à magnétite, "arkose") qui la rendent a priori facilement identifiable en affleurements et en sondages;
2. elle affleure, sous le même faciès, de la Dyle jusqu'au méridien de la Dendre (MORTELMANS, 1955);

3. elle renferme des microconglomérats qui pourront servir à l'identification des sources des matériaux détritiques;

4. elle contient des niveaux à galets de laves basiques (MUTHUON, 1894), où certaines phases calco-silicatées sensibles au degré de métamorphisme ont pu se développer.

L'échantillonnage pétrographique détaillé, réalisé sur plusieurs affleurements caractéristiques de cette Assise, nous a déjà permis de rassembler des renseignements utiles concernant son milieu de sédimentation, la nature des régions-sources des produits détritiques et le degré atteint par le métamorphisme régional dans la région de Tubize. Ce sont ces résultats préliminaires qui constituent l'objet de la présente note.

## 2. RETROACTES.

C'est en 1873 que C. MALAISE divise en trois assises (Assises de Blanmont, de Tubize et d'Oisquercq)\* les formations non fossilifères constituant le coeur de l'anticlinal du Brabant; il les attribuera plus tard au Cambrien (MALAISE, 1883). Il regroupe, au sein de l'Assise de Tubize, l'ensemble des quartzites, arkoses, phyllades verdâtres et aimantifères observés entre Hal et Tubize,

\* A cette époque, MALAISE (1883) considère l'Assise de Mousty comme une variation de faciès de l'Assise d'Oisquercq et incorpore l'Assise de Jodoigne dans l'Assise de Blanmont.

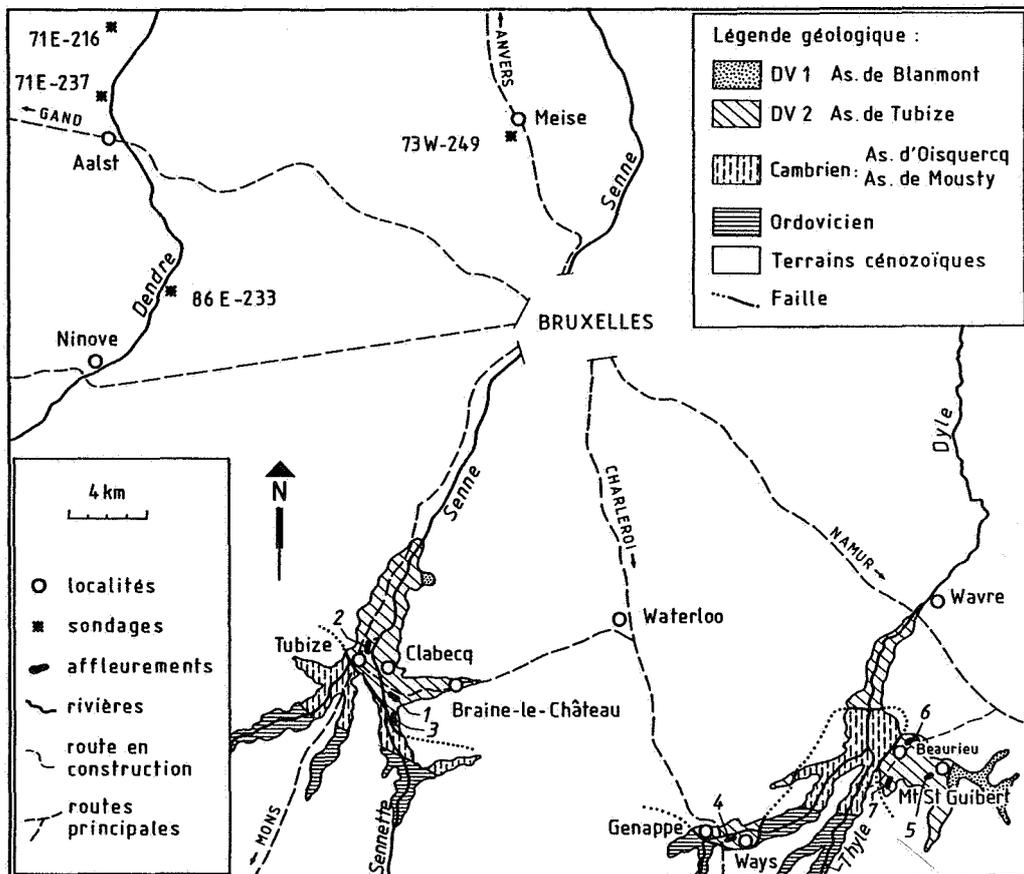


Figure 1 - Carte géologique schématique de la partie centrale du Massif du Brabant avec localisation des principaux affleurements étudiés.

1. coupe du Rogissart; 2. usine de Fabelta; 3. bassin de décantation des Forges de Clabecq; 4. chapelle "à ciel ouvert" de Ways-Ruart; 5. brasserie Vieux-Temps; 6-7. route rapide Louvain-la-Neuve à Nivelles.

et refoule, dans l'Assise d'Oisquercq, tous les schistes et phyllades bleus, noirs, bigarrés verts et noirs rencontrés entre Tubize et Oisquercq. Cette interprétation est reprise ensuite par FOURMARIER (1920), MORTELMANS (1955) et LEGRAND (1967).

Dès 1894, MUTHUON réalise une étude pétrographique détaillée de la nature des constituants de l'"Arkose". En particulier, il découvre, associés à de nombreux minéraux détritiques (quartz, feldspath, mica blanc, magnétite, épidote), des fragments de roches diverses : magmatiques, sédimentaires et métamorphiques à structure feuilletée. Dans le cadre de son étude pétrographique des roches sédimentaires cambriennes, de WINDT (1897) décrit avec soin le quartz, les feldspaths et les micas détritiques de l'"Arkose", mais ne mentionne aucun des fragments de roches observés par son prédécesseur. Pour DENAYER et MORTELMANS (1954), l'"Arkose" renferme de petits galets de phyllades, de grès avoisinants et de fragments de roches plus lointaines (micropegmatite graphique, gneiss, micaschistes) qui témoignent de l'érosion d'un socle métamorphisé, anté-Cambrien, peu éloigné.

Le milieu de sédimentation de l'Assise de Tubize n'a pas encore été défini. Cependant, se basant à la fois sur l'épaisseur estimée des dépôts et la répétition de séquences granoclassées dans la plupart des membres arénacés de l'Assise, MORTELMANS (1955), BEUGNIES *et al.* (1976) et MICHOT (1980) considèrent que la subsidence a pris, au Cambrien inférieur, un caractère nettement plus accentué dans l'aire brabançonne que dans l'aire ardennaise.

Le métamorphisme régional calédonien se manifeste, dans le Massif du Brabant, par le développement de divers porphyroblastes : magnétite des phyllades de l'Assise de Tubize (de WINDT, 1897); biotites de l'Assise de Blanmont (de MAGNEE, 1977); spessartine des niveaux manganésifères de l'Assise de Mousty (de MAGNEE et ANCIAUX, 1945). Cependant, les caractéristiques physico-chimiques de ces cristallisations métamorphiques n'ont pas été déterminées.

### 3. LOCALISATION DES PRELEVEMENTS.

Des levés inédits (ANDRE, 1986), réalisés dans les vallées de la Senne, de la Sennette et du Hain, montrent que l'Assise de Tubize est composée d'au moins trois unités lithostratigraphiques\* géométriquement distinctes de l'Assise d'Oisquercq, avec de haut en bas :

- c) UNITE DES FORGES.  
Siltites noires contenant de fines intercalations de siltites vertes.

b) UNITE DE FABELTA.

Grès, siltites vertes ou parfois gris-mauves, à magnétite, avec intercalations de fines couches chloritiques et de bancs décimétriques de grès feldspathiques à stratifications entrecroisées et niveaux de minéraux lourds. A la base, alternance de siltites vertes à magnétite, de fines couches chloritiques et de bancs de micacites et d'arkoses.

a) UNITE DU ROGISSART \*

Grès, grès feldspathiques, arkoses et grauwackes granoclassés en alternance avec des pélites silteuses et schistes verts, rarement noirs, à porphyroblastes de magnétite.

Nous nous sommes efforcés d'étudier ces unités non seulement dans la région-type, aux environs de Tubize, mais aussi partout où elles avaient été reconnues, dans les vallées de la Thyle (Ways) et de l'Orne (Mont-St-Guibert et Baurieux), et en sondage sous les Flandres. Les résultats actuels concernent uniquement les unités de Fabelta et du Rogissart qui sont aisément identifiables, la première, par la présence de niveaux gréseux à stratifications entrecroisées et l'ubiquité de ses horizons chloritiques, la seconde par la présence de bancs d'arkose et de grauwacke. La localisation des zones d'affleurement étudiées est donnée à la figure 1.

### 4. LITHOLOGIE.

Les différentes roches clastiques rencontrées dans les unités de Rogissart et de Fabelta ont fait l'objet d'une étude pétrographique détaillée tant dans le bassin de la Senne que dans celui de la Dyle. Les lithologies rencontrées dans ces deux bassins sont très proches, puisque la seule différence notable réside dans la proportion plus faible d'épidote des grès feldspathiques observés dans la vallée de la Dyle (VANDER AUWERA, 1983).

#### 4.1. LES SILTS, GRES, ARKOSES ET GRAUWACKES.

Le terme "arkose", classiquement appliqué aux roches clastiques à grain moyen (0.5 à 2 mm) et grossier (>2 mm) de l'unité du Rogissart ne répond pas aux exigences de cette dénomination qui implique une roche pauvre en ciment (<15 %) et en débris lithiques (PETITJOHN *et al.*, 1973). En effet, ces roches présentent en moyenne 60 % d'éléments détritiques dont plus de la moitié sont constitués de débris lithiques; il s'agit donc typiquement de grauwackes. Parmi les débris de minéraux, on trouve essentiellement, outre du quartz et de l'albite :

- du feldspath potassique présentant parfois des mésoperthites en taches;
- de la muscovite souvent tordue entre les grains détritiques;

\* En l'absence de données suffisantes concernant l'échelle lithostratigraphique et l'extension latérale des unités sédimentaires de la vallée du Hain, nous nous gardons de vouloir proposer dès maintenant des stratotypes. C'est pourquoi nous n'avons pas utilisé ici le terme de "formation" dont la connotation est par trop précise.

\* Cette unité comprend l'ensemble des termes lithologiques qui étaient anciennement regroupés dans l'Assise de Tubize *sensu* MALAISE (1873).

TABLEAU 1 - Compositions moyennes et formules de structure des minéraux constitutifs de l'Assise de Tubize. (Analyses à la microsonde CAMEBAX du C.A.M.S.T., U.C.L.; analyste : J. WAUTIER).

MINERAL Nbre Ech.	BIOTITE 6	EPIDOTE *** 8	EPIDOTE **** 1	CHLORITE * 5	CHLORITE ** 4		PLAGIOCLASE 6	CHROMITE 2
SiO <sub>2</sub>	35.13	37.42	37.27	26.30	23.31		66.38	0.08
TiO <sub>2</sub>	1.82	0.11	0.12	0.06	0.06		-	0.84
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	18.26	23.52	22.90	21.07	22.76		19.79	12.02
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-		-	2.97
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	-	-	-		-	45.47
FeO	20.52	11.63	12.69	19.94	26.06		0.13	29.91
MnO	0.14	0.11	0.11	0.47	0.57		-	2.38
MgO	8.62	-	-	16.50	11.90		0.02	0.28
CaO	-	22.56	22.32	0.13	0.04		0.33	-
Na <sub>2</sub> O	0.08	-	-	-	-		10.88	-
K <sub>2</sub> O	9.52	-	-	-	-		0.16	-
H <sub>2</sub> O	3.86	3.47	3.46	11.30	10.88		-	-
Total	97.95	98.82	99.05	95.77	95.58		97.69	93.95
Si	5.448	3.008	2.999	5.575	5.137	Cr	-	10.711
Al <sup>IV</sup>	2.552	0.003	0.001	2.425	2.863	Si	2.967	0.025
	8.000	3.011	3.000	8.000	8.000	Al	1.043	4.219
Al <sup>VI</sup>	0.786	2.225	2.171	2.839	3.049	Mg	0.002	0.124
Ti	0.213	0.006	0.007	0.008	0.009	Fe <sup>2+</sup>	0.005	7.453
Fe	(Fe <sup>2+</sup> ) 2.661	(Fe <sup>3+</sup> ) 0.783	(Fe <sup>3+</sup> ) 0.854	3.535	4.803	Fe <sup>3+</sup>	-	0.666
Mn	0.019	0.007	0.014	0.085	0.106	Na	0.942	-
Mg	1.993	-	-	5.215	3.907	Ti	-	0.189
Ca	0.085	1.943	1.925	0.030	0.013	Ca	0.016	0.004
Na	0.024	-	-	-	-	Mn	-	0.599
K	1.885	-	-	-	-	K	0.009	-
		Ps = 26.0	Ps = 28.2			Ab	97.41	
						Or	0.95	
						An	1.64	

\* : unité du Rogissart  
\*\* : unité de Fabelta

\*\*\* : épidote en grains  
\*\*\*\* : épidote de la matrice

Ps = % de pistachite

- de la biotite (tableau 1) plus ou moins transformée en oxychlorites;
- des agrégats illite-chlorite en forme de sandwich;
- de l'épidote de taille variable (1000 μ à 5 μ), mais de composition relativement constante (tableau 1);
- de la magnétite xénomorphe, parfois fracturée;
- accessoirement, de la chromite (tableau 1), du sphène, du rutile, de l'ilménite, de la tourmaline et du zircon.

Les roches clastiques à grain fin (0.25 à 0.5 mm) présentent des proportions très variables d'éléments détritiques. Selon la proportion de feldspaths, il s'agit d'arkose (feldspaths > 25 %), de grès feldspathiques (10 % < feldspaths < 25 %) et de grès (< 10% de feldspaths). Les autres débris de minéraux sont analogues à ceux des grauwackes. Les pélites silteuses présentent une minéralogie

analogue à celle des sédiments plus grossiers. Notons toutefois que, dans certains cas, la stratification est marquée par une plus grande concentration d'épidote et de magnétite détritiques xénomorphes.

Dans chacune des roches précédentes, les éléments détritiques baignent dans une matrice essentiellement composée de chlorites (tableau 1), avec accessoirement de la séricite. La chlorite est d'origine diagénétique ou métamorphique, car elle se présente sous la forme de paillettes orientées perpendiculairement à la bordure des grains de quartz et de feldspaths.

#### 4.2. LES MICACITES.

Nous reprenons ici une appellation proposée par MICHOT (1977) pour désigner des niveaux à rubans "pélitiques" formés d'un feuilletage parallèle, très serré, de paillettes micacées et exempts

de quartz. En général, il s'agit essentiellement d'agrégats composés d'illite et de chlorite associés en sandwichs. La proportion de ces sandwichs peut atteindre 70 % et ces niveaux de micacite apparaissent très analogues à ceux reconnus, par MICHOT (1977), au sein des straticulites micropsammitiques de la Formation de Villers-la-Ville.

## 5. CARACTERISTIQUES DE LA SEDIMENTATION.

L'étude pétrographique a montré, que les lithologies des affleurements situés hors du bassin de la Senne peuvent être rapprochées de celles observées dans la région de Tubize. Nous avons donc entrepris une étude sédimentologique préliminaire dans cette région afin de tenter de préciser le milieu de sédimentation des unités du Rogissart et de Fabelta. Deux coupes aisément accessibles ont été sélectionnées, l'une à Clabecq, représentative des niveaux granoclassés du Rogissart, l'autre à l'usine Fabelta de Tubize, caractéristique de l'unité de Fabelta.

### 5.1. LES NIVEAUX GRANOCLASSES DE L'UNITE DU ROGISSART.

La coupe étudiée se situe à Clabecq, à hauteur du lieu-dit "Le Rogissart", le long de la route qui relie Tubize à Braine-le-Château (figure 1). Elle permet d'observer sur environ 40 mètres, des bancs d'arkose et de grauwaacke alternant avec des passées phylladeuses, dirigées N 20° 0 et inclinées de 80° vers le N-E. Les niveaux fins, avec ou sans porphyroblastes de magnétite, présentent une schistosité dirigée N 45° 0 qui pend de 67° vers le N-E. L'orientation des structures sédimentaires (granoclassement, stratifications entrecroisées) indique que ces couches sont en position renversée. La stampe détaillée de la coupe est donnée, à la figure 3.

L'épaisseur décimétrique, voire métrique, des bancs granoclassés qui s'inscrivent dans une succession très épaisse (plus de 500 mètres), de même lithofaciès (ANDRE, 1986), indique indubitablement une succession turbiditique (REINECK et SINGH, 1975). Les fines laminae horizontales et obliques observables en lames minces, dans certains horizons silteux, corroborent cette opinion; elles permettent de comparer les séries observées au modèle de strates turbiditique proposé par BOUMA (1962) pour les dépôts de flysch, et généralisé depuis par LOWE (1982) à tous les dépôts résultant d'un écoulement par gravité (figure 2).

La majorité des 24 épisodes turbiditiques identifiés (figure 3) présentent les termes a, b, c, d du modèle de BOUMA et sont donc de faciès intermédiaire (figure 2). Trois coulées sont tronquées par le haut (n° 7, 17, 22), traces d'une érosion par la coulée suivante. Deux autres, tronquées par le bas (n° 21, 22), témoignent d'un faciès plus distal vis-à-vis de l'axe du courant de turbidité. Les strates grossières (n° 4, 10, 11) pourraient correspondre à des turbidites plus proximales, notamment la coulée 9 où un terme S2, caractérisé par un granoclassement inverse (LOWE, 1982), a pu être identifié. Dans la coupe de Clabecq, le terme "a" (ou S3) de la séquence de BOUMA équivaut aux bancs granoclassés d'arkose et de grauwaacke. Le terme "b" correspond tantôt à des alternances de silts grossiers et fins, tantôt à des silts grossiers apparemment non lités. Dans ce dernier cas, les intervalles a et b sont totalement indistinguables macroscopiquement. Le terme "c" comprend des laminae obliques, entrecroisées ou "microplissées". Le terme "d" se reconnaît à de fines alternances millimétriques de silts fins et très fins. Le terme "e" qui est censé s'être déposé dans l'intervalle entre deux turbidites n'a jamais pu être distingué du terme "d". L'identification macroscopique des

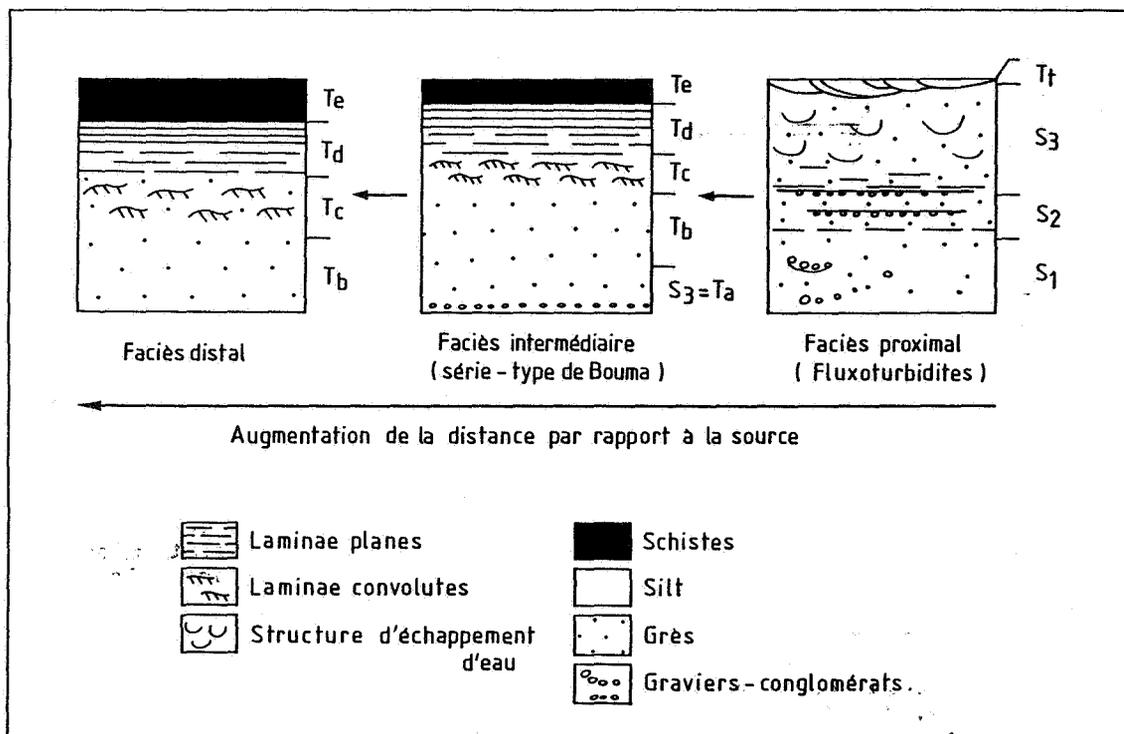


Figure 2 - Caractéristiques sédimentologiques théoriques des turbidites en fonction de l'éloignement de la source (d'après LOWE, 1982).



Le bon classement des grès et des silts, les accumulations de minéraux lourds et les stratifications entrecroisées suggèrent un milieu de dépôt littoral (PETITJOHN *et al.*, 1973). L'affleurement de silts noirs et de grès à stratifications entrecroisées, découvert le long du bassin de décantation des Forges de Clabecq (point 3, figure 1), offre un critère de faible bathymétrie supplémentaire. En effet, on y observe, à la base des niveaux de grès, de petits chenaux centimétriques, riches en minéraux lourds, qui ravinent les silts sous-jacents.

### 5.2.2. Origine des niveaux chloritiques.

Le caractère interstratifié des niveaux chloritiques et leur association à des structures sédimentaires (figure de charge, stratification oblique) prouvent leur origine sédimentaire. Cinq modèles génétiques peuvent être proposés pour expliquer la formation de ces horizons :

1. une accumulation de chlorites détritiques;
2. une précipitation chimique à partir de l'eau de mer;
3. une précipitation chimique à partir d'une eau de mer enrichie en éléments métalliques par mélange avec des solutions hydrothermales;
4. une accumulation de débris de verre volcanique basique métamorphisés en chlorites;
5. une halmyrolyse d'un dépôt riche en oxydes de fer.

Pour préciser leur origine, une étude géochimique comparative des niveaux chloritiques et des silts de l'unité de Fabelta a été entreprise par fluorescence X (V, Ti, Mn, Zn, Cr, Ni, Rb, Sr, Y, Zr. Tableau II) et par activation neutronique instrumentale (terres rares, Co, Sc, Ta, Th, U, Hf, Ba; HERTOGEN, inédit à paraître in ANDRÉ *et al.*, 1986). D'une manière générale, les roches pélitiques fines de l'Assise de Tubize présentent des teneurs analogues en éléments métalliques et en Zr, Y, quelque soit leur proportion de magnétite métamorphique (tableau II). En outre, leur teneur moyenne en ces éléments est, à l'exception du Ni, très analogue à celle des schistes d'autres régions (tableau III). Par rapport aux silts de Fabelta, les niveaux chloritiques sont :

- nettement enrichis en éléments métalliques divalents (Mn, Co, Ni, Zn), en terres rares légères (figure 4) et en Zr, Hf;
- très légèrement enrichis en  $TiO_2$  et en terres rares lourdes (figure 4);
- d'égale teneur pour le Cr, le V, le Ta, l'U et le Th;
- appauvris en Rb, Sr, Ba et Sc.

En outre, les formations chloritiques présentent un profil des terres rares très voisin de celui de la moyenne des shales européens, alors que les silts sont nettement plus pauvres (figure 4). Cette distribution n'est pas exceptionnelle, puisque GRAF (1977) observe un tel comportement des terres rares dans les niveaux riches en chlorite associés aux dépôts de sulfure

massif et "Iron formations" de New Brunswick au Canada.

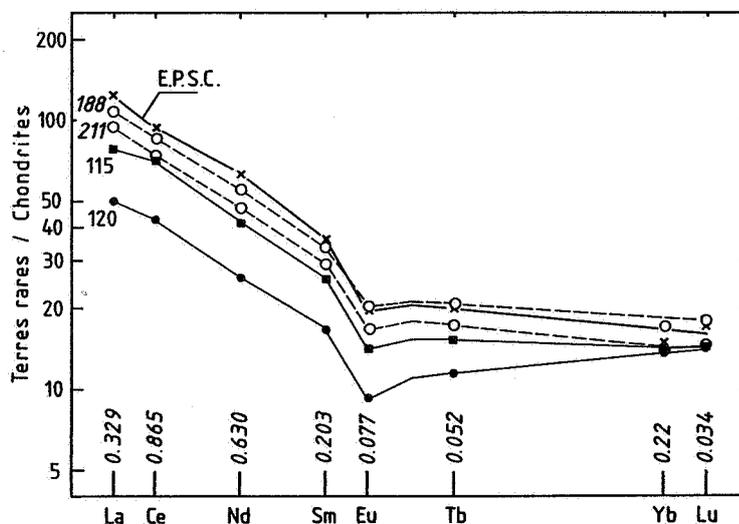


Figure 4 - Teneurs en terres rares normalisées aux chondrites des niveaux chloritiques (188 et 211) et des silts à magnétite (115) et sans magnétite (120) de l'Unité de Fabelta. E. P. S. C. : European Paleozoic Shale Composite (HASKIN et HASKIN, 1966).

L'aspect des chlorites rend l'hypothèse de leur accumulation détritique peu vraisemblable. En effet, alors que les agrégats de chlorite-illite, vraisemblablement d'origine sédimentaire (MICHOT, 1977; WYBRECHT *et al.*, 1983), sont allongés parallèlement à la stratification, les cristaux de chlorite sont ici disposés en tous sens.

Dans le cadre des processus sédimentaires, le cérium offre un comportement significativement différent de celui des autres terres rares, car cet élément se présente sous deux états d'oxydation ( $Ce^{3+}$  et  $Ce^{4+}$ ). En particulier la concentration préférentielle du  $Ce^{4+}$  dans les sédiments océaniques générés en milieux oxydants (nodules de manganèse, argiles rouges des fonds océaniques, ...) fait que cet élément est appauvri dans l'eau de mer relativement aux terres rares trivalentes encadrantes : La, Nd (par ex. ELDERFIELD & GREAVES, 1982). La distribution des terres rares dans l'eau de mer, et par là dans les minéraux sédimentaires néoformés en milieu marin, est par conséquent le plus souvent caractérisé par une anomalie négative du Ce. L'absence de cette anomalie dans les niveaux chloritiques (Figure 4) s'avère donc peu compatible avec l'hypothèse d'une précipitation chimique à partir de l'eau de mer.

Lors de l'altération hydrothermale des basaltes océaniques (SEYFRIED et MOTT, 1982) et des roches granitoïdes (ALDETRON *et al.*, 1980; TAYLOR et FRYER, 1980; ANDRÉ, 1983), les solutions hydrothermales résultantes s'enrichissent en Mn, Zn, Fe, mais restent probablement pauvres en Cr et en Ni. Dès lors, les teneurs élevées en Cr et en Ni des niveaux chloritiques rendent improbable leur formation par

TABLEAU 2 - Teneurs moyennes en éléments-traces des roches pélitiques de l'Assise de Tubize (en p.p.m. sauf TiO<sub>2</sub>)

TYPE/LOCALITE	Nbre Ech.	MnO	Zn	V	TiO <sub>2</sub> %	Cr	Ni	Rb	Sr	Y	Zr
silts riches en Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / Rogissart	5	0.08	98	111	0.89	98	56	223	62.6	29	161
silts pauvres en Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / Rogissart	3	0.11	121	175	1.11	145	68	189	84.6	26	163
silts riches en Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / Fabelta	2	0.11	78	125	0.97	99	47	200	84.8	28	161
silts pauvres en Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub> / Fabelta	4	0.12	75	129	0.97	104	41	183	85.0	26	161
silts gris sombre/ Fabelta	2	0.12	83	128	0.95	105	54	189	86.3	34	154
niveaux chloritiques/ Fabelta	3	0.19	120	122	1.12	97	90	94.7	45.6	36	339

TABLEAU 3 - Comparaison des compositions moyennes des silts de l'Assise de Tubize avec celles des "schistes" d'autres régions (en p.p.m. sauf TiO<sub>2</sub>).

	V	TiO <sub>2</sub> %	Mn	Zn	Cr	Ni	Rb	Sr	Y	Zr
Assise de Tubize	127	0.96	930	78	103	46	188	85.4	29	159
Moyenne schistes autres régions	110 (1)	0.99 (2)	720 (3)	130 (4)	185 (5)	71 (6)	164 (7)	85 (8)	26 (1)	171 (5)

- (1) WEDEPOHL, K. H. - Spurenanalytische untersuchungen an Tiefseetonen aus dem Atlantik. Ein Beitrag zur deutung der geochemischen sonderstellung von pelagischen tonen. Geochim. Cosmochim. Acta 18, 200 (1960).
- (2) SCHULZ-DOBRICK, B. - Chemischer Stoffbestand Variskischer Geosynklinalablagerungen in Rhenoherynikum. Diss., Göttingen (1975).
- (3) MOROZOV, S. G. - Minor elements in the Pre-Devonian (Balvynian) rocks of Western Bashkiria. Dokl. Akad. Nauk SSSR 145, 161 (1964).
- (4) MORITA, Y - Distribution of copper and zinc in various phases of the earth materials. J. Earth Sci. Nagoya Univ. 3, 33 (1955).
- (5) SPENCER, D. - Factors affecting element distributions in a silurian graptolite band. Chem. Geol. 1, 221 (1966).
- (6) TUREKIAN, K. K. & CARR, M. H. - The geochemistries of chromium, cobalt and nickel. Report XXI. Session, Intern. Geol. Congr., Norden Part I, 14 (1960).
- (7) WILLIAMS, H. H. - Some aspects of ion exchange in shales, unpubl. M. S. thesis, Univ. of Calgary (1967).
- (8) MOHR, P. A. - A geochemical study of the Lower Cambrian manganese shale Group of the Harlech Dome, North Wales. Geochim. Cosmochim. Acta 17, 186 (1959).

précipitation à partir d'une eau de mer enrichie en éléments métalliques au contact de solutions hydrothermales d'origine magmatique. Un tel phénomène n'expliquerait pas non plus leurs fortes teneurs en Zr et en terres rares, puisque ces éléments sont généralement immobiles au cours des processus hydrothermaux de haute température survenant à basse pression (ANDRE, 1983, pp. 246-255). Enfin, cette hypothèse requiert l'existence, à faible profondeur sous l'unité de Fabelta, d'une chambre magmatique suffisamment vaste pour fournir l'énergie thermique nécessaire au développement d'une circulation

hydrothermale. Or, mis à part le dyke de Lembeeck, d'âge inconnu (CORIN, 1965), aucune manifestation magmatique n'a été observée dans le Devillien. Aussi, rejettons-nous l'hypothèse de "l'hydrothermalisme".

La transformation des verres volcaniques basiques en aluminosilicates ferromagnésiens (smectite, chlorite, céladonite) est un phénomène métamorphique fréquent (MEHEGAN *et al.*, 1982; SEYFRIED et MOTTI, 1982). Dès lors, l'accumulation des particules vitreuses "chloritiques", éventuellement remaniées durant le métamorphisme de faible degré subi par

l'Assise de Tubize (cf. plus loin), aurait pu fournir la matière première nécessaire à la constitution des horizons chloritiques. Bien que séduisante eu égard à l'existence, parmi les sources de matériaux détritiques de l'Assise de Tubize (cf. plus loin), de formations riches en roches volcaniques métamorphisées, cette hypothèse apparaît peu vraisemblable à la lumière des données géochimiques. En effet, admettre cette solution, c'est aussi accepter l'origine calco-alcaline du magmatisme dont dériveraient les particules chloritisées, puisque ces niveaux sont enrichis en terres rares légères relativement aux terres rares lourdes et apparaissent non fractionnées du point de vue des terres rares lourdes (figure 4). Or, les teneurs en Zr des horizons étudiés sont de loin supérieures à celles des magmas andésitiques qui titrent moins de 200 ppm de Zr (EWART, 1982). En outre, lorsqu'elles résultent d'interaction entre des roches magmatiques et des solutions fluides de basse température, les chlorites sont plutôt enrichies en terres rares lourdes vis-à-vis des terres rares légères (ALDERTON *et al.*, 1980; BAKER et DE GROOT, 1983).

Se référant à PETITJOHN *et al.* (1973), on doit considérer la cinquième hypothèse comme la plus probable. En effet, selon ces auteurs (p. 53) : "the most likely origin of the iron-rich clays and iron silicates in sedimentary environments is the diagenetic transformation of ferric hydroxide rims or accumulations that come down from rivers into estuarine or near shore environments. The ferric hydroxide, when intimately mixed with detrital clay minerals such as chlorites or illites, may spontaneously reorganize, and if sufficient organic matter is in the environment, to provide a slightly reducing environment, to enter the clay mineral structure and form the iron silicates". Des études récentes confirment que la diagenèse précoce des hydroxydes de Fe survenant à l'interface mer-sédiment produit des aluminosilicates de Fe (HEIN *et al.*, 1979; MACKIN et ALLER, 1984). Un premier bilan géochimique du comportement des éléments en trace, au cours de tels processus diagénétiques précoces, a été obtenu par LI (1982). Selon cet auteur, les éléments en trace peuvent être scindés en trois catégories selon leur comportement durant la diagenèse. Certains (Co, Ni, Cu, Zn, V, Y, Zr, Hf et terres rares) sont préférentiellement adsorbés sur les oxydes de Fe et de Mn et seront dès lors concentrés dans les aluminosilicates de Fe qui en dérivent. D'autres, comme le Sc, sont plutôt incorporés dans les phases aluminosilicatées et donc enrichis dans les horizons de shales associés aux oxydes. Enfin, le Ti, le Cr, le Th et le Ta se comportent différemment selon la teneur en fer du milieu; ils suivent les éléments du premier groupe dans les milieux très riches en fer; ils se rapprochent de ceux du second groupe dans les autres milieux. Ce bilan géochimique est remarquablement similaire à celui obtenu par l'étude géochimique comparée de silts fins et des niveaux chloritiques, notamment pour : Co, Ni, Zn, Y, Zr, Hf, terres rares, Sc, Ti, Ta, Th. Le modèle diagénétique rend dès lors compte de la plupart des caractéristiques géochimiques des niveaux chloritiques, et leur

genèse par un mécanisme d'halmyrolyse, s'avère par conséquent très plausible.

En conclusion, les niveaux chloritiques représentent, selon nous, des horizons initialement très riches en oxydes de Fe qui ont été transformés, d'abord en aluminosilicates par diagenèse à l'interface eau-sédiment et, ultérieurement, en chlorites, au cours du métamorphisme de faible degré. La croissance des aluminosilicates authigènes est étroitement liée au taux de sédimentation, car la proportion d'Al adsorbé sur les oxydes de Fe dépend étroitement du temps de résidence de ces oxydes à l'interface eau-sédiment (MACKIN et ALLER, 1984). Par conséquent, accepter l'hypothèse diagénétique, c'est admettre implicitement que chacun des niveaux chloritiques correspond à un ralentissement de l'apport des particules détritiques.

## 6. ORIGINE DES MATERIAUX DETRITIQUES.

Outre les fragments de galets mous synsédimentaires, les termes les plus grossiers des coulées de turbidites renferment souvent de petits galets de natures diverses. Leur étude a permis d'apprécier les particularités lithologiques du socle précambrien dont dérive la composante détritique de l'Assise de Tubize. Les caractéristiques isotopiques des silts de l'Unité de Fabelta apportent des précisions supplémentaires quant à l'âge et l'importance quantitative des sources ainsi répertoriées.

### 6.1. PETROGRAPHIE DES DEBRIS LITHIQUES.

Parmi les fragments lithiques découverts, on note, par ordre d'abondance, des roches quartzofeldspathiques grenues, des matériaux volcaniques, des quartzites, des micaschistes et des phyllades. Près de la moitié des débris sont constitués d'un assemblage inéquigranulaire polygonal à interlobé de quartz, de feldspaths plus ou moins séricitisés (albite et feldspath potassique) et de minéraux ferromagnésiens chloritisés. En général, le plagioclase et le feldspath potassique sont dépourvus d'antiperthites et de perthites. Cependant, certains grains d'albite présentent des antiperthites en taches qui résultent vraisemblablement d'une transformation potassique du plagioclase. Certaines de ces roches, sans structure orientée et à feldspaths idiomorphes à épidiomorphes, dérivent indubitablement de granites. Les autres, où le feldspath et le quartz sont généralement agencés dans une structure plus ou moins orientée, ont une origine métamorphique difficile à préciser. En effet, l'absence de démixtions dans les feldspaths peut éventuellement résulter du métamorphisme calédonien et il serait prématuré d'échafauder des hypothèses sur l'intensité du métamorphisme du socle précambrien en se basant sur ce seul critère.

Les débris des roches magmatiques non granitiques représentent près du tiers des grains lithiques. Ils comprennent essentiellement des grains de roches volcaniques à structure microlithique, intersertale, trachytique et porphyrique, des fragments d'épidote et des morceaux de cumulates de plagioclase. Les roches volcaniques non porphyriques sont composées de lattes de plagioclase albitisé, de tailles variables (10 à 500  $\mu$ ) baignant dans une

mésostase de proportion variable transformée en chlorite avec accessoirement de la magnétite, de l'épidote et du quartz (\*). Les roches porphyriques contiennent des phénocristaux de plagioclase albitisé cimentés par un agencement polygonal très finement grenu de quartz et de feldspaths. Les épidotites sont des fragments fréquents puisqu'elles constituent près de 10 % des débris lithiques observés. L'épidote s'y présente généralement en petits grains (< 200  $\mu$ ); toujours abondante (50 à 80 %), elle est associée à des quantités variables de quartz, de chlorite, de magnétite et d'albite. La cristallisation de l'épidote tend à oblitérer la structure magmatique originelle (microlithique, intersertale ou porphyrique) qui est cependant souvent reconnaissable. Les fragments de coumat de plagioclases sont assez rares; les plagioclases sont toujours albitisés, de petite taille (< 1 mm) et profondément saussuritisés.

Bien que toujours présents, les débris de micaschistes sont relativement peu nombreux puisqu'ils représentent moins de 5 % des débris de roches des grauwackes. Ils sont composés de quartz, d'albite, de lamelles orientées de muscovite et de biotite transformée en oxychlorite. Les débris de phyllades sont plus rares que les précédents. Ils se distinguent des galets mous synsédimentaires par la présence d'une schistosité de flux. Quelques-uns de ces débris montrent une double schistosité; la schistosité de flux, dessinée par les paillettes d'illite, est alors microplissée par un clivage de crénelation. Ces grains de phyllades témoignent donc de la présence de formations peu métamorphiques au sein des sources des matériaux détritiques devilliens. Les quelques rares débris de phyllades à porphyroblastes de biotite (biotitoschistes) sont peut-être à rapprocher de ces matériaux peu métamorphiques.

En conclusion, le socle anté-Devillien est donc composite et constitué d'au moins trois groupes de formations géologiques :

- de granites;
- de micaschistes du faciès schistes verts ou du faciès amphibolite;
- d'unités peu métamorphiques (faciès zéolitique ou partie supérieure du faciès schistes verts) d'origines sédimentaire (phyllades et biotitoschistes) et magmatique (roches métavolcaniques à épidote, chlorite, albite et quartz) (\*\*).

(\*) L'abondance de la chlorite et l'absence de quartz primaire suggèrent que ces roches dérivent de magmas plutôt basiques de composition "basaltique" à "andésitique".

(\*\*) En l'absence de preuves d'un volcanisme devillien et, vu le caractère métamorphique des débris de laves trouvés dans les grauwackes, nous admettons ici que ce volcanisme est anté-Devillien et donc Précambrien (MORTELMANS, 1977).

## 6.2. CARACTERISTIQUES DES APPORTS MAGMATIQUES BASIQUES.

Ayant déterminé qu'une fraction de l'apport détritique de l'Assise de Tubize provient de formations magmatiques basiques, il convient maintenant de définir si cette source a alimenté constamment ou très sporadiquement la sédimentation de l'Assise. Les compositions isotopiques initiales du Nd ( $\epsilon_{Nd}^{515} = -5.6$ ) et du Sr [ $(^{87}Sr/^{86}Sr)^{515} = 0.7023$ ] d'un silt fin de l'Unité de Fabelta (ANDRE *et al.*, 1986) démontrent que l'apport détritique d'origine magmatique basique, décelé dans les coulées de turbidites, s'est poursuivi durant le dépôt de l'Unité péritique de Fabelta. En effet, ces valeurs isotopiques ne s'expliquent que si une part importante (> 50 %) du Sr et du Nd contenus dans la composante détritique de la roche découle de sources magmatiques d'origine mantéllique [ $(^{87}Sr/^{86}Sr)^{515} < 0.704$ ;  $0 < \epsilon_{Nd}^{515} < +10$ ] (\*). Deux autres observations géologiques sont en bon accord avec une alimentation constante du bassin à partir de roches-mères magmatiques. Il s'agit d'une part de l'apparition fréquente, dans les sédiments arénacés, de magnétite détritique parfois intimement associée à de la chromite alumineuse et, d'autre part, du caractère récurrent des niveaux chloritiques dont la genèse suppose l'apport de quantités importantes de Fe.

Les chromospinelles se rencontrent presque exclusivement dans les roches ultrabasiques des intrusions stratiformes ou des séries ophiolitiques (STANTON, 1972). Dès lors, la découverte de chromite détritique dans les termes à de certaines coulées de turbidites éclairé peut-être le problème de la nature du volcanisme précambrien. En effet, si, poussant jusqu'au bout la portée de nos résultats, nous postulons que la chromite, la magnétite et les débris de laves proviennent d'un même massif, ce volcanisme devrait être associé à des intrusions basiques importantes.

## 6.3. AGE DU DOMAINE CONTINENTAL DEVILLIEN.

Dans une première approche, on peut raisonnablement supposer que l'âge probable des sources de l'alimentation détritique de l'Assise de Tubize doit correspondre à celui de l'un des trois domaines précambriens entre lesquels s'insère le segment calédonien belge. Au nord, le socle le plus proche s'observe dans le Rogaland méridional ou l'achèvement orogénique, en faciès granulitique, date d'environ 1000 M.A. (PASTEELS et MICHOT, 1975). Vers le sud-ouest, le socle précambrien de la zone Domnonéenne du Massif Armoricaïn est le moins éloigné. Il comprend, à la base, des gneiss pentévriens auxquels des données géochronologiques attribuent un âge minimum de 2000 M.A. (CALVEZ

(\*) Les shales cambriens des Iles Britanniques présentent, en comparaison, une composition isotopique du Nd beaucoup moins radiogénique ( $\epsilon_{Nd}^{515} = -15.9$  à  $-19.0$ , O'NIONS *et al.* 1983).

VIDAL, 1978). Ce soubassement du Protérozoïque inférieur est recouvert par les formations du Briovérien inférieur, affectées avant 690 M.A. par un métamorphisme schistes verts à amphibolite, auxquelles succèdent les unités sédimentaires et volcaniques peu métamorphisées du Briovérien supérieur, plissées entre 600 et 580 M.A. (COGNE et WRIGHT, 1980). Vers l'Ouest et le Nord-Ouest, le socle le plus voisin affleure dans les "Midlands". Connu par quelques affleurements, mais surtout en sondage dans le centre de l'Angleterre, il se prolonge probablement par delà la mer d'Irlande, jusqu'au Complexe de Rosslare. C'est sur ce bloc continental ancien que viennent se biseauter les formations siluriennes et ordoviciennes de la région de Londres qui constituent le prolongement probable du segment Calédonien brabançon (DUNNING, 1977; CHROSTON et SOLA, 1982). Il comprend de haut en bas :

- d'épaisses formations volcaniques interstratifiées dans des unités sédimentaires localement recristallisées dans le cadre d'un métamorphisme de faible degré, daté à 590 M.A. et attribué à l'orogénèse cadomienne (WRIGHT, 1980);
- un socle métamorphique de faciès amphibolite (PATCHETT *et al.*, 1980), dont l'âge s'inscrirait entre 800 M. A. (WATSON et DUNNING, 1979) et 1200 M.A. (HAMPTON et TAYLOR, 1983), et qui serait recoupé par diverses intrusions acides cadomiennes (WRIGHT, 1980).

Nos données apportent plusieurs contraintes supplémentaires. Cette aire continentale doit comprendre à la fois des micaschistes, des phyllades et de puissantes formations volcaniques. En outre, les âges Nd modèles des silts et schistes cambro-ordoviciens du Massif du Brabant, calculés par rapport à un réservoir mantélique appauvri en terres rares, sont inférieurs à 1600 M.A. (ANDRE, 1983). Cette dernière valeur représente l'âge moyen maximum des matériaux détritiques (ANDRE, 1983); dès lors, le continent de l'époque devait être essentiellement composé de roches postérieures au Protérozoïque inférieur. Ce sont les roches précambriennes des Midlands et du Massif Armoricaire qui, par leur âge et leurs lithologies, satisfont le mieux à ces conditions. On serait donc tenté de rattacher le socle précambrien belge à la "microplaque pentévrienne" délimitée par COGNE et WRIGHT (1980).

## 7. LE DEGRE DU METAMORPHISME REGIONAL CALEDONIEN.

Les caractéristiques thermiques du métamorphisme régional calédonien ont pu être précisées par la détermination des phases calco-silicatées présentes dans les grauwackes et grâce à l'observation de biotites détritiques dans certaines arkoses. L'existence de porphyroblastes de magnétite dans les schistes intercalés entre les grauwackes permet en outre de fixer les conditions oxydo-réductrices de ce métamorphisme.

Malgré l'étude de plus de 100 lames minces et plusieurs analyses à la microsonde des grains les plus fins, aucun cristal de pumpellyite, de préhnite ou de

zéolite n'a pu être identifié. L'épidote semble donc être l'unique minéral calco-silicaté présent dans les grès feldspathiques, arkoses et grauwackes des unités du Rogissart et de Fabelta. L'épidote apparaît sous quatre habitus différents. Elle s'observe, le plus souvent, en grains isolés, subarrondis, de taille variable (10 à 1000  $\mu$ ); sa concentration locale dans les niveaux de minéraux lourds lui confère alors une origine détritique. Dans d'autres cas, elle est incluse dans l'albite et constitue une saussurite. On la trouve aussi dans des fragments de filons ou de roches magmatiques. Dans le premier type de fragment, elle s'observe en association avec du quartz sous la forme d'aiguilles disposées en gerbes qui convergent en une de leurs extrémités en un grain unique d'épidote. Dans les seconds, elle participe à l'assemblage métamorphique : épidote-chlorite-albite-quartz. Ces fragments peuvent contenir de fins filonnets d'épidote dont l'extension est cependant toujours limitée aux contours du grain; ils sont donc antérieurs à l'incorporation du fragment dans le sédiment. Dès lors, la paragenèse métamorphique des fragments de lave, indicative d'un faciès "schistes verts" (FROST, 1980), témoigne du métamorphisme qui a affecté la source des roches magmatiques, mais n'est en aucune manière caractéristique des recristallisations survenues durant l'évolution "géosynclinale" de l'Assise de Tubize. Pour déterminer les conditions sous lesquelles cette dernière s'est produite, il faut définir le domaine de stabilité des phases minérales présentes à l'équilibre dans le ciment des grauwackes, à savoir essentiellement de la chlorite, de la magnétite, de l'albite et du quartz, le tout mêlé à une épidote d'origine détritique.

L'absence d'amphiboles dans le ciment indique que les grauwackes n'ont pas atteint le faciès schistes verts à actinote qui apparaît à 1 kbar entre 375°C et 450°C selon la fugacité d'oxygène (MOODY *et al.*, 1983). En présence d'eau, l'épidote donne naissance à une pumpellyite riche en Fe sous 200°C à 1 kbar (LIOU, 1979). L'intervalle de température peut encore être restreint si l'assemblage épidote-magnétite-quartz est en équilibre, ce que suggère la présence côte à côte de ces minéraux. En effet, l'absence de préhnite traduit alors des températures inférieures à environ 250°C (MARTINI, 1968; WINKLER, 1976) ou supérieures à 325-343°C (LIOU *et al.*, 1983). En définitive, la température du métamorphisme s'inscrit donc entre 200°C et 250°C ou entre 325°C et 450°C.

Les biotites, présentes dans les grauwackes et arkoses, sont tantôt très partiellement chloritisées (Mont-St-Guibert, Clabecq) ou totalement recristallisées en oxychlorites (Clabecq). La déstabilisation des paillettes de biotites tordues lors de la compaction du sédiment s'est souvent produite préférentiellement le long des fractures, perpendiculaires au clivage, qui jalonnent l'axe des microplis. Survenue après le dépôt du minéral, elle a dès lors un caractère métamorphique. Cette transformation de la biotite en chlorite ou en illite-chlorite survient habituellement lors de la diagenèse (WYBRECHT *et al.*, 1983) ou au cours du métamorphisme de très faible degré, dans la zone à laumontite-

chlorite (KISCH, 1974). Nous en concluons que les formations cambriennes de l'Assise de Tubize, présentes dans les vallées de la Senne et de la Sennette, ont été affectées par un métamorphisme peu intense dont la température s'inscrit entre 200°C et 250°C.

Dans le bassin de la Senne, la schistosité de fracture est d'intensité variable au sein de l'Assise de Tubize. A certains endroits (partie méridionale de la coupe de l'usine de Fabelta), elle est très mal définie ou même absente, à d'autres (coupes de Clabecq), elle est clairement visible. En lame mince, les phyllosilicates sont généralement peu orientés et les porphyroblastes de magnétite sont très rarement entourés de halos d'étiement. Les schistes de l'Assise de Tubize semblent donc voisins du "front" de déclenchement de la schistosité de fracture. Or, selon COOMBS (1974), le développement du clivage schisteux est rare dans les conditions métamorphiques du faciès laumontite-chlorite alors qu'il est plutôt commun dans celles du faciès préhnite-pumpellyite. Le développement inégal du clivage schisteux est donc en bon accord avec la détermination minéralogique du degré de métamorphisme.

La non-découverte de zéolites et notamment de laumontite qui est stable à partir de 200°C (MARUYAMA, 1983) pose a priori un problème. Il convient cependant de rappeler que, même en Nouvelle-Zélande, plus d'un quart des grès qui ont servi à la définition du faciès zéolitique sont dépourvus de zéolites (BOLES et COOMBS, 1977). Cette lacune minéralogique peut parfois résulter de contraintes cinétiques particulières liées à une durée très brève de métamorphisme (MIYASHIRO, 1973, p. 113). Cependant, dans le cas étudié, cette lacune est sans doute plutôt liée à la composition minéralogique particulière du sédiment originel. En effet, celui-ci dérive partiellement de roches magmatiques métamorphosées et est dès lors riche en albite et pauvre en verre. Or, la laumontite provient de la déstabilisation soit de plagioclases calciques soit de l'heulandite formée à partir des esquilles de verres (BOLES et COOMBS, 1977); elle ne peut donc se développer en l'absence de ces phases. Dès lors, même si elle est présente, la laumontite doit être rare et a pu nous échapper du fait de son habituelle finesse et de sa localisation fréquente dans les interstices entre les grains, là où l'eau et l'espace libre sont disponibles (MARTINI, 1968).

Les niveaux à magnétite sont intercalés entre les horizons de grauwaacke où la température du métamorphisme a été estimée. Ces porphyroblastes ont donc vraisemblablement cristallisé dans des conditions de température correspondant au maximum à celles du début de la zone à préhnite-pumpellyite. Le diagramme de stabilité des oxydes de fer montre que pour ces basses températures (<250°C), la magnétite n'est stable que pour une pression partielle d'oxygène très faible ( $p_{O_2} < 10^{-40}$  bars, D'AMORE et GIANELLI, 1984) en présence d'épidote. Ces porphyroblastes témoignent donc d'un métamorphisme en milieu très réducteur.

## 8. CONCLUSIONS.

L'image classique d'une sédimentation en mer profonde, développée dans un bassin à subsidence rapide, doit être amendée en ce qui concerne le Cambrien inférieur du Massif du Brabant. En effet, notre étude préliminaire montre que l'Assise de Tubize est constituée à la fois :

- de séquences turbiditiques épaisses (>500 m) indiquant un milieu de dépôt subsident, relativement profond et des apports détritiques importants;
- de silts d'affinité littorale, entrecoupés de niveaux chloritiques témoignant vraisemblablement d'une sédimentation ralentie.

Nous nous garderons de vouloir proposer une interprétation concernant la paléogéographie de ces dépôts et l'origine de l'évolution verticale des lithofaciès, avant d'avoir procédé à un examen approfondi des 500 m de turbidites de la vallée du Hain et d'avoir pu préciser le contenu stratigraphique de l'Unité des Forges. Cependant, de l'étude pétrographique des fragments de roches contenus dans les grauwaacks, il ressort que cette sédimentation s'est développée en bordure d'un socle précambrien lithologiquement très hétérogène, comportant notamment des micaschistes, des phyllades peu métamorphiques et d'importantes formations magmatiques basiques.

Dans le bassin de la Senne, l'Assise de Tubize a été soumise à un métamorphisme régional peu intense dont la température n'a probablement pas excédé 250°C.

## REMERCIEMENTS.

La forme définitive du texte doit beaucoup aux commentaires critiques des Professeurs J. MICHOT et A. HERBOSCH de l'Université Libre de Bruxelles que nous tenons à remercier.

Notre reconnaissance s'adresse aussi aux Professeurs D. LADURON (U.C.L.) et J. C. DUCHESNE (ULg) qui nous ont aimablement accueillis dans leurs laboratoires respectifs.

Notre gratitude va également au Service Géologique de Belgique, en la personne de J. BOUCKAERT, qui nous a permis de prélever dans les collections du Service, certains des échantillons nécessaires à notre étude.

## BIBLIOGRAPHIE.

- ALDERTON, D.H.M., PEARCE, J.A. et POTTS, P.J. (1980) - Rare earth element mobility during granite alteration : evidence from southwest England. *Earth Planet. Sci. Lett.* **49**, 149-165.
- ANDRE, L. (1983) - Origine et évolution des roches éruptives du Massif du Brabant (Belgique). *Thèse inédite U.L.B.* 423 pages.

- ANDRE, L. (1986) - Considérations concernant la stratigraphie et la structure tectonique du Cambrien de la région de Tubize (en préparation).
- ANDRE, L., HERTOGEN, J. et DEUTSCH, S. (1986) - Trace elements and Nd isotopic analyses in the Cambrian shales of the Brabant Massif (en préparation).
- BAKER, J. H. and de GROOT, P. A. (1983) - Proterozoic seawater felsic volcanics interaction W. Bergsladen, Sweden. Evidence for high REE mobility and implications for 1.8 Ga seawater compositions. *Contrib. Mineral. Petrol.* 82, 119-130.
- BEUGNIES, A. DUMONT, P., GEUKENS, F., MORTELMANS, G. et VANGUESTAINE, M. (1976) - Essai de synthèse du Cambrien de l'Ardenne. *Ann. Soc. Géol. du Nord*, 96, 263-273.
- BOLES, J. R. et COOMBS, D.S. (1977) - Zeolite facies alteration of sandstones in the southland syncline, New Zealand. *Am. Jour. Sci.*, 277, 982-1012.
- BOUMA, A. H. (1962) - Sedimentology of some flysch deposits : a graphic approach to facies interpretations. Amsterdam, Elsevier, 168 p.
- CALVEZ, J. Y. et VIDAL, Ph. (1978) - Two billion years old relicts in the hercynian belt of western Europe. *Contrib. Mineral. Petrol.* 65, 395-399.
- CHROSTON, P. N. et SOLA, M. A. (1982) - Deep boreholes, seismic refraction lines and the interpretations of gravity anomalies in Norfolk. *J. Geol. Soc. London*, 139, 255-264.
- COGNE, J. et WRIGHT, A. E. (1980) - L'orogénèse cadomien. In : COGNE, J. et SLANSKY, M. (Ed) : Géologie de l'Europe du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens. *Publications du 26e Congrès géologique International. Colloque C6*, 29-55.
- COOMBS, D. S. (1974) - On the mineral facies of spilitic rocks and their genesis. In : AMSTUTZ, G. C. (Ed). Spilitic and spilitic rocks. Springer-Verlag. 373-385.
- CORIN, F. (1965) - Atlas des roches éruptives de Belgique. *Serv. Géol. de Belgique. Mém. n°4*. 148 p. et 21 pl. photograph.
- D'AMORE, F. et GIANELLI, G. (1984) - Mineral assemblages and oxygen and sulfur fugacities in natural water-rock interaction processes. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 847-858.
- DENAYER, M. E. et MORTELMANS, G. (1954) - Les roches éruptives. In : Prodrôme d'une description géologique de la Belgique, Liège. 747-792.
- DUNNING, F. W. (1977) - Caledonian-variscan relations in North-Western Europe. In : La chaîne varisque d'Europe moyenne et occidentale. *Coll. Intern. C.N.R.S., Rennes*, 243, 165-180.
- ELDERFIELD, H. et GREAVES, M. J. (1982) - The rare earth elements in seawater. *Nature*, 296, 214-219.
- EWART, A. (1982) - The mineralogy and petrology of tertiary-recent orogenic volcanic rocks : with special reference to the andesite-basaltic composition range. In : THORPE, R. S. (Ed). Andesites *John Wiley and sons*, 25-95.
- FOURMARIER, P. (1920) - La tectonique du Brabant et des régions voisines. *Mém. Acad. Roy. de Belgique. Cl. des Sciences, 2e série*, 4, fasc. 6, 93 p.
- FROST, B. R. (1980) - Observations on the boundary between zeolite facies and Prehnite-Pumpellyite facies. *Contrib. Mineral. Petrol.* 73, 365-373.
- GRAF, J. L. (1977) - Rare earth elements as hydrothermal traces during the formation of massive sulfide deposits in volcanic rocks. *Econ. Geol.* 72, 527-548.
- HAMPTON, C. M. et TAYLOR, P. W. (1983) - The age and nature of the basement of Southern Britain : evidence from Sr and Pb isotopes in granites. *J. Geol. Soc., London*, 40, 499-509.
- HASKIN, M. A. et HASKIN, L. A. (1966) - Rare earths in European shales : a redetermination. *Science* 154, 507-509.
- HEIN, J. R., YEH, H. W. et ALEXANDER, H. (1979) - Origin of iron-rich montmorillonite from the manganese nodule belt of the north equatorial Pacific. *Clays Clay Min.* 27, 185-194.
- HOLLAND, H. D. (1978) - The chemistry of the atmosphere and oceans. *John Wiley and sons*, 351 p.
- KISCH, H. J. (1974) - Anthracite and meta-anthracite coal ranks associated with "anchi-metamorphism", "very low stage" metamorphism, II and III. *Koninkl. Nederl. Akad. wetenschappen, Amsterdam. Proc. Sc. B*, 77, 81-118.
- LEGRAND, R. (1967) - Ronquières. Documents géologiques. *Mém. expl. des cartes géol. et Min. de Belg. n° 6*, 60 p.
- LI, Y-H. (1982) - Interelement relationship in abyssal pacific ferromanganese nodules and associated pelagic sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 46, 1053-1060.
- LIU, J. G. (1979) - Zeolite facies metamorphism of basaltic rocks from the East Taiwan ophiolite. *Am. Mineral.* 64, 1-14.
- LIU, J. G., KIM, H. S. et MARUYAMA, S. (1983) - Prehnite-Epidote equilibria and their petrologic applications. *Journal of Petrology*, 24, 321-342.
- LOWE, D. R. (1982) - Sediment gravity flows : II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. *Journal of Sedimentary Petrology*, 52, 279-297.
- MACKIN, J. E. et ALLER (1984) - Diagenesis of dissolved aluminium in organic rich estuarine sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 48, 299-313.
- de MAGNEE, I. et ANCIAUX, P. (1945) - Note préliminaire sur le métamorphisme à grenats du Brabant. *Bull. Soc. belge de Géol.*, 54, 77-85.

- de MAGNEE, I. (1977) - Glauconie transformée en biotite dans les phyllades et quartzo-phyllades du Massif Cambro-ordovicien du Brabant (Note préliminaire). *Bull. Soc. belge de Géol.*, 86, 25.
- MALAISE, C. (1873) - Description du terrain silurien du centre de la Belgique. *Mém. Acad. Royale de Belgique*, 37, 112 p.
- MALAISE, C. (1883) - Sur la composition du Massif ardoisier du Brabant. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, 10, 19-24.
- MARTINI, J. (1968) - Etude pétrographique des grès de Taveyenne entre Arve et Giffre (Haute-Savoie, France). *Bull. Suisse de Min. et Pétr.*, 48/2, 539-654.
- MARUYAMA, S., LIOU, J. G. et CHO, M. (1983) - Experimental investigation of Heulandite-Laumontite equilibrium. *Extended abstracts 4th. Int. Symp. on water-rock interaction, 29 Aug.-3 sept. 1983, Misasa, Japan.* 305-308.
- MEHEGAN, J. M., ROBINSON, P. T. et DELANEY, J. R. (1982) - Secondary mineralization and hydrothermal alteration in the Reydarfjordur Drill Core, Eastern Iceland. *J. Geophys. Res.* 87, 6511-6524.
- MICHOT, P. (1977) - L'ordovicien de la vallée de la Thyle (Brabant) : structure tectonique, stratigraphie et lithologie. *Ann. Soc. Géol. de Belgique*, 100, 223-231.
- MICHOT, P. (1980) - Le segment tectogénique calédonien belge. *Académie Royale de Belgique. Mém. de la Classe des Sc. Collection in -8°, 2e série, 43, fasc. 6*, 61 pages.
- MIYASHIRO, A. (1973) - Metamorphism and metamorphic belts. *George Allen and Unwin, London*, 492 p.
- MOODY, J. B., MEYER, D. et JENKINS, J. E. (1983) - Experimental characterization of the greenschist amphibolite boundary in mafic systems. *Am. J. of Science*, 283, 48-92.
- MORTELMANS, G. (1955) - Considération sur la structure tectonique et la stratigraphie du Massif du Brabant. *Bull. Soc. belge de Géol.*, 64, 179-218.
- MORTELMANS, G. (1977) - Le groupe devillien : Cambrien ou Précambrien ? *Ann. Mines Belg.*, 309-334.
- MUTHUON, J. (1894) - Arkoses de Lembecq-Clabecq. Thèse inédite. *Université de Louvain*.
- O'NIONS, R. K., HAMILTON, P. J. et HOOKES, P.J.A. (1983) - Nd isotope investigation of sediments related to crustal development in the British Isles. *Earth Planet. Sci. Letters*, 63, 229-240.
- PASTEELS, P. et MICHOT, J. (1975) - Geochronologic investigation of the metamorphic terrain of Southwestern Norway. *Norsk. Geol. Tidsskr.* 55, 111-134.
- PATCHETT, P. J., GALE, N. H., GOODWIN, R. & HUMM, M. J. (1980) - Rb-Sr whole-rock isochron ages of late Precambrian to Cambrian igneous rocks from Southern Britain. *J. Geol. Soc. London*, 137, 649-656.
- PETITJOHN, F. J., POTTER, P. E. et SIEVER, R. (1973) - Sand and sandstones. *Springer Verlag*, 618 p.
- REINECK, H. E. et SINGH, J. B. (1975) - Depositional sedimentary environments. *Springer Verlag*, 439 p.
- SEYFRIED, W. E. et MOTTI, M. J. (1982) - Hydrothermal alteration of basalt by seawater under seawater-dominated conditions. *Geochimica & Cosmochimica Acta.* 46, 985-1002.
- STANTON, R. L. (1972) - Ore petrology. *Mac Graw Hill, New York*, 713 p.
- TAYLOR, R. P. et FREYER, B. J. (1980) - Multiple stage hydrothermal alteration in porphyry copper systems in Northern Turkey : the temporal interplay of potassic propylitic and phyllic fluids. *Can. J. Earth. Sci.*, 17, 401-926.
- TURNER, D. R. et WHITFIELD, M. (1979) - Control of seawater composition. *Nature*, 281, 468-469.
- VANDER AUWERA, J. (1983) - Etude pétrographique, sédimentologique et géochimique de l'Assise de Tubize (DV2), Massif du Brabant, Belgique. *Mémoire de Licence, U. L. B.*, 95 p.
- VANGUESTAINE, M. (1973) - Etude palynologique du Cambro-ordovicien de Belgique et de l'Ardenne française. Systématique et biostratigraphie. *Thèse inédite de doctorat. Ulg.* 366 p.
- VANGUESTAINE, M. (1977) - Données palynologiques nouvelles dans l'Ordovicien du bassin de la Senne, Massif du Brabant, Belgique. *Ann. Soc. Géol. de Belg.*, 100, 193-198.
- de WINDT, J. (1897) - Sur les relations lithologiques entre les roches considérées comme cambriennes des Massifs de Rocroi, du Brabant et de Stavelot. *Mém. Acad. Royale de Belg.*, 56, 96 p.
- WATSON, J. et DUNNING, F. W. (1979) - Basement cover relations in the British Caledonides. In : HARRIS, A. L., HOLLAND, D. C. H. et LEAKE, B. E. (Eds) : *The Caledonides of the British Isles - Reviewed.* 67-91.
- WINKLER, H. G. F. (1976) - Petrogenesis of metamorphic rocks. *Springer Verlag, Berlin.* 334 p.
- WRIGHT, A. E. (1980) - The Precambrian of England and Wales. In : OWEN, T. R. (Ed), *United Kingdom. Introduction to general geology. Livret guide n°7 des excursions du 26e Congrès géologique international, Paris*, 177 p.
- WYBRECHT, E., PIQUE, A. et WEBER, F. (1983) - Les agrégats de chlorite-mica blanc et leur aggradation diagenétique au cours de la schistogénèse. *Terra cognita*, 3, 260.

Manuscrit déposé  
le 21 août 1984.

## Publications

## Publikaties

## Bulletins :

- par tome 1.200.- F  
- par fascicule 300.- F

## Bulletins :

- per volume 1.200.- F  
- per deel 300.- F

Série complète à partir du Tome LXII (1953)  
jusqu'au Tome 93 (1984) soit 32 tomes, plus  
Table LI (1942) à LXXI (1962) 15.000.- F

Volledige reeks van Vol. LXII (1953) tot  
Vol. 93 (1984) hetzij 32 vol. met Tafel  
LI (1942) tot LXXI (1962) 15.000.- F

Mémoires in-4° 300.- F .

Verhandelingen in 4° 300.- F .

1. BOMMER, Ch., 1903. Les causes d'erreur dans l'étude des empreintes végétales (31 p., 10 pl.). épuisé
2. PRINZ, W., 1908. Les cristallisations des grottes en Belgique. (90 p., 143 fig.). épuisé
3. SALEE, A., 1910. Contribution à l'étude des polypiers du Calcaire Carbonifère de la Belgique. Le genre *Caninia*. (62 p., 9 pl.).
4. STÜBEL, A., 1911. Sur la diversité génétique des montagnes éruptives. (70 p., 53 fig.).
5. ROBERT, M., 1931. épuisé (voir série suivante n° 2)

## in-4°, 2e série : Nouveaux Mémoires

1. CAMERMAN, C., et ROLLAND, P., 1944. La pierre de Tournai. (125 p., 4 dépliants, 5 pl.).
2. ROBERT, M., 1949. Carte géologique du Katanga méridional, avec notice topographique de J. VAN DER STRAETEN et notice géologique de M. ROBERT. (32 p., 1 carte polychrome au 1/1.000.000e).
3. LEPERSONNE, J., et WERY, A., 1949. L'oeuvre africaine de Raymond De Dycker. (131 p., 1 dépliant).
4. STEVENS, Ch., 1952. Une carte géomorphologique de la Basse- et Moyenne-Belgique. (24 p., 8 fig., 1 carte polychrome).
5. DELCOURT, A., et SPRUMONT, G., 1955. Les spores et grains de pollen du Wealdien du Hainaut. (73 p., 4 pl., 14 fig.).

## in-8°

1. DELECOURT, J., 1946. Géochimie des bassins clos, des océans et des gîtes salifères. Mers et lacs contemporains. (177 p., 3 fig.).
2. LOMBARD, A., 1951. Un profil à travers les Alpes, de Bâle à Chiasso. (50 p., 16 fig., 2 dépliants). épuisé
3. ROBERT, M., 1951. Les cadres de la géologie du Katanga. (45 p., 1 fig., 1 dépliant).
4. CAHEN, L. et LEPERSONNE, J., 1952. Equivalence entre le système du Kalahari du Congo belge et les Kalahari Beds d'Afrique australe. (64 p., 8 fig.). épuisé
5. MARLIERE, R., 1958. Ostracodes du Montien de Mons et résultats de leur étude (53 p., 6 pl., 3 fig.).
6. SYMPOSIUM SUR LA STRATIGRAPHIE DU NEOGENE NORDIQUE, Gand, 1961. (248 p., 13 pl.) 500.- F .
7. BORDET, P., MARINELLI, G., MITTEMPERGER, M. et TAZIEFF, H., 1963. Contribution à l'étude volcanologique du Katmaï et de la Vallée des Dix Mille Fumées (Alaska). (114 p., 22 pl.). 500.- F .
8. van BEMMELEN, R.W., 1964. Phénomènes géodynamiques. I. A l'échelle du Globe (géonomie). II. A l'échelle de l'écorce terrestre (géotectonique). III. A l'échelle de l'orogénèse alpine (tectonique). (127 p., 38 fig.). 500.- F .
9. MAMET, B., MIKHAILOFF, N. et 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. (81 p., 6 fig.). 300.- F .

## Publications hors-série : patronnées par la Société

## Buitengewone Publikaties : gepatroneerd door de Ver.

- LANCASTER, A., 1888. La pluie en Belgique - Premier fascicule (seul paru). 224 p. et une carte au 1/400.000 de la répartition annuelle des pluies 300.- F .
- LA GEOLOGIE DES TERRAINS RECENTS DANS L'OUEST DE L'EUROPE. 1947 (Session extraordinaire des Sociétés belges de Géologie, en septembre 1946). 495 p., 97 fig., 12 pl., 2 tabl. 800.- F .
- BOUCKAERT, J., 1961. Les Goniatites du Carbonifère belge (Documents pour l'Etude de la Paléontologie du Terrain Houiller). 10 p., 29 pl. 300.- F .
- BEUGNIES, A., 1968. Livret guide des excursions dans le Massif Cambrien de Rocroi, de Fépin à Bogny suivant la vallée de la Meuse. 38 p., 1 pl. 50.- F .
- MARLIERE, R., 1969. Introduction à quelques excursions géologiques dans Bassin de Mons. 10 p., 1 pl. 50.- F .

## Tables générales des matières :

## Inhoudstafels :

Tome I (1887) à XX (1906) 300.- F .  
Tome XXI (1907) à L (1940-1941) 300.- F .  
Tome LI (1942) à LXXI (1962) 500.- F .

Volume I (1887) tot XX (1906) 300.- F .  
Volume XXI (1907) tot L (1940-1941) 300.- F .  
Volume LI (1942) tot LXXI (1962) 500.- F .

Les commandes doivent être adressées au  
Secrétariat. Le paiement anticipatif est  
demandé et se fera par virement au

C.C.P. 000.0145219.10

de la Société belge de Géologie, Bruxelles.  
Une remise de 25% est consentie aux  
libraires et aux membres de la Société.

De bestellingen worden aan het Sekretariaat  
gericht. Verplichtend voorafgaandelijk te  
betalen door storting op

P.C.R. 000.0145219.10

van de Belgische Vereniging voor Geologie,  
Brussel.  
Boekhandels en Leden genieten van 25%  
afslag.

# GEOLOGIE

**Bulletin de la Société  
belge de Géologie**

**Périodique trimestriel  
Tome 94 - Fascicule 3, 1985  
édité en novembre 1985**

**Bulletin van de Belgische  
Vereniging voor Geologie**

**Driemaandelijks tijdschrift  
Volume 94 - Deel 3, 1985  
verschenen in november 1985**

**Journée consacrée à la télédétection, 3 avril 1985**

**Dag gewijd aan teledetectie, 3 april 1985**

SOCIETE BELGE DE GEOLOGIE, a. s. b. l.  
rue Jenner 13 1040 Bruxelles

BELGISCHE VERENIGING VOOR GEOLOGIE, v. z. w.  
Jennerstraat 13 1040 Brussel

CONSEIL D'ADMINISTRATION

1 9 8 5

RAAD VAN BEHEER

Président Guy SERET (1984-1985) Voorzitter

Vice-Présidents

Ondervoorzitters

BEUGNIES, A. (1985-1986)  
DE PAEPE, P. (1985-1986)

d'URSFL, A. (1984-1985)  
LADURON, D. (1984-1985)

Secrétaire général Eric GROESSENS (1983-1986)

Secretaris-generaal

Secrétaire adjoint Michiel DUSAR (1983-1986)

Adjunct-Secretaris

Secrétaires généraux honoraires

DELMER, A. (1956-1969)  
PAEPE, R. (1970-1974)  
LEGRAND, R. (1975-1978)

Ere-Secretarissen-Generaal

Trésorier H. LADMIRANT (1985-1988)

Schatbewaarder

Membres du Conseil

Leden van de Raad

BOISSONNAS, J. (1985-1986)  
COEN-AUBERT, M. (1985-1986)  
DUMONT, P. (1985-1986)  
OVERLAU, P. (1985-1986)  
RAUCO, P. (1985-1986)  
ROBASZYNSKI, F. (1985-1986)

BULTYNCK, P. (1984-1985)  
BRUMAGNE, D. (1984-1985)  
HERBOSCH, A. (1985)  
LAGA, P. (1984-1985)  
LOY, W. (1984-1985)  
MICHOT, J. (1984-1985)

◇ ◇ ◇

Commission de  
Vérification des Comptes

Commissie voor  
Nazicht der Rekeningen

ANCIAUX, P. (1985-1986)  
DRICOT, E. (1985-1986)  
DUCARME, B. (1985-1986)

Comité de Rédaction du  
Miscellanea Geologica

Redactie Comité van  
Miscellanea Geologica

LAVREAU, J. - STREEL, M. - VANDENBERGHE, N.

Commission des Publications

Publicatiecommissie

BEUGNIES, A., CONIL, R., de BETHUNE, P., de MAGNEE, I.

Bibliothécaire

Bibliothecaris

Eric GROESSENS

BULLETIN DE LA  
SOCIETE BELGE DE GEOLOGIE  
TOME 94 - FASC. 3 - 1985

Publié sous le Haut Patronage  
de S. M. le Roi

Publié avec l'aide financière  
du Ministère de l'Education  
nationale et de la Culture  
française et du Ministerie  
van Nationale Opvoeding en  
Nederlandse Cultuur.

Publié avec le concours de la  
Fondation Universitaire  
de Belgique

et avec la collaboration de la  
Province de Brabant.

Editeur responsable  
Eric GROESSENS

SECRETARIAT - Rue Jenner 13  
B-1040 Bruxelles

BULLETIN VAN DE  
BELGISCHE VERENIGING VOOR GEOLOGIE  
VOLUME 94 - DEEL 3 - 1985

Publicatie onder de Hoge Bescherming  
van Z. M. de Koning

Gepubliceerd met de financiële hulp  
van het Ministerie van Nationale  
Opvoeding en Nederlandse Cultuur  
en het  
Ministère de l'Education nationale  
et de la Culture française.

Gesubsidieerd door de  
Belgische Universitaire Stichting

en met de medewerking van de  
Province de Brabant.

Verantwoordelijke Uitgever  
Eric GROESSENS

SECRETARIAAT - Jennerstraat 13  
B-1040 Brussel

TABLE DES AUTEURS - INHOUD

FASCICULE 3

DEEL 3

Pages/Blz.

VAN WAMBEKE, L. - La télédétection appliquée à la recherche minière. Quelques résultats du programme de RD des Communautés Européennes . . . . .	187
GOOSSENS, P.J. - La télédétection en exploration minière (résumé seul)	197
DEHANDSCHUTTER, J. - Lineaments in the Northern Andes, their significance and relationship to plate tectonics (résumé seul) . . . . .	197
DE DAPPER, M. - Quaternary aridity in the tropics as evidenced from geomorphological research using conventional panchromatic aerial photographs (Examples from Peninsular Malaysia and Zaire). . . . .	199
DEHANDSCHUTTER, J. and LAVREAU, J. - Lineaments and extensional Tectonics : Examples from Shaba (Zaire) and NE Zambia . . .	209
THONNARD, R. - Apports de l'aérophotogéologie dans l'étude des mou- vements d'écartement de la plaque somalienne par rapport à la plaque africaine . . . . .	223

Le mercredi 3 avril 1985 dans

Woensdag 3 april 1985

l'auditorium de l'Institut des Sciences naturelles

in het auditorium van het

29, rue Vautier - 1040 Bruxelles

Koninklijk Instituut voor Natuurwetenschappen

29, Vautierstraat - 1040 Brussel

## TELEDETECTION

## TELEDETEKTIE

- 9 h 30 - La télédétection appliquée à la recherche minière.  
Quelques résultats du programme RD des Communautés  
Européennes.  
par L. VAN WAMBEKE (CEE). (\*\*\*)
- 10 h 10 - Apport de l'aérophotogéologie dans l'étude des mouve-  
ments d'écartement de la plaque somalienne par rapport  
à la plaque africaine.  
par R. THONNARD (ULB). (\*\*\*)
- 10 h 40 - Application des données de télédétection (Landsat-4 et  
Thematic Mapper) à la cartographie géologique du Dévonien  
moyen du bord sud du Synclitorium de Dinant (Belgique).  
par G. VANDENVEN (SGB) (\*)
- 11 h 20 - Présentation du prototype d'un système de traitement  
d'images destiné à la télédétection.  
par J.L. DEFAY (ULB). (\*)
- 11 h 50 - Examples of geomorphological surveying and mapping,  
using conventional panchromatic aerial photographs in  
intertropical areas.  
by M. DE DAPPER (U. Gent). (\*\*\*)

+ + + + +

- 14 h 00 - Lineaments in the Northern Andes, their significance  
and relationship to plate tectonics.  
by J. DEHANDSCHUTTER (MRAC). (\*\*)
- 14 h 30 - Lineaments and extensional tectonics in Shaba and NE  
Zambia.  
par J. LAVREAU & J. DEHANDSCHUTTER (MRAC). (\*\*\*)
- 14 h 50 - La télédétection en exploration minière.  
par P. GOOSSENS (BUGECO c/o MRAC). (\*\*)
- 15 h 30 - Mise en évidence, par télédétection (Landsat) de cisail-  
lements NW dans la chaîne kibarienne au Burundi et en  
Tanzanie.  
par K. THEUNISSEN (MRAC). (\*)
- 16 h 00 - Reconnaissance de terrils par thermographie aérienne.  
par R. THONNARD (ULB). (\*)
- 16 h 30 - Analyse structurale de formations carbonifères d'Irlande  
par télédétection.  
par Y. COUPEZ (CEE-ULB) (\*)

+ + + + +

- (\*) texte non reçu - tekstst niet gekregen  
(\*\*) résumé - samenvatting  
(\*\*\*) texte - tekst