

# PALEOKARSTS ET BRECHES D'EFFONDREMENT DANS LE FRASNIEN MOYEN DES ENVIRONS DE VISE. LEUR INFLUENCE DANS LA PALEO GEOGRAPHIE DINANTIENNE <sup>1</sup>

par

E. POTY <sup>2</sup>

(8 figures et 3 planches)

**RESUME.-** La formation au Famennien d'un brachyantoclinal dans la région de Visé, produit l'exondation des terrains frasniens. Les calcaires du Frasnien moyen furent alors karstifiés dans les zones les plus élevées du brachyantoclinal, et bréchifiés en raison de la dissolution d'évaporites sous-jacentes, dans les zones plus basses. Au cours du Dinantien, le relief frasnier fut à six reprises envahi par la mer, ce qui produisit sa destruction partielle et son enfouissement progressif par les sédiments.

**SUMMARY.-** Devonian deposits in the Visé area have been affected by updoming during Famennian times. This is suggested by the rapid variations in the nature, thickness and relative ages of the overlying Dinantian rocks, and by the pre-Carboniferous tensional joints occurring in the F2 carbonates. Middle Frasnian breccias are interpreted as solution-collapse breccias, thus suggesting the possible (former) occurrence of evaporites in the lower part of F2. Middle Frasnian solution-collapse breccias have also been observed in the N' quarry at Richelle, where they pass laterally into non-brecciated karstified F2 carbonates similar to those found in the Souvré Valley. The frequent occurrence is noted of phosphatic (fluorapatite) crusts lining the walls of the paleokarst cavities. In the area of maximum uplift, karstification of the Middle Frasnian carbonates under vadose water conditions occurred, whereas in the less updomed parts, brecciation took place, due to solution-collapse under saturated water conditions.

The Dinantian period is marked by six important marine transgressions in the Visé area, which took place during "Tn1b", "Tn2a", "Tn3c", "V1", "V3a" or "V3b $\alpha$ " and "upper V3c". They progressively destroyed and drowned with sediments the Devonian relief.

## I.- INTRODUCTION

Le petit massif de Visé (fig. 1) constitue l'extension la plus méridionale du bassin de Campine-Brabant et sa seule zone d'affleurement. Il se situe à moins d'une dizaine de kilomètres au sud d'une zone de très forte subsidence, mise en évidence récemment, et directement au nord du prolongement oriental du massif de Brabant. Ce massif correspond actuellement à une vaste structure anticlinale, orientée NNE-SSO, affectant les terrains paléozoïques (Anticlinale de Visé-Puth). Comme nous le verrons, cette structure se superpose et dissimule un brachyantoclinal plus ancien, d'orientation générale E-O, qui, lors de sa formation au Dévonien supérieur, provoqua l'exondation de terrains frasniens. Le relief ainsi créé a fortement influencé l'évolution de la région pendant tout le Dinantien, et a lui-même subi de profondes modifications internes qui ont notamment conduit à sa bréchification partielle. Cet article tente de

retracer l'histoire complexe du massif de Visé, pour la période comprise entre le Frasnien et le sommet du Dinantien, et d'en établir un modèle permettant de mieux appréhender les phénomènes géologiques qui y sont observés.

## II.- STRATIGRAPHIE DU DEVONNIEN ET DU DINANTIEN DANS LE MASSIF DE VISE

### 1. LE VALLON DE SOUVRE

Le vallon de Souvré montre quelques affleurements naturels et d'anciennes carrières qui ont été décrits ou mentionnés par Horion & Gosselet (1892),

<sup>1</sup> Communication présentée le 3 novembre 1981, manuscrit déposé le 5 novembre 1982.

<sup>2</sup> Laboratoire de Paléontologie Animale, Université de Liège, 7, place du XX Août, B 4000 Liège, Belgique.

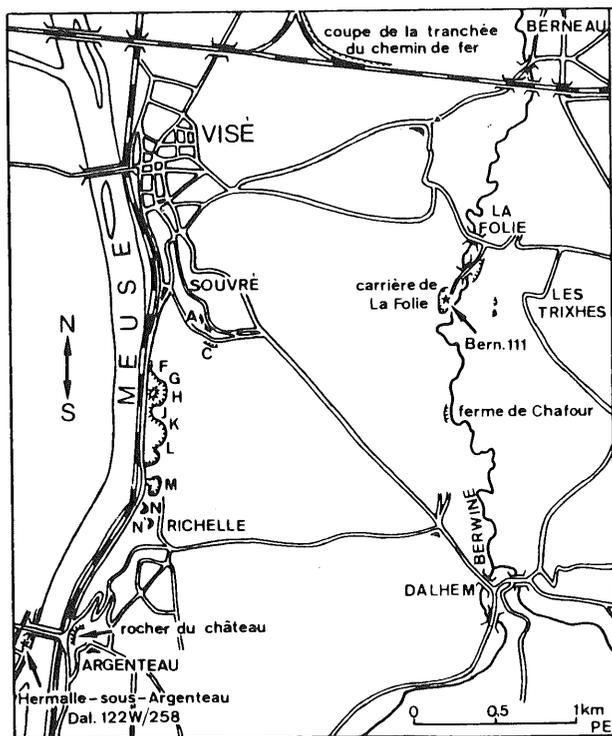


Figure 1

Localisation des principales coupes dévoniennes et dalantiennes du massif de Visé

Fourmarier (1902), Plisnier (1931), Kimpe *et al.* (1978) et Poty (1980, 1982).

#### a. L'affleurement "A"

Cet affleurement est situé sur le versant nord du vallon, en contrebas de la route Visé-Dalhem (point A sur la carte d'Horion & Gosselet, 1892, et sur la figure 1). Il est formé par des calcaires massifs, parfois dolomités, que leur lithologie, leur macrofaune (stromatopores branchus et massifs, tétracoralliaires) et leur microfaune (foraminifères et conodontes) permettent d'attribuer à la Formation de Lustin (Frasnien moyen, F2). Ces calcaires furent assimilés à une brèche cyclopéenne par Kimpe *et al.* (1978) en raison des nombreuses fissures et cavités colmatées qu'ils renfermaient, mais l'ensemble fut par la suite identifié à un paléokarst (Poty, 1980). Ils sont surmontés en légère discordance par des schistes et des calcaires silicifiés (phtanites) visibles le long de la route Visé-Dalhem, ainsi qu'en débris dans une poche de dissolution qui affecte les calcaires de l'affleurement. Dans la région de Visé, les schistes et les phtanites qui couronnent les calcaires viséens sont classiquement considérés comme consti-

tuant le sommet du Viséen ("V3c supérieur" de Pirlet, 1967b) ; ils pourraient en fait appartenir au Namurien comme semble le montrer une révision récente de leur contenu micropaléontologique (R. Conil & L. Hance, communication personnelle). L'affleurement "A" constitue l'une des coupes clés pour l'interprétation de la géologie complexe de la région de Visé. Aussi, une attention particulière sera accordée à certains des phénomènes que l'on y observe : les diaclases de distension, les cavités karstiques et leur remplissage.

- **Les diaclases de distension** : Les calcaires frasnien sont affectés par plusieurs systèmes de fractures. Le plus ancien se compose de diaclases de distension ouvertes en général de 5 à 30 mm et colmatées par des alternances de calcite palissadique claire et de calcite plus sombre, cette dernière habituellement plus abondante près des épontes des diaclases (Pl. II : 2). Les caractères de ce remplissage sont identiques à ceux observés dans certains planchers stalagmitiques (tels que celui décrit par Folk & Assereto, 1976) et suggèrent par conséquent une formation sous conditions vadeuses. Cette première phase de distension fut suivie par d'autres, d'amplitude plus faible, qui refracturèrent certaines des diaclases précédemment colmatées. Parmi les nouvelles diaclases formées, celles qui ne furent pas karstifiées (voir ci-dessous) furent remplies par de la calcite sparitique (Pl. II : 2-c) ou par des sédiments du type de ceux observés dans le paléokarst (Poty, 1980, Pl. II : 5-d).

- **Les cavités karstiques** : Un réseau complexe de cavités s'est développé par dissolution le long de diaclases de distension et de joints de stratification (Pl. II : 3 et 5). Il comprend, d'une part, des fissures et des puits subverticaux de quelques centimètres à quelques décimètres de largeur, d'autre part, des galeries et des petites salles subhorizontales de dimensions semblables (Poty, 1980). Les parois de ces cavités peuvent être corrodées et présenter une zone d'altération de quelques millimètres à quelques centimètres d'épaisseur (Poty, 1980, Pl. I : 2 ; Pl. II : 4), parfois riche en quartz autigènes. Mais leur caractère le plus remarquable consiste en la présence locale d'encroûtements de phosphate (fluoroapatite) de quelques millimètres à deux centimètres d'épaisseur (Pl. I : 4). Ces encroûtements de fluoroapatite devaient tapisser la majorité des parois, comme l'atteste l'abondance de leurs débris dans le remplissage des cavités (Pl. I : 1 et 4). L'origine de ce phosphate n'est pas connue, mais la présence dans celui-ci de nombreuses traces d'activité organique (Pl. III : 1) pourraient apporter quelques indications à ce propos.

- **Le remplissage des cavités karstiques :** Les cavités du paléokarst ont été remplies partiellement ou en totalité par des dépôts d'origine marine. Ces dépôts s'ordonnent en général en séquences granodécroissantes d'épaisseur millimétrique à centimétrique, montrant typiquement, de la base au sommet, des microbrèches carbonatées crinoïdiques passant à des micrites argileuses. Les microbrèches sont pour l'essentiel composées de fragments millimétriques de calcaire et de dolomie frasniennes, d'articles de crinoïdes et de lithoclastes de phosphate.

Cette sédimentation séquentielle est vraisemblablement liée à la circulation de courants turbides dans le réseau karstique. Dans les conduits verticaux ou fortement inclinés, en liaison relativement étroite avec le milieu extérieur, ces courants turbides ont subi une décantation plus intense que dans les conduits subhorizontaux qu'ils devaient atteindre plus tardivement. Pour cette raison, les sédiments se révèlent plus grossiers et les séquences plus épaisses dans les premiers que dans les seconds. Remarquons que des phénomènes de compaction, de slumping et d'injection (microdykes sédimentaires) peuvent perturber plus ou moins profondément le classement originel des sédiments (Pl. I : 1).

Les sédiments du paléokarst ont livré de nombreux conodontes parmi lesquels ont été identifiés (E. Groessens, communication personnelle) *Scaliognathus anchoralis*, *Hindiodella segoformis*, *Pseudopolygnathus pinnatus*, *Gnathodus pseudosemiglaber*, *Doliognathus latus*, *Mestognathus beckmanni*, un *Gnathodus* sp. d'affinité viséenne et des fragments d'*Icriodus* d'affinité frasnienne. Ils sont pour cette raison attribués au sommet du Tournaisien (zone à *S. anchoralis*, partie supérieure du "Tn3c") et/ou au Viséen inférieur (présence de *M. beckmanni*).

Les cavités qui n'ont été que partiellement remplies par des sédiments ou n'ont pas été atteintes par ceux-ci ou en ont été lessivées ont été comblées par des dépôts zonaires de calcite macrocristalline (Pl. I : 3).

#### b. Les carrières "C"

Des calcaires semblables à ceux de l'affleurement "A", sont également visibles dans d'anciennes excavations situées en amont de ce dernier, de part et d'autre du vallon. Ces calcaires sont localement karstifiés, mais leur observation est rendue difficile en raison de leur forte altération superficielle et de la végétation qui les recouvre. Plus en amont encore, s'observent quelques pointements de schistes et de phanites "V3c supérieur".

## 2. LES CARRIERES SITUÉES ENTRE VISE ET RICHELLE

La rive droite de la Meuse est entaillée entre Visé et Richelle par une succession de carrières (désignées de "F" à "N" sur la carte d'Horion & Gosselet, 1892) dont les plus septentrionales ("F" à "L") exposent le stratotype du "Calcaire de Visé" de Dumont (1832). Les autres ("M" à "N") sont ouvertes dans les calcaires de la Formation de Lustin (F2).

### a. Les carrières "F" - "L"

Ces carrières ont été l'objet de nombreux travaux (Horion & Gosselet, 1892 ; Forir, 1896 ; Fourmarier, 1902 ; Vaughan, 1910, 1917 ; Delépine, 1911, 1921, 1922 ; Salée, 1913 ; . . . ) qui aboutirent à une description détaillée par Pirlet (1967b), à laquelle Kimpe *et al.* (1978) apportèrent quelques précisions. D'après Pirlet (1967b), elles exposent du nord au sud :

- 10,3 m de calcaires silicifiés (ensemble "a") attribués au "V3c supérieur" mais peut-être d'âge Namurien inférieur (R. Conil & L. Hance, communication personnelle), reposant en légère discordance sur
- 3 m de dolomie siliceuse (ensemble "b") également attribuée au "V3c supérieur" ; elle aussi est en légère discordance sur
- 5 m de calcaire bioclastique "V3c inférieur" ("c") ;
- 35 m de calcaires de faciès divers, localement bréchi-ques, "V3by" ("d") ;
- 16 m de calcaire bioclastique attribué par Conil (*in* Kimpe *et al.*, 1978) au "V3b $\beta$ - $\gamma$ " ("e") ;
- 20 m de brèche calcaire stratifiée, localement cyclopéenne, attribuée (peut-être erronément) au "V3a" ("f") en contact ravinant avec
- 12 m environ de calcaire localement bréchi-que attribué par Conil (*in* Kimpe *et al.*, 1978) au "V1a" ("g"). Cette dernière unité repose en discordance sur les calcaires de la Formation de Lustin.

La brèche constituant l'ensemble "f" affleure dans la carrière "K" et contient des blocs dont le volume peut atteindre plusieurs dizaines de mètres cubes. La plupart de ceux-ci sont constitués de calcaire appartenant à la Formation de Lustin, mais l'un d'entre-eux a livré à Groessens (information citée dans Bless *et al.*, 1980) un assemblage de conodontes incluant des formes caractéristiques de plusieurs zones du Dinantien (depuis la zone à *Siphonodella*, Tournai-

sien inférieur, jusqu'à celle à *M. beckmanni*, Viséen). Ils montrent quelquefois des diaclases de distension colmatées par des dépôts zonaires de calcite palissadique, et d'étroites fissures d'origine karstique (de quelques millimètres à quelques centimètres de largeur) remplies de calcaire crinoïdique à rares lithoclastes de phosphate. Ces diaclases, ces fissures, ainsi que leurs remplissages, sont semblables à ceux que l'on peut observer dans le paléokarst du vallon de Souvré, ce qui montre que les blocs de la brèche sont issus d'une partie de ce paléokarst. La matrice de la brèche est formée par un calcaire bioclastique stratifié, ce qui confirme son origine sédimentaire. Les brèches présentes dans les autres ensembles sont du même type, mais ne renferment pas d'éléments aussi volumineux.

#### b. La carrière "M"

La transformation de la carrière "M" en dépôt d'immondices et les coulées boueuses qui en souillent la plupart de ses parois en rendent actuellement son étude difficile. Pour ces raisons, l'existence de phénomènes karstiques paléozoïques n'a pu y être établie avec certitude. Toutefois, des diaclases de distension du type de celles visibles dans le vallon de Souvré ont été reconnues, notamment dans la paroi méridionale dans laquelle Pirlet (1967b) avait signalé la présence de calcaires en bancs verticaux. Ces derniers n'ont pas été retrouvés.

#### c. La carrière "N"

Des diaclases de distension et des fissures d'origine karstique ont été observées dans les calcaires de cette petite carrière. En quantité moindre cependant que dans le vallon de Souvré.

#### d. La carrière "N'" (1)

Alors que, dans les deux carrières précédentes, les calcaires de la Formation de Lustin pendent régulièrement vers le sud-ouest, dans la partie nord de la carrière "N'", ils se répartissent en compartiments affectant des pentes et des directions variables (l'allure générale reste cependant sud-ouest comme dans les deux autres carrières). Ces compartiments, dont certains ont plusieurs dizaines de mètres cubes, sont séparés par des zones de brèche et de fracture. Ils renferment quelques cavités et fissures d'origine karstique (surimposées à un réseau de diaclases de distension) remplies par de la calcite palissadique zonaire et par de la calcite pseudomorphe d'aragonite (Pl. II : 3) formées sous conditions vadeuses ainsi que par des dépôts d'origine sédimentaire. Ces derniers montrent

un faciès analogue à celui du remplissage sédimentaire du paléokarst du vallon de Souvré.

La partie sud de l'affleurement est séparée de la précédente par une large poche de dissolution comblée par des débris de calcaires silicifiés "V3c supérieur" et les matériaux d'une terrasse mosane. On peut y observer le passage latéral d'un compartiment régulièrement stratifié à une brèche non classée. Ce passage est marqué par l'apparition, suivie de l'augmentation en nombre et en intensité, de petites failles de gravité responsables du bouleversement des bancs puis de leur bréchification (Pl. II : 5). La brèche est composée d'éléments centimétriques à décimétriques en contact les uns avec les autres ; la matrice comprend des micrites et des microbrèches.

La carrière "N'" permet ainsi de préciser les relations géométriques existant entre les calcaires karstifiés visibles en affleurement dans le vallon de Souvré et dans la carrière "N" (et "M"?), et les brèches recoupées par les sondages de Hermalle-sous-Argenteau et de La Folie.

Les psammites signalés par Dewalque (1883), Forir (1896) et Plisnier (1931) à hauteur du village de Richelle, au sommet du versant de la vallée de la Meuse, et qui furent attribués au Famennien, ne sont plus visibles. Cependant, en raison de la description qu'en a donnée Dewalque et de la présence "après" ces psammites d'"un peu de schiste avec calcaire à *Acervularia*, une douzaine de mètres de calcaire dévonien, . . ." nous attribuerions plus volontiers ces niveaux au Frasnien supérieur. Ils montrent en effet une grande similitude avec les schistes, calcschistes et calcaires à *Phillipsastrea* (anciennement identifié à *Acervularia*), parfois micacés, de la carrière de La Folie, qui sont datés Frasnien supérieur.

### 3. LE ROCHER DU CHATEAU D'ARGENTEAU

Ce rocher expose une coupe dans le Viséen supérieur, mais seule sa base a jusqu'ici été étudiée. Elle a livré des foraminifères (Conil, *in* Kimpe *et. al.*, 1978) de la zone Cf4 ("V1"- "V2a") et des coraux (Poty, *ibid.*) "V3b" qui montrent le remaniement des premiers. Des lithoclastes de calcaire et parfois de phosphate sont localement présents.

(1) Nous désignons ainsi cette carrière qui, située au sud de la précédente, ne figure pas sur la carte de Horion & Gosselet, 1892.

#### 4. LE SONDAGE DE HERMALLE-SOUS-ARGENTEAU (DALHEM 122W-258)

Selon Graulich (1975), ce sondage a recoupé de 0 à 9,8 m : des alluvions de la Meuse ; de 9,8 à 43,5 m : des grès et schistes namuriens ; de 43,5 à 56,4 m : une zone d'effondrement karstique comblée par une brèche à éléments namuriens et viséens ; de 56,4 à 217,7 m : des calcaires du Viséen supérieur remaniant des foraminifères du Viséen inférieur (Conil *in* Graulich, 1975) ; de 217,7 à 299,95 m : une brèche cyclopéenne à éléments calcaires frasniens ; de 299,95 à 308,5 m : des grès et des schistes attribués à la Formation de Fromelles (F1) ; de 308,5 à 338,3 m : des calcaires, calc-schistes et schistes attribués au Givetien ; de 338,3 à 353 m : un ensemble éruptif supposé d'âge Silurien. La brèche située entre 217,7 et 299,95 m est en tout point identique à celle recoupée par le sondage de La Folie. Par conséquent, elle ne sera pas décrite ici.

#### 5. LA CARRIERE DE LA FOLIE (fig. 2)

La carrière de La Folie expose une coupe particulièrement complexe qui ne fut pas sans se modifier au cours de son exploitation et qui comprend des terrains d'âge Frasnien, Tournaisien et Viséen. Elle a retenu l'attention de Horion & Gosselet (1892), Forir & Destineux (1901), Fourmarier (1902), Charles (1946), Fourmarier & Lykiardopoulo (1948), Legrand (1959), Conil & Lys (1964), Pirlet (1967a, 1970), Lipina (1970), Groessens (1974), Kimpe *et al.* (1978), Poty (1981, 1982), Lorenzi (1981, inédit). En 1979, cette coupe fut complétée grâce à un sondage effectué dans la carrière pour l'Union Minière (Berneau 111). Ce sondage et la coupe de la carrière seront successivement décrits.

##### a. Le sondage Berneau 111

Ce sondage a été implanté à la base du front d'exploitation de la carrière. Incliné à 45°, il a recoupé subperpendiculairement, de haut en bas

- de 0 à 1 m : débris d'exploitation de la carrière ;
- de 1 à 4,6 m : calcaires bioclastiques bréchifères qui, comme l'indique leur contenu en foraminifères (*Earlandia moderata*, *Endothyra*, *Pseudoammodiscus*) et en coraux (*Rylstonia benecompecta brevisecta*), sont d'âge Viséen inférieur. Ces calcaires sont identiques à ceux, de la même époque, visibles dans la carrière ;
- de 4,6 à 10,6 m : schistes et calcschistes noirs, plus ou moins imprégnés de marcassite, dans lesquels sont intercalés des lits centimétriques d'intraclastes de calcaire bioclastique. Ils sont considérés

comme Frasnien supérieur en raison de l'âge des terrains qui les surmontent dans la carrière et de ceux sur lesquels ils reposent dans le sondage ;

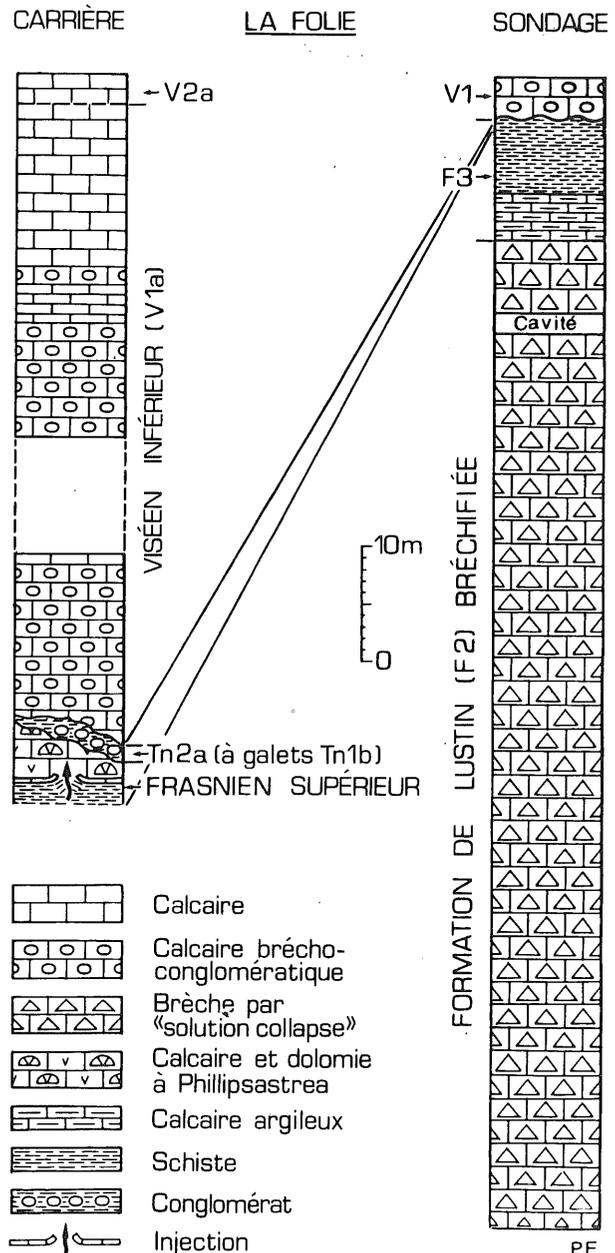


Figure 2

Coupes schématiques de la carrière (à gauche) et du sondage (à droite) de La Folie.

- de 10,6 à 14,95 m : calcaires argileux noirs, plus ou moins gréseux et imprégnés de marcssite, riches en passées millimétriques à centimétriques de biosparite. Ils ont livré (12,45 m) des foraminifères (*Nanicella*) d'affinité frasnienne et, surtout (13,5 m) des conodontes (*Ancyrognathus asymmetricus*, *Bryantodus* sp., *Ligonodina* sp., *Polygnathus* sp.) qui permettent de les attribuer à la partie supérieure de la zone à *gigas* (c'est-à-dire à la partie supérieure du Frasnien) ;
- de 14,95 à 108 m : brèche calcaire dont les éléments renferment une macrofaune (*Hexagonaria*, *Amphipora*, . . . ) et une microfaune (*Nanicella* et *Polygnathus* d'affinité frasnienne, *Lonchodina*), et montrent une lithologie (biosparites, biomicrites, micrites, dolomies, . . . ) qui permettent de les considérer comme appartenant à la Formation de Lustin (F2). Ces éléments reposent les uns sur les autres ("clasts supported"), sont anguleux, souvent veinés et présentent fréquemment des "figures d'éclatement" (Pl. III : 5). Ils ne sont pas classés et leur dimension va de plusieurs décimètres à quelques millimètres ou moins, auquel cas ils forment l'essentiel de la matrice. Celle-ci comprend en outre de fins lits de micrite et, parfois, des sédiments de nature et de structure semblables à ceux qui remplissent les cavités du paléokarst de Souvré, mais qui, ici, n'ont pas encore livré de fossiles. La brèche ne montre aucune stratification, si ce n'est celle, primitive, des bancs de la Formation de Lustin qu'elle laisse parfois entrevoir. De même, on n'y trouve pas de figures sédimentaires (classements, ravinements, . . . ) autres que celles pouvant apparaître dans la matrice. Signalons enfin la présence de lithoclastes de fluoroapatite (Pl. I : 2), et celle, rare, de calcite pseudomorphe d'anhydrite (Pl. III : 2) et de dolomite (Pl. III : 5) ("Dédolomitisation"). La base de la brèche n'a pas été atteinte par le sondage. En raison de ce qui précède, cette brèche, qui, rappelons-le, est identique à celle recoupée par le sondage de Hermalle-sous-Argenteau, ne paraît pas être d'origine sédimentaire. De plus, le fait qu'on n'y observe pas de stries de glissement, de fracturations ou de déformations de type tectonique semble exclure toute origine dynamo-tectonique. Par contre, elle présente les caractères des brèches d'effondrement par dissolution sous-jacente ("solution collapse breccias") décrites notamment par Bowles & Braddocks (1963), De Mille, Shouldice & Nelson (1964), Stanton (1966), Clifton (1967), Blount & Moore (1969), etc . . . Ces caractères sont principalement :

éléments monogènes non classés, anguleux, veinés, présentant des "figures d'éclatement" ; matrice complexe dans laquelle peuvent prendre place des sédiments exogènes. Ce type de brèche implique la présence de roches solubles (évaporites) sous-jacentes et une évolution paléogéographique de l'aire de bréchification telle que ces roches solubles aient pu être affectées par des phénomènes de dissolution. Certains arguments sont en faveur de l'existence d'évaporites qui, dans le cas qui nous occupe, se situeraient à la base de la Formation de Lustin et peut-être dans celle-ci (les roches supposées appartenir à la Formation de Fromelennes, recoupées dans le sondage de Hermalle-sous-Argenteau, ne sont pas bréchifiées) :

- présence de calcite pseudomorphe d'anhydrite ;
- calcitisation de la dolomite ("dédolomitisation"), phénomène qui, lorsqu'il apparaît dans des brèches, est habituellement considéré comme lié à la circulation de solutions riches en  $\text{CaSO}_4$  (Braddock & Bowles, 1963 ; Blount & Moore, 1969) ;
- certains indices géochimiques et géophysiques (voir dans Kimpe *et al.*, 1978 ; Bless *et al.*, 1980, 1981). Mais aucune preuve directe n'a jusqu'ici été découverte. Le contexte paléogéographique fut quant à lui très favorable à la dissolution d'éventuels dépôts évaporitiques et carbonatés, comme nous le verrons plus loin. Remarquons que la bréchification des calcaires de la Formation de Lustin a entraîné des déformations dans les schistes, calcschistes, calcaires et dolomies d'âge Frasnien supérieur qui les surmontent.

#### b. La coupe de la carrière de La Folie

Une fois éclaircies les relations complexes existant entre les différents ensembles stratigraphiques, un log détaillé a pu être établi (Lorenzi, 1981, inédit). De façon résumée, il montre de bas en haut :

- 2 m environ de schistes noirs (dont la base n'est pas visible ici, mais qui l'est dans le sondage). Ils ont livré un assemblage d'acritarches (Vanguetaine, *in* Kimpe *et al.*, 1978) appartenant à la zone O de Vanguetaine (1983, à paraître) et, tout au sommet, un autre comprenant *Herkomorphitae* sp. A, *Villosacapsula globosa*, *Diexolophis remota*, que ce dernier auteur place dans la zone 1, c'est-à-dire au sommet du Frasnien (la zone 1 chevauche à Senzeille la limite Frasnien-Famennien). Ces schistes se sont localement injectés dans les formations supérieures.

- 5 m de calcschistes, calcaires et dolomies, parfois micacés, à nombreux coraux. Parmi ceux-ci, Coen-Aubert (communication personnelle) a reconnu *Phillipsastrea hennahi* et *P. pentagona minima*, espèces du "troisième niveau à *Phillipsastrea*" défini par cet auteur dans le massif de la Vesdre et dans la coupe de Neuville (Phillipville) (Coen-Aubert, 1977). Ce qui, compte tenu de la position stratigraphique des schistes immédiatement sous-jacents (zone 1) et des conodontes déterminés par Groessens (*in* Kimpe *et al.*, 1978), permet de les considérer comme appartenant à l'extrême sommet du Frasnien ;
- un maximum de 6 m de conglomérat à matrice schisteuse passant verticalement à des schistes bruns. Le conglomérat ravine profondément le Frasnien sous-jacent. Ses éléments sont faiblement émoussés et leur taille varie de quelques millimètres à plusieurs décimètres. Ils sont composés de biomicrite riche en crinoïdes, qui a livré des foraminifères que Conil (*in* Kimpe *et al.*, 1978) considère comme Tournaisien moyen, des conodontes d'âge Tournaisien inférieur à moyen (Groessens, *in* Kimpe *et al.*, 1978), des coraux (*Siphonophyllia* sp. A, Poty *in* Bless *et al.*, 1981) semblables à ceux du Calcaire d'Hastière ("Tn1b") et, surtout, des ostracodes (*Pseudoleperditia venulosa*, *Bairdiacypris* cf. *rudolphi*, *B.* cf. *robusta*), que Bless (communication personnelle) considère comme caractéristiques du "Tn1b $\beta$ - $\gamma$ ". Aussi, et par analogie avec la répartition des faunes observées dans le sondage de Kastanjelaan 2 à Maastricht (Bless *et al.*, 1981), nous attribuerons un âge Tournaisien inférieur ("Tn1b") aux éléments de ce conglomérat. La matrice schisteuse et les schistes supérieurs ont quant à eux livré une association de coraux (*Cyathaxonia cornu*, *Saleelasma delepini*, *Michelinia* sp.), des ostracodes (Bless, communication personnelle) ainsi qu'une macrofaune (Demagnet *in* Charles, 1946) caractéristiques du "Tn2a" (partie inférieure du Tournaisien moyen) ;
- 60 m environ de calcaires localement bréchiqes ou conglomératiques, comprenant essentiellement des biosparites riches en crinoïdes, brachiopodes et coraux. L'étude des foraminifères (Pirlet, 1967a ; Conil *in* Kimpe *et al.*, 1978) conduit à placer la majeure partie de ces calcaires dans la sous-zone Cf4 $\alpha$  ("V1a") et les quelques mètres du sommet dans les sous-zones Cf4 $\delta$ -Cf5 inférieure ("V2a"- "V2b"). La faune corallienne comprend des espèces du Viséen inférieur ou de large distribution (*Siphonophyllia garwoodi*, *Cravenia lamellata*, *Fasci-*

*culophyllum omaliusi*, *Amplexus coralloïdes*, *Rylstonia benecompacta brevissepta*, "*Koninckophyllum*" *praecursor*, *Syringaxon beruinensis*, *Cyathaxonia cornu*, . . .), mais au sommet de la coupe on recueille *Siphonodendron undulosum*, espèce caractéristique du "V2a". Ces calcaires s'ordonnent fréquemment en séquences montrant typiquement, dans leur partie inférieure, des biosparites grossières brécho-conglomératiques et, dans leur partie supérieure, des biosparites finement straticulées, avec parfois tout au sommet des stratifications entrecroisées. La nature de ces séquences et la présence d'éléments remaniés dans leur partie inférieure permettent de les comparer au "pebbly sandstone facies" de Walker (1975)- facies qui se situerait en amont du "mid fan", dans les chenaux d'apport sédimentaire. Ces séquences peuvent être affectées par des dykes sédimentaires. Les éléments des niveaux brécho-conglomératiques sont centimétriques à décimétriques, anguleux à plus ou moins arrondis. Ils sont constitués de schiste, calcschiste, calcaire, dolomie du Frasnien supérieur (et du Frasnien moyen ?), de calcaire du Tournaisien inférieur, de schiste du Tournaisien moyen et, exceptionnellement, de phosphate identique à celui présent dans le paléokarst de Souvré.

Les calcaires viséens sont parcourus par d'innombrables fissures pouvant atteindre plusieurs centimètres de largeur. Ces fissures sont généralement remplies par des dépôts finement lités de micrite, dans lesquels apparaissent parfois des pseudomorphoses de gypse en calcite (Pl. II : 4). Cette légère bréchification est peut-être à mettre en relation avec des phénomènes de tassement au sein de la brèche dévienne sous-jacente.

## 6. LES TRIXHES

Deux anciennes excavations situées à proximité du lieu-dit "Les Trixhes", dans le versant est de la vallée de la Berwine et en regard de la carrière de La Folie, ont été creusées dans des calcaires de la partie supérieure du "V3b $\gamma$ " (Poty, 1981). Ces calcaires sont identiques à ceux du même âge présents dans la carrière "F"- "H", au sud de Visé.

## 7. LA FERME DU CHASSEUR (2)

Des affleurements situés près de la ferme du chasseur montrent des calcaires du Viséen supérieur ("V3b $\gamma$ " ou "V3c inf.") renfermant des lithoclastes plus ou moins anguleux de calcaire et de dolo-

(2) Désignées erronément sous le nom de "chafour" sur les cartes topographiques récentes.

mie frasniens, ainsi que de phosphate. Ces calcaires sont surmontés par des calcaires silicifiés du "V3c supérieur", non visibles dans les affleurements, mais présent en débris dans les champs qui surplombent ceux-ci et dans des poches de dissolution.

### 8. LA TRANCHEE DU CHEMIN DE FER A BERNEAU (fig. 3)

Cette coupe, la plus septentrionale du massif de Visé, a été étudiée par Fourmarier (1919, 1923), Pirlet (1968, 1970), Kimpe *et al.* (1978), Poty (1981) et Lorenzi (1981, inédit). Sa base contient des foraminifères des zones Cf4 $\delta$ , Cf5 et Cf6 ("V2a", "V2b" - "V3a", "V3b"), identifiés par Conil (*in* Kimpe *et al.*, 1978 et communication personnelle), et une faune corallienne considérée comme "V3a" (Poty, 1981) mais qui est probablement un peu plus récente (partie inférieure du "V3b") comme semble l'indiquer de nouvelles recherches. Les quatre-vingt-dix mètres environ qui suivent ont été attribués aux sous-zones Cf6 $\alpha$ -Cf6 $\delta$  (Conil, Poty *in* Kimpe *et al.*, 1978 ; Poty, 1981 ; Lorenzi, 1981 inédit). L'essentiel de la soixantaine de mètres de calcaire qui constitue la partie inférieure de la coupe, renferme des extraclastes anguleux ou plus ou moins arrondis, centimétriques à décimétriques. Ceux-ci sont formés de calcaires qui peuvent être attribués à la Formation de Lustin et qui parfois sont affectés par des diaclases de distension identiques à celles observées dans les affleurements du vallon de Souvré (Pl. II : 1), ainsi que de phosphate. Signalons dans cette coupe l'existence de trois niveaux schisteux d'origine volcanique (Lorenzi, 1981, inédit).

### III.- INTERPRETATION

#### 1. L'EMERSION FAMENNIENNE (fig. 5A)

L'absence de dépôts fameniens, les âges différents des terrains qui surmontent directement le Frasnien et leur distribution géographique locale (fig. 4) - âges qui varient du Tournaisien moyen dans la carrière de La Folie, au sommet du Viséen ou au Namurien inférieur dans le vallon de Souvré - montrent que la région de Visé fut affectée, à la fin du Frasnien ou au début du Famennien, par d'importants mouvements tectoniques. Ceux-ci se concrétisèrent par la formation d'une vaste structure brachyanticlinale s'ennoyant vers l'est (provoquant l'émergence des dépôts frasniens) et par celle de larges diaclases de distension dans les calcaires de la Formation de Lustin (ces diaclases, comme

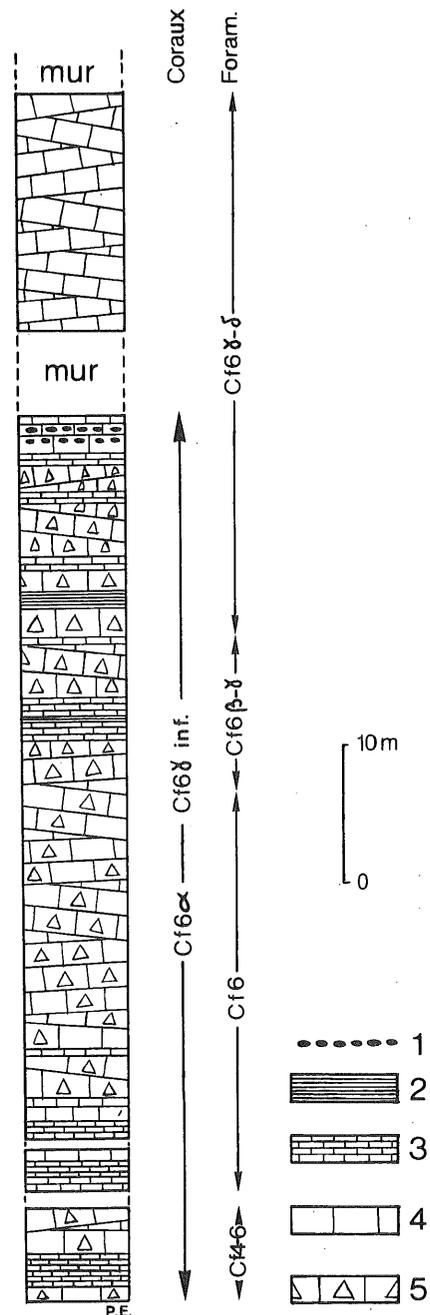


Figure 3

Coupe schématique de la tranchée du chemin de fer à Berneau.

1. Cherts ; 2. schiste (tonstein) ; 3. calcaire en bancs minces ; 4. calcaire massif ; 5. calcaire bréchiq et conglomératique d'origine sédimentaire ; zones Cf4-6 = "V1" - "V3" ; sous-zones Cf6 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$  = "V3 $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\gamma$ ,  $\delta$ "

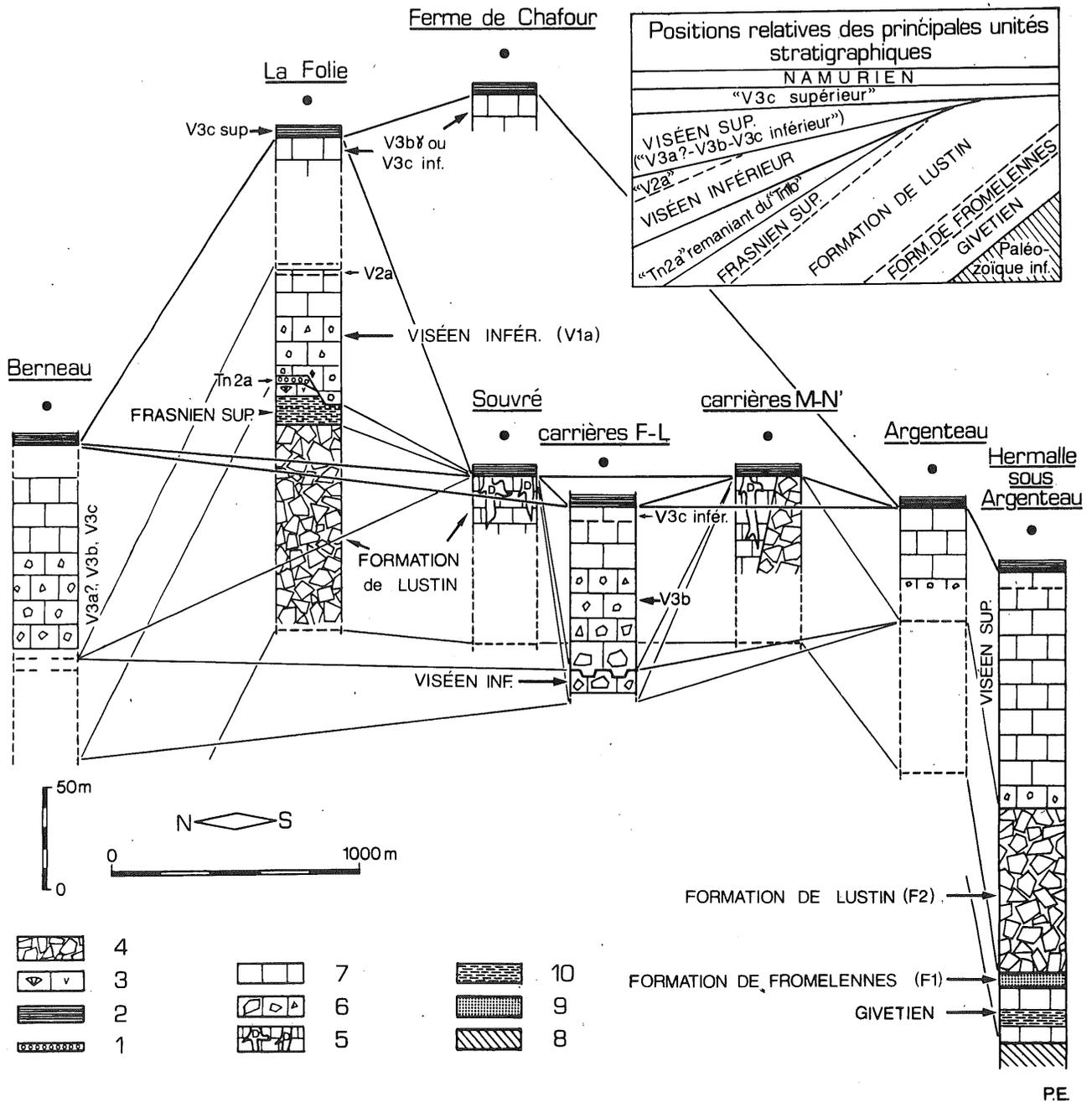


Figure 4

Corrélation stratigraphiques (schématiques) entre les différentes coupes du massif de Visé.

1. conglomérat à matrice argileuse ;
2. calcaire silicifié (phtanite) ;
3. calcaire et dolomie à Phillipsastrea ;
4. brèche d'effondrement par dissolution sous-jacente d'évaporites ;
5. calcaire karstifié dont les cavités sont remplies de sédiments dinantiens (D) ;
6. brèche et mégabrèche d'origine sédimentaire ;
7. calcaire ;
8. substrat d'âge Paléozoïque inférieur ;
9. schiste dolomitique et grès ;
10. schiste.

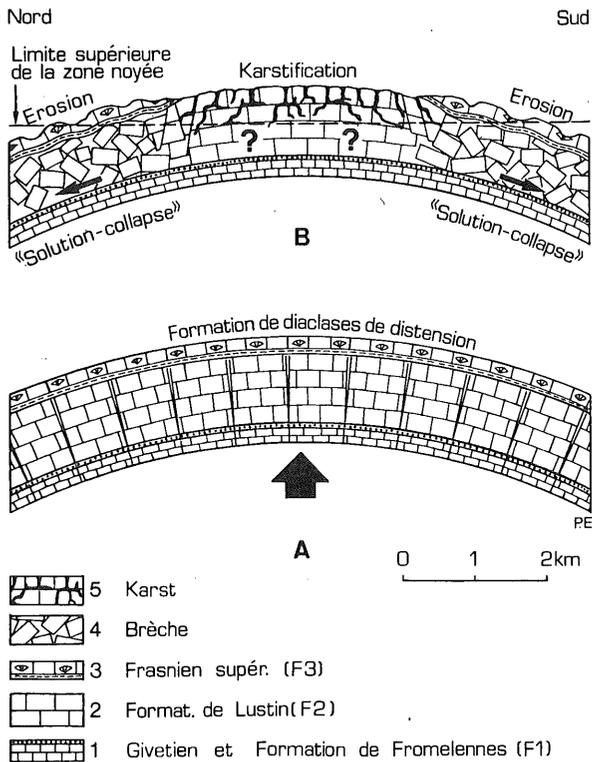


Figure 5

Coupes théoriques schématiques montrant la formation du brachyanticlinal de Visé à la fin du Frasnien ou au début du Famennien (coupe A), et la karstification et la bréchification, par dissolution sous-jacente, des roches de la Formation de Lustin, au cours du Famennien (coupe B). Ces deux phénomènes se répartissent suivant l'altitude relative des roches affectées et leur position au-dessus ou dans la zone noyée (pour les explications, se reporter au texte).

nous l'avons vu, furent comblées relativement tôt par la précipitation de calcite sous conditions vadeuses).

## 2. LE KARST ET LES BRECHES D'EFFONDREMENT (Fig. 5B, 6)

En raison de leur exondation, les calcaires de la Formation de Lustin furent, dans les parties les plus élevées de la structure anticlinale, soumis à des phénomènes de corrosion karstique, alors que, dans les parties plus basses, ils étaient bréchifiés. Comme nous l'avons montré, cette bréchification serait due à des processus d'effondrement résultant de la dissolution d'évaporites

situées dans la portion inférieure de la formation - évaporites dont l'existence semble être attestée par la présence de calcite pseudomorphe d'anhydrite et de dolomite ("dédolomitisation"), ainsi que par les résultats d'analyses géochimiques et géophysiques réalisées dans la région de Visé et de Maastricht.

Cette distribution des phénomènes de karstification et de bréchification dans la structure anticlinale suivant l'altitude pourrait s'expliquer (fig. 5) par le fait que, dans les parties les plus élevées, les niveaux évaporitiques étaient probablement en zone vadeuse, tandis que, dans les parties plus basses, ils se trouvaient en zone noyée. En effet, dans le premier cas, les processus de corrosion conduisent en général à la formation d'un réseau de cavités et de conduits favorisant l'écoulement de l'eau, même lorsqu'il s'agit de roches très solubles. Alors que, dans le second cas, l'imprégnation plus intime de roches solubles par des nappes d'eau agressive provoque une dissolution beaucoup plus intense pouvant aboutir à leur disparition totale.

Une autre conséquence de l'érosion intense à laquelle fut soumis le relief émergé, fut la formation d'un escarpement de direction N-S situé à l'ouest et à peu de distance de l'actuel vallon de Souvré. L'évolution de cet escarpement se poursuivit pendant tout le Dinantien comme le montre l'abondance d'éléments cyclopéens dans le Viséen des carrières "F" - "L".

Des encroûtements de fluoroapatite apparaissent sur les parois des cavités karstiques et en débris dans les brèches d'effondrement.

Tous ces phénomènes se sont vraisemblablement déroulés pendant le Famennien, puisque, dès le Tournaisien, on assiste au retour des conditions marines.

## 3. LES TRANSGRESSIONS DINANTIENNES

Durant le Dinantien, le relief formé par les roches frasniennees va subir l'influence de six importantes phases de transgression marine qui vont progressivement l'éroder et le recouvrir de sédiments. Ces transgressions (dont certaines furent reconnues par Pirlet, 1968, 1970) auraient eu lieu au Tournaisien inférieur ("Tn1b"), au Tournaisien moyen ("Tn2a"), au Tournaisien supérieur ("Tn3c"), au Viséen inférieur ("V1a"), dans la partie inférieure du Viséen supérieur ("V3a" ou "V3b $\alpha$ ") et au "V3c supérieur".

### a. La transgression du Tournaisien inférieur

Cette première transgression est caractérisée par le dépôt de calcaires comparables à ceux de la Formation d'Hastière ("Tn1b"). Dans le massif de Visé,

ils ne sont connus qu'à l'état remanié dans la carrière de La Folie. Dans le sondage de Kastanjelaan 2 (Maastricht), ils succèdent de façon progressive aux dépôts struniens et atteignent 45 m d'épaisseur.

#### b. La transgression du Tournaisien moyen

Cette transgression, qui dans le massif de Visé suivit une brève régression, provoqua l'érosion et le remaniement des calcaires du Tournaisien inférieur. Elle est marquée pour cette raison par le dépôt d'un conglomérat à matrice schisteuse. Celui-ci passe dans sa partie supérieure à des schistes d'âge et de nature identiques à ceux qui, dans le synclinorium de Dinant, constituent la Formation du Pont d'Arcole ("Tn2a").

Le Tournaisien moyen, très développé dans le sondage de Kastanjelaan 2, n'est lui aussi connu que dans la carrière de La Folie, ce qui semble indiquer que ces deux transgressions n'ont envahi que la périphérie du relief dévonien. Signalons l'absence presque totale de roches frasniennes remaniées dans ces sédiments tournaisiens.

#### c. La transgression du Tournaisien supérieur

La présence de conodontes caractérisant le sommet du Tournaisien (zone à *S. anchoralis*) dans le remplissage sédimentaire des cavités karstiques du vallon de Souvré (c'est-à-dire dans les zones les plus élevées de la structure anticlinale) suggère qu'à cette époque le

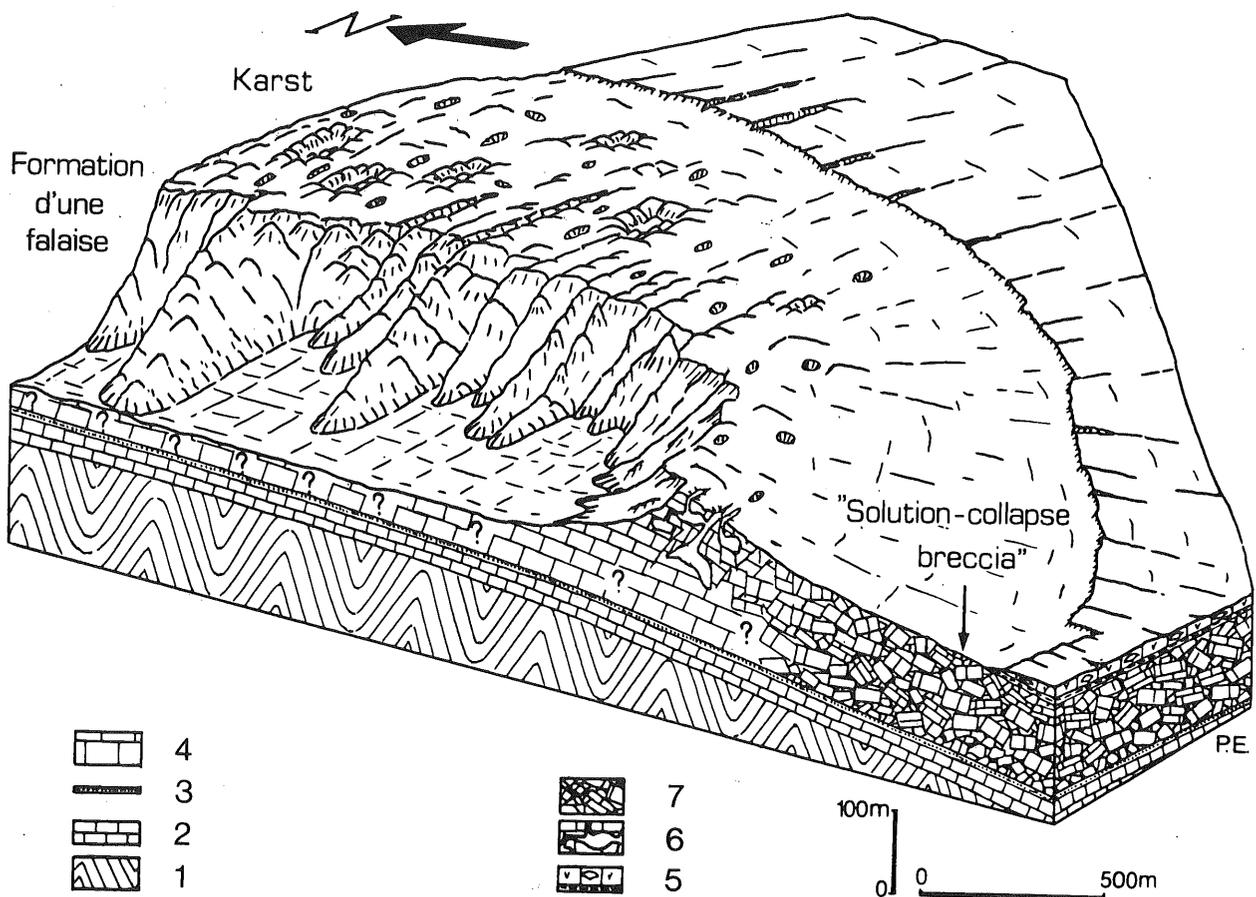


Figure 6

Reconstitution montrant l'aspect probable, à la fin du Famennien, du flanc sud du brachyanticlinal de Visé émergé (la localisation de cette reconstitution par rapport à la topographie actuelle est indiquée dans le schéma supérieur gauche de la figure 8). On y voit notamment l'escarpement d'orientation N-S formé au dépens de cette structure.

1. substrat d'âge Paléozoïque inférieur ;
2. terrains attribués au Givetien ;
3. terrains attribués à la Formation de Fromelennes ;
4. Formation de Lustin (F2) ;
5. Frasniens supérieurs (F3) ;
6. calcaire karstifié ;
7. brèche d'effondrement par dissolution sous-jacente.

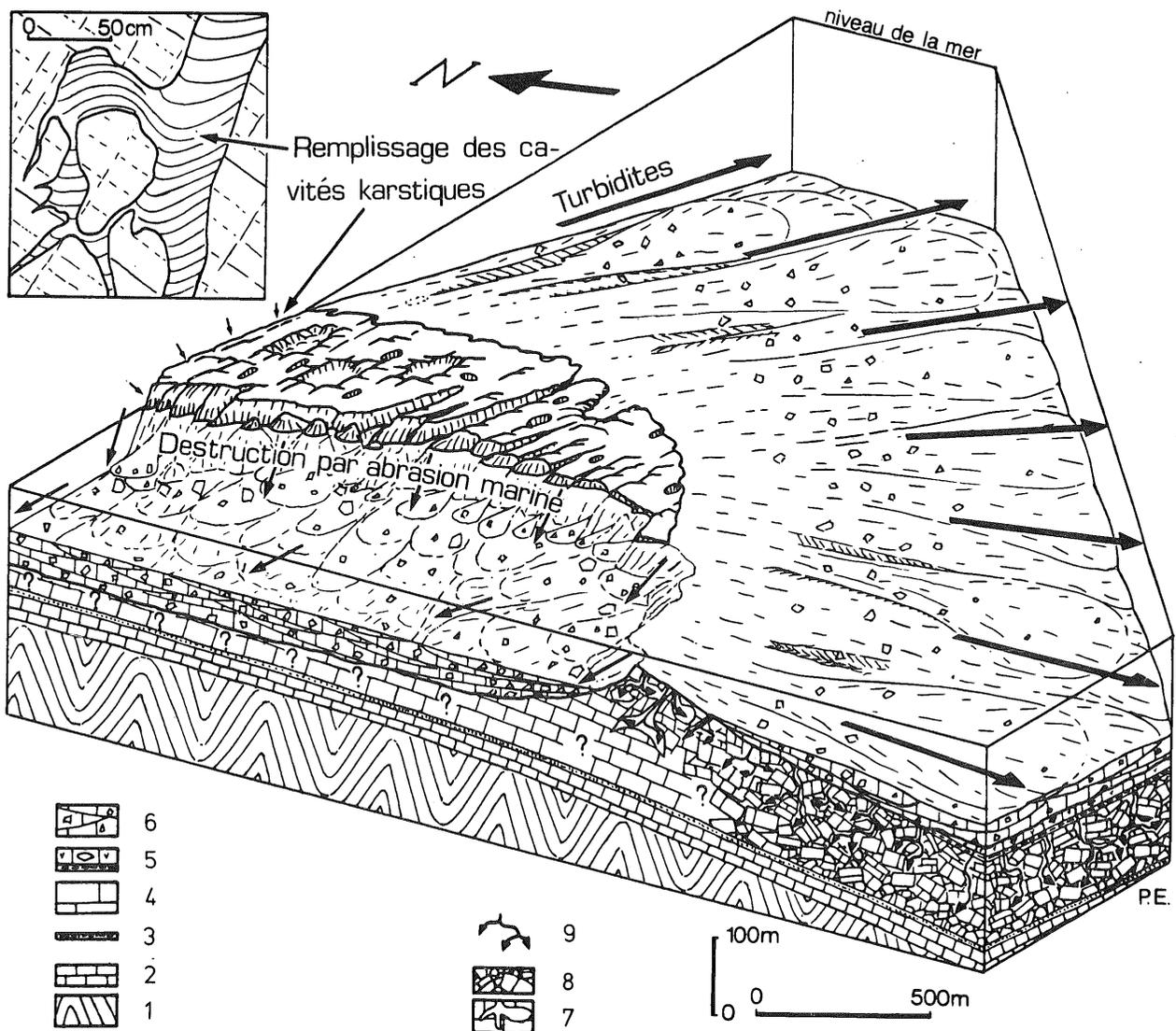


Figure 7

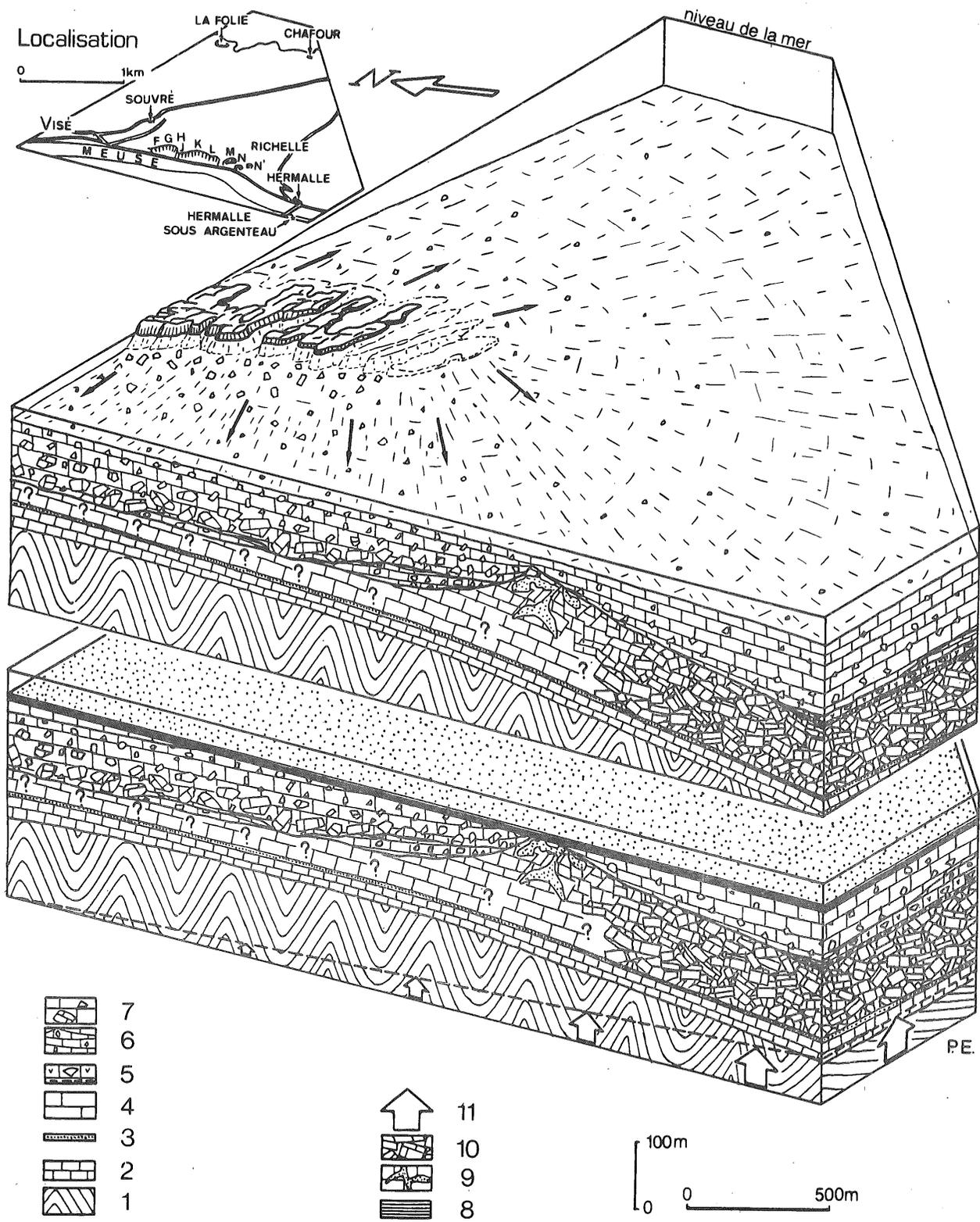
Reconstitution montrant l'aspect probable, à la fin du Viséen inférieur, du flanc sud du Brachyanticlinal de Visé, progressivement érodé et envahi par les sédiments marins. Ces derniers ont également rempli les cavités karstiques présentes dans la Formation de Lustin (pour la localisation par rapport à la topographie actuelle, se reporter au schéma supérieur gauche de la figure 8)

1. substrat d'âge Paléozoïque inférieur ; 2. terrains attribués au Givetien ; 3. terrains attribués à la Formation de Fromelennes (F1) ; 4. Formation de Lustin (F2) ; 5. Frasnien supérieur (F3) ; 6. Viséen inférieur ; 7. calcaire karstifié ; 8. brèche d'effondrement par dissolution sous-jacente ; 9. remplissage sédimentaire des cavités karstiques.

Figure 8

Reconstitutions montrant l'évolution probable du flanc sud du brachyanticlinal de Visé à la fin du Dinantien (en haut à gauche, schéma de localisation de ces reconstitutions par rapport à la topographie actuelle). A la fin du "V3by", (figure supérieure), le relief frasnien est presque totalement recouvert par la sédimentation qu'il n'influence plus que localement. Au "V3c supérieur" (figure inférieure), la région de Visé, aplaniée après son basculement vers le nord, est réenvahie par la sédimentation. Tout relief a alors disparu.

1. substrat d'âge Paléozoïque inférieur ; 2. terrains attribués au Givetien ; 3. terrains attribués à la Formation de Fromelennes (F1) ; 4. Formation de Lustin (F2) ; 5. Frasnien supérieur (F3) ; 6. Viséen inférieur ("V1a") ; 7. Viséen supérieur ("V3a" ?, "V3b", "V3c inférieur") ; 8. "V3c supérieur" (sommet du Viséen ou Namurien ?) ; 9. calcaire karstifié ; 10. brèche d'effondrement par dissolution sous-jacente ; 11. basculement de la fin du "V3c inférieur".



relief dévonien a pu être totalement recouvert par la mer, même si, comme c'est probable, ces conodontes ont été remaniés au Viséen inférieur, et qu'aucun autre dépôt du Tournaisien supérieur n'a jusqu'ici été signalé dans le massif de Visé.

#### d. La transgression du Viséen inférieur (fig. 7)

Au Viséen inférieur, les cavités karstiques furent définitivement comblées par des dépôts marins tandis que les encroûtements de phosphate qui tapissaient leurs parois étaient enlevés de celles-ci en grande partie. Les calcaires du Viséen inférieur peuvent s'ordonner en séquences montrant dans leur portion inférieure des brèches et des conglomérats. Dans la carrière de La Folie, ceux-ci résultent de l'érosion du nez de la structure anticlinale et sont essentiellement constitués de roches du Frasnien supérieur ; par contre, dans les carrières "K" et "L", ils proviennent de l'érosion de l'escarpement bordant à l'ouest cette structure et entamant les calcaires F2 dont ils sont en grande partie formés. Ces séquences impliquent la prédominance d'une sédimentation de type turbiditique. Il est probable que le relief resta partiellement recouvert par la mer jusqu'au début du Viséen moyen comme semblent l'attester les quelques mètres de "V2a" reconnus à La Folie.

#### e. La transgression de la partie inférieure du Viséen supérieur (fig. 8)

Une régression survenue à la fin de la phase Viséen inférieur - "V2a", puis une nouvelle transgression dans la partie inférieure du Viséen supérieur ("V3a" ou "V3b $\alpha$ "), furent responsables de l'érosion d'une importante partie des calcaires précédemment déposés. Dans les carrières "K" et "L", les niveaux inférieurs du Viséen supérieur ravinent profondément ces derniers et sont composés principalement de mégabrèches dont les éléments proviennent directement de la falaise. La fréquence de ces brèches et des conglomérats décroît fortement vers le haut de la formation et elle devient pratiquement nulle à son sommet, dans les calcaires de la partie supérieure du "V3b $\gamma$ " et du "V3c inférieur". Ceci semble indiquer, au cours du Viséen supérieur, un amortissement de l'érosion du relief frasnien qui disparaît peu à peu sous les sédiments. Ailleurs, les calcaires du Viséen supérieur sont habituellement moins bréchiés. La présence de séquences sédimentaires comparables à celles observées dans le Viséen inférieur montre également la prédominance d'une sédimentation de type turbiditique.

Rappelons la présence, dans tous les niveaux contenant des calcaires F2 remaniés, de lithoclastes de phosphate provenant de l'érosion du paléokarst. Paléokarst dans lequel ce phosphate s'est originellement déposé.

#### f. La transgression "V3c supérieur" (fig. 8)

Les derniers temps du "V3c inférieur" furent marqués par un important recul des mers qui, dans la région de Visé, est dû en partie à une recrudescence de l'activité tectonique. Cette activité n'avait jamais cessé totalement de se manifester depuis la formation de la vaste structure brachyanticlinale, comme l'atteste la création postérieurement à celle-ci de nombreuses diaclases de distension. Cependant, elle ne semble pas avoir eu d'influence déterminante sur la géologie locale. Sa reprise se concrétise par un basculement, vers le nord, du bloc que constitue la région de Visé, ainsi que le suggère la nature de la discordance angulaire existant entre le "V3c supérieur" transgressif et les terrains sous-jacents. Le dépôt des schistes et des calcaires (ceux-ci silicifiés secondairement) n'a pas été influencé par l'existence du relief frasnien, ce qui implique que ce dernier était alors complètement recouvert par les sédiments antérieurs et avait cessé tout rôle dans la paléogéographie de la région de Visé.

### REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier pour les déterminations paléontologiques et minéralogiques qu'ils m'ont amicalement effectuées, Mme M. Coen-Aubert, MM. R. Conil, M. Bless, E. Groessens, M. Vanguetaine, L. Hance, J. Thorez et A.-M. Fransolet. Je remercie également Mr E. Gérard grâce à qui le sondage de La Folie fut mis à ma disposition, Mr. J. M. Graulich qui m'a permis d'examiner celui d'Argenteau, ainsi que MM. les Professeurs G. Ubags et M. Streeel qui ont bien voulu relire le manuscrit de cet article.

### BIBLIOGRAPHIE

- BEALES, F.W. & OLDERSHAW, A.E., 1969. Evaporite-solution brecciation and Devonian carbonate reservoir porosity in Western Canada. *Bull. Amer. Assoc. Petro. Geol.*, 53(3) : 503-512, 3 fig.
- BLESS, M.J.M., BOUCKAERT, J., KASIG, W., KOCKEL, F., PAPROTH, E. & STADLER, G., 1980. Evaporites anté-silésiennes sur la bordure orientale du massif du Brabant et dans le fossé rhénan : une hypothèse. *In* : Hommage à Léon Calémbert, ed. G. Thone, Liège : 23-32, 4 fig.
- BLESS, M.J.M., BOUCKAERT, J. & PAPROTH, E., 1980. Environmental aspects of some Pre-Permian deposits in NW Europe. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, 32(1) : 3-13, 9 fig., 1 an.

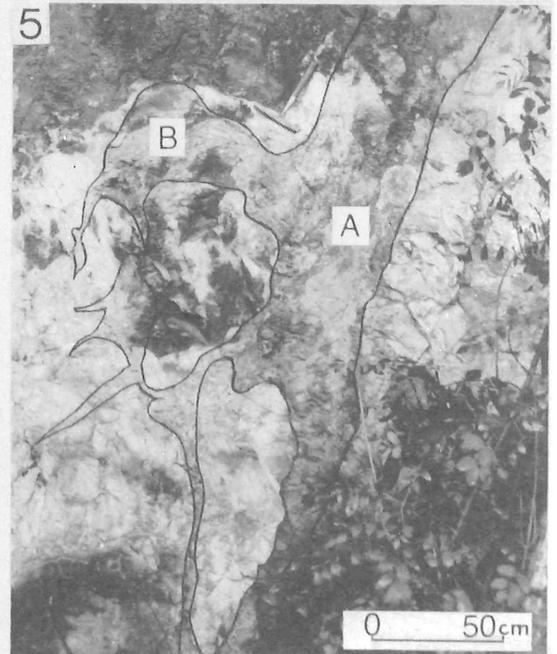
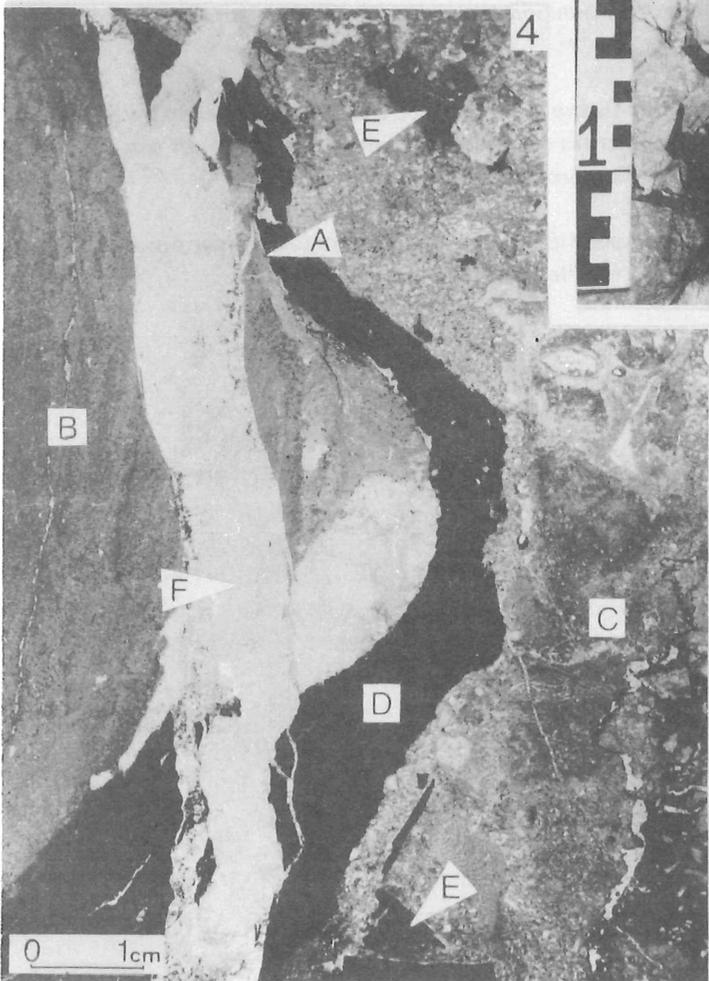
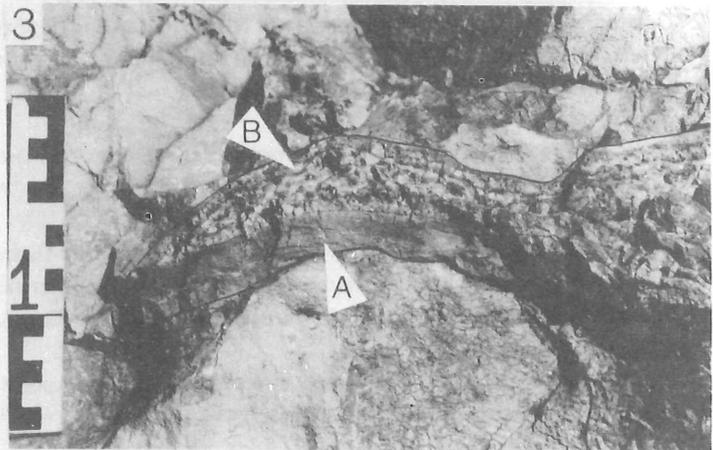
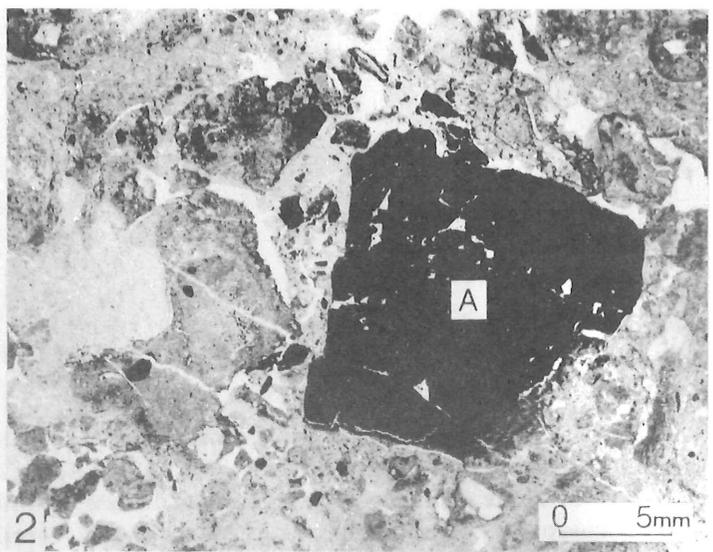
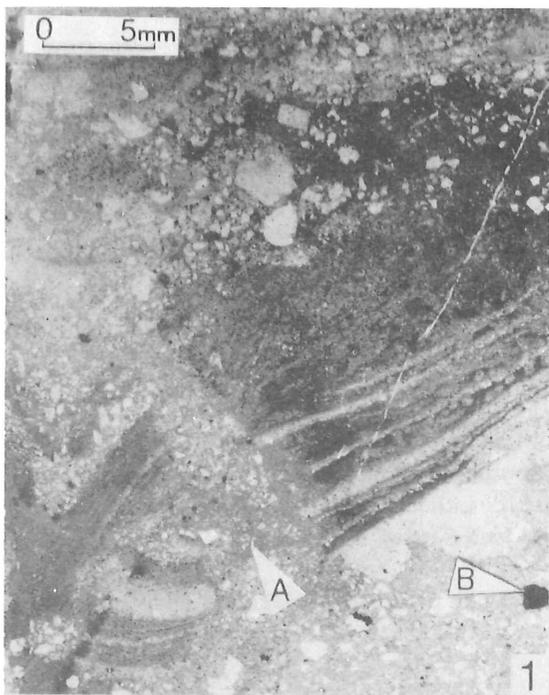
- BLESS, M.J.M., CONIL, R., DEFOURNY, P., GROESSENS, E., HANCE, L. & HENNEBERT, M., 1980. Stratigraphy and thickness variations of some Strunio-Dinantian deposits around the Brabant Massif. *Meded. Rijks Geol. Dienst*, 32(8) : 56-65, 4 fig., 1 an.
- BLESS, M.J.M., BOONEN, P., BOUCKAERT, J., BRAUCKMANN, C., CONIL, R., DUSAR, M., FELDER, P.J., FELDER, W.M., GÖKDAG, H., KOCKEL, F., LALOUX, M., LANGGUTH, H.R., VAN DER MEER MOHR, C.G., MEESSEN, J.P.M. TH., OP HET VELD, D., PAPROTH, E., PIETZNER, H., PLUM, J., POTY, E., SCHERP, A., SCHULZ, R., STREEL, M., THOREZ, J., VAN ROOIJEN, P., VANGUESTAINE, M., VIESLET, J.L., WIERSMA, D.J., WINKLER PRINS, C.F. & WOLF, M., 1981. Preliminary report on Lower Tertiary-Upper Cretaceous and Dinantian-Famennian rocks in the boreholes Heugem-1/1a and Kastanjelaan-2 (Maastricht, The Netherlands). *Meded. Rijks Geol. Dienst*, 31(15) : 333-415, 8 fig., 22 pl. 29 tabl., 4 an.
- BLESS, M.J.M., BOUCKAERT, J. & PAPROTH, E., 1981. Visé-Puth : stimulant for further exploration ? *Ann. Soc. géol. Belg.*, 104 : 291-296, 4 fig.
- BLOUNT, D.N. & MOORE, C.H., JR., 1969. Depositional and non-depositional carbonate breccias, Chiantla Quadrangle, Guatemala. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 80 : 429-442, 5 fig. 3 pl.
- BOWLES, C.G. & BRADDOCK, W.A., 1963. Solution breccias of the Minnelusa Formation in the Black Hills, South Dakota and Wyoming. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper*, 475-C, 83 : C91-C95, 5 fig.
- BRADDOCK, W.A. & BOWLES, C.G., 1963. Calcitization of dolomite by calcium sulfate solutions in the Minnelusa Formation, Black Hills, South Dakota and Wyoming. *U.S. Geol. Survey Prof. Paper*, 475-C, 84 : C96-C99, 1 fig.
- CHARLES, F.L., 1946. Observations sur le massif de Visé. *Bull. Soc. Belg. Géol. Pal. Hydr.*, LV : 50-53.
- CLIFTON, H.E., 1967. Solution-collapse and cavity filling in the Windsor Group, Nova Scotia, Canada. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 78 : 819-831, 4 fig., 4 pl.
- COEN-AUBERT, M., 1977. Distribution stratigraphique des Rugueux massifs du Givétien et du Frasnien de la Belgique. *Ann. Soc. géol. Nord*, XCVII : 49-56.
- CONIL, R. & LYS, M., 1964. Matériaux pour l'étude micropaléontologique du Dinantien de la Belgique et de la France (Avesnois). Première partie : Algues et Foraminifères. *Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain*, XXIII, 292 pp., 33 fig., 42 pl.
- DELEPINE, G., 1911. Recherches sur le Calcaire Carbonifère de la Belgique. *Mém. et trav. Fac. Cath. de Lille*, VIII, 419 pp., 83 fig., 14 pl.
- DELEPINE, G., 1921. Les formations du Calcaire carbonifère de Visé. *Ann. Soc. Sc. Bruxelles*, 41 : 114-123.
- DELEPINE, G., 1922. Notes complémentaires sur la faune du calcaire carbonifère à Visé et à Florennes (Belgique). *Ann. Soc. Sc. Bruxelles*, 42 : 156-161.
- DE GROOT, K., 1967. Experimental dedolomitization. *Jour. Sedim. Petro.*, 37(4) : 1216-1220, 5 fig.
- DE MILLE, G., SHOULDICE, J.R. & NELSON, H.W., 1964. Collapse structures related to evaporites of the Prairie Formation. Saskatchewan. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 75 : 307-316, 10 fig., 1 pl.
- DEWALQUE, G., 1883. Compte-rendu de la session extraordinaire de la Société tenue à Liège les 26, 27 et 28 août 1883. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 10 : CLVIII-CXCVIII, 2 fig.
- DUMONT, A., 1832. Mémoire sur la constitution géologique de la province de Liège. *Mém. cour. Acad. roy. Belg.*, VIII, 374 pp.
- EVAMY, B.D., 1967. Dedolomitization and the development of rhombohedral pores in limestones. *Jour. Sedim. Petro.*, 37(4) : 1204-1215, 11 fig.
- FLÜGEL, E., 1982. *Microfacies Analysis of Limestone*. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York, 633 pp., 53 pl., 78 fig., 58 tab.
- FOLK, R.L. & ASSERETO, R., 1976. Comparative fabrics of length-slow and length-fast calcite and calcitized aragonite in a Holocene speleothem, Carlsbad Caverns, New Mexico. *Jour. Sedim. Petro.*, 46(3) : 486-496., 11 fig.
- FORIR, H., 1896. Carte géologique de la Belgique : feuille n° 108, Visé-Fouron St. Martin, et feuille n° 122, Dalhem-Herve. *Inst. cartographique militaire*.
- FORIR, H. & DESTINEZ, P., 1901. Contribution à la détermination de l'âge du massif carboniférien de Visé. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, XXVIII : M61-M68.
- FOURMARIER, P., 1902. Etude stratigraphique du massif calcaire de Visé. *Ann. Soc. Geol. Belg.*, XXXIX : M225-M235.
- FOURMARIER, P., 1919. Constitution du calcaire carbonifère de Visé. *in* étude du calcaire carbonifère du NE du bassin de Namur et de la tectonique des environs de Chèvremont; compte-rendu de la session extraordinaire de la Société Géologique de Belgique. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, 42 : B216-B221, 1 fig.
- FOURMARIER, P., 1923. Sur la présence d'une faille antécédente dans la vallée de la Berwinne au nord de Dalhem. *Ann. Soc. Géol. Belg.*, XLIV : B189-B193.
- FOURMARIER, P. & LYKIARDOPOULO, N., 1948. Observations sur le Dinantien de la Berwinne. *Ann. Soc. géol. Belg.*, XXII : B93-B99.
- GRAULICH, J.M., 1975. Le sondage de Hermalle-sous-Argenteau. *Serv. Géol. Belg. Prof. Paper*, 1975(4), 12 pp.

- GROESSENS, E., 1974. Distribution de conodontes dans le Dinantien de la Belgique. Inter. Symp. on Belg. micropal. limits, Namur 1974, public. n° 17, 193 pp., 49 pl.
- HANCE, L. & HENNEBERT, M., 1980. On some Lower and Middle Visean carbonate deposits of the Namur Basin, Belgium. Meded. Rijks Geol. Dienst, 32(9) : 66-68, 1 fig., 8 pl.
- HORION, C. & GOSSELET, J., 1892. Etude stratigraphique sur les calcaires de Visé. Ann. Soc. Géol. Nord, 20, 194-212.
- JACOBS, L., SWENNEN, R., VAN ORSMAEL, J., NOTEBAERT, L. & VIAENE, W., 1982. Occurrences of pseudomorphs after evaporitic minerals in the Dinantian carbonate rocks of the Eastern part of Belgium. Bull. Soc. belge de Géologie, 91(2) : 105-123, 5 fig., 5 pl.
- KIMPE, W.F.M., BLESS, M.J.M., BOUCKAERT, J., CONIL, R., GROESSENS, E., MEESSEN, J.P.M.TH., POTY, E. STREEL, M., THOREZ, J. & VANGUESTAINE, M., 1978. Paleozoic deposits east of the Brabant Massif in Belgium and The Netherlands. Meded. Rijks Geol. Dienst, 30(2) : 37-103, 12 fig., 16 pl. 5 tab., 7 an.
- LEGRAND, R., 1959. Compte-rendu de l'excursion du 26 juin 1958 dans la région de Visé. Bull. Soc. Belg. Géol. Pal. Hydr., LXVII : 290-295.
- LIPINA, O.A., 1970. Evolution of biserial rectilinear early Carboniferous foraminifers (en russe). Vopr. Mikropaleont., 13 : 3-29.
- LOHEST, M., 1911. Le sondage de Herstal. La discordance du Houiller et du Calcaire Carbonifère et le charriage du massif de Visé. Ann. Soc. géol. Belg., XXXVIII : B186-B192.
- LORENZI, G., 1981. Contribution à la litho- et biostratigraphie du Dévonien et du Dinantien dans la région de Visé. Mém. inédit, Univ. Liège, Fac. sci. 83 pp., 8 pl.
- LOWE, D.R., 1982. Sediment gravity flows : II. Depositional models with special reference to the deposits of high-density turbidity currents. Jour. Sedim. Petro., 52(1) : 279-297, 13 fig.
- MIDDLETON, G.V., 1961. Evaporite solution breccias from the Mississippian of Southwest Montana. Jour. Sedim. Petro., 31(2) : 189-195, 3 fig.
- PLISNIER, M., 1931. Observations sur la tectonique des terrains primaires de la rive droite de la Meuse à Visé. Ann. Soc. géol. Belg., LIV : B207-B213.
- PIRLET, H., 1967a. Mouvements épirogéniques dévono-carbonifères dans la région de Visé; la carrière de "La Folie" à Bombaye (1ère note sur les calcaires de Visé). Ann. Soc. géol. Belg., 90(2) : B103-B117, 3 fig.
- PIRLET, H., 1967b. Nouvelles interprétations des carrières de Richelle : le Viséen de Visé (2ème note sur les calcaires de Visé). Ann. Soc. géol. Belg., 90(4) : B299-B328, 1 pl., 2 hors-texte.
- PIRLET, H., 1968. La tranchée de Berneau à Visé et la sédimentation dévono-carbonifère dans la région de Visé (3ème note sur les calcaires de Visé). Ann. Soc. géol. Belg., 90(9) : B751-B765, 2 fig.
- PIRLET, H., 1970. Compte-rendu de l'excursion de la Société Géologique de Belgique tenue dans la région de Visé le 19 octobre 1968. Ann. Soc. géol. Belg., 92 : 455-466.
- POTY, E., 1980. Evolution and drowning of paleokarst in Frasnian carbonates at Visé, Belgium. Meded. Rijks Geol. Dienst, 32(7) : 53-55, 2 fig., 2 pl.
- POTY, E., 1981. Recherches sur les Tétracoralliaires et les Hétérocoraliaires du Viséen de la Belgique. Meded. Rijks Geol. Dienst, 35(1) : 1-161, 63 fig., 34 pl., 9 tabl.
- POTY, E., 1982. The Devonian and Dinantian of the Visé area, NE Belgium. Public. Abstracts of the third International Colloquium on the Pre-Permian around the Brabant Massif, Maastricht, 1982 ; Public. Natuurhist. Gen. Limburg, XXXII (1-4) : 40-43, 6 fig.
- SALEE, A., 1913. Contribution à l'étude des polypiers du Calcaire Carbonifère de la Belgique, II, le groupe des Clisiophyllides. Mém. Inst. Géol. Univ. Louvain, I : 179-293, 5 fig., 8 pl.
- SMITH, N.M., SUNDERMAN, J.A. & MELHORN, W.N., 1961. Breccia and Pennsylvanian cave filling in Mississippian St. Louis Limestone, Putnam County, Indiana. Jour. Sedim. Petro., 31(2) : 275-287, 7 fig.
- STANTON, R.J., JR., 1966. The solution brecciation process. Geol. Soc. Amer. Bull., 77 : 843-848, 3 pl.
- SWENNEN, R., VIAENE, W., JACOBS, L. & VAN ORSMAEL, J., 1981. Occurrence of calcite pseudomorphs after gypsum in the Lower Carboniferous of the Vesder region (Belgium). Bull. Soc. belge de Géologie 90(3) : 231-247, 2 fig., 5 pl.
- VANGUESTAINE, M., 1983 (à paraître). Critères d'une zonation par Acritarches au contact Frasnien-Famenien dans le stratotype de la limite à Senzeille (Dévonien supérieur, Belgique). Ann. Soc. Géol. Belg.

- VAUGHAN, A., 1910. Faunal correlation of the Dinantian of Belgium with the Avonian of Great Britain. Report of the 79th meeting of the Brit. Assoc. for the adv. of Sc. Sheffield.
- VAUGHAN, A., 1917. Correlation of Dinantian and Avonian, Quat. Jour. Geol. Soc. London, LXXI : 1-52, 7 pl.
- WALKER, R.G., 1975. Generalized facies models for resedimented conglomerates of turbidite associations. Geol. Soc. Amer. Bull., 86 : 737-748.
- WRIGHT, V.P., 1982. The recognition and interpretation of paleokarsts : two examples from the Lower Carboniferous of South Wales. Jour. Sedim. Petro., 52(1) : 83-94, 12 fig.

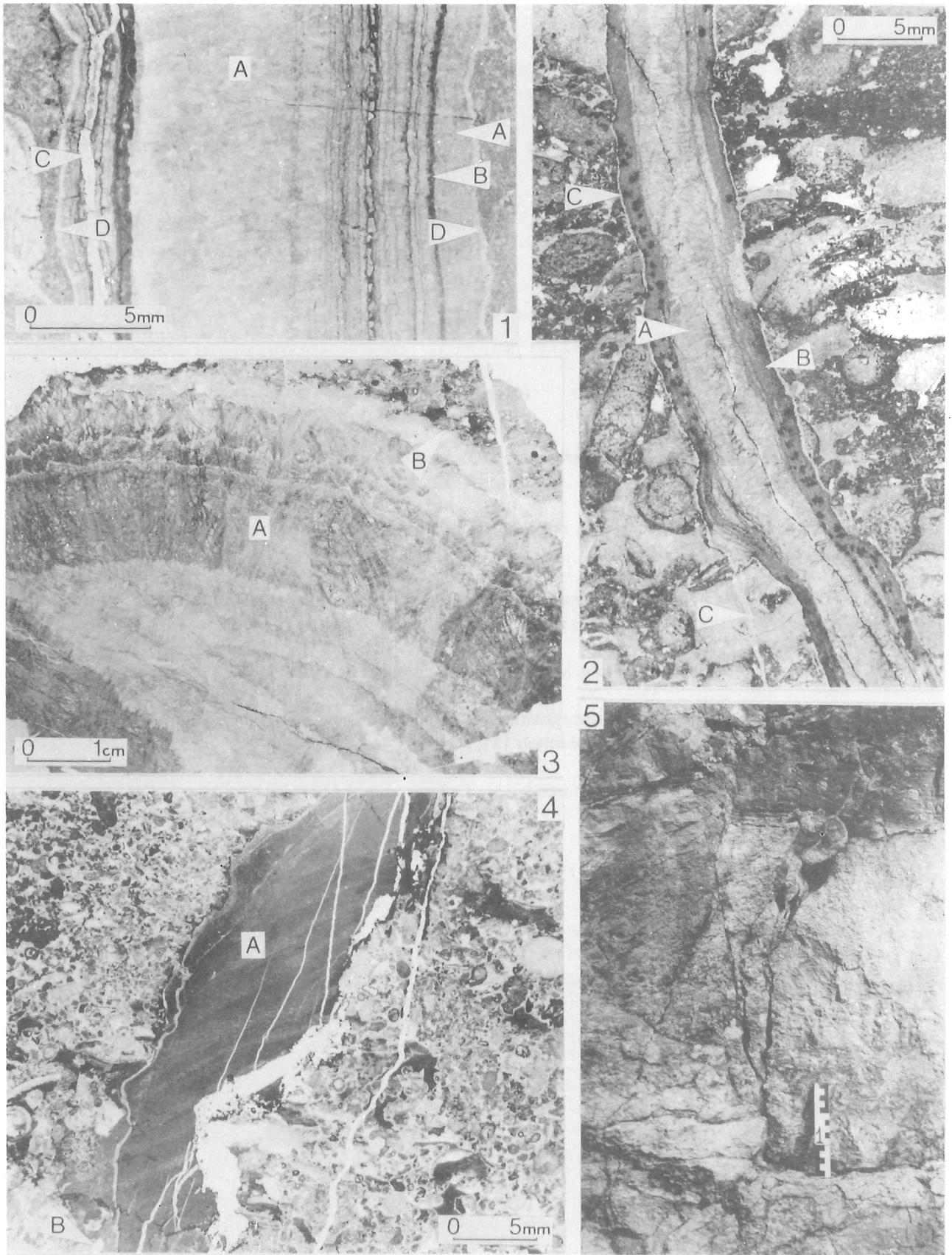
**PLANCHE I**

1. Slumping et dyke sédimentaire (A) affectant des microbrèches qui comprennent notamment des lithoclastes de phosphate (B) et des calcaires argileux disposés en fines séquences. Remplissage d'âge Tournaisien supérieur-Viséen inférieur d'un puits karstique du paléokarst de l'affleurement "A", vallon de Souvré (puits B de la figure 5, même planche).
2. Lithoclastes de phosphate (A), de calcaire et de dolomie. Brèche d'effondrement par dissolution sous-jacente ; La Folie, sondage Berneau 111, 103 m.
3. Petit conduit karstique rempli par des calcaires argileux fins d'âge Tournaisien supérieur-Viséen inférieur (A) et par de la calcite macrocristalline zonaire (B). Affleurement "A", vallon de Souvré. L'échelle graduée à 15 cm de longueur.
4. Paroi (A) d'une cavité karstique tapissée par un dépôt de phosphate (D). B. calcaire F2 renfermant de nombreux quartz autigènes ; C. remplissage sédimentaire d'âge Tournaisien supérieur-Viséen inférieur ; E. lithoclastes de phosphate arrachés des parois lors du remplissage de la cavité ; F. veine de calcite post dinantienne. Affleurement "A", vallon de Souvré.
5. Cavité karstique principalement composée d'un large conduit subvertical (A), rempli de microbrèches et de calcaire argileux, et d'une petite galerie latérale (B) remplie de sédiments plus fins. Affleurement "A", vallon de Souvré.



**PLANCHE II**

1. Diaclase de distension pré-dinantienne comblée par des dépôts de calcite palissadique claire (A) alternant avec des dépôts de calcite plus sombre (B), affectant un calcaire de la Formation de Lustin. C. fracturation postérieure remplie de calcite sparitique ; D. parois de la diaclase de distension. Lithoclaste recueilli dans le Viséen supérieur bréchique, partie inférieure de la coupe de la tranchée du chemin de fer à Berneau.
2. Diaclase de distension pré-dinantienne comblée par des dépôts de calcite palissadique claire (A) alternant avec des dépôts de calcite plus sombre (B). C. Fracturation postérieure remplie de calcite sparitique. Formation de Lustin, affleurement "A", vallon de Souvré.
3. Petite cavité d'origine karstique comblée par de la calcite pseudomorphe d'aragonite (A), zonaire. B. paroi de la cavité. Formation de Lustin, carrière "N'", Richelle.
4. Biosparite du Viséen inférieur ("V1a") affectée par une fissure peut-être liée à des phénomènes de tassement dans la brèche sous-jacente. La fissure est remplie par des micrites disposées en fines séquences (A) et qui renferment de rares cristaux de calcite pseudomorphes de gypse (B). Carrière de La Folie, échantillon 69.
5. Petites failles marquant le passage latéral des calcaires karstifiés à la brèche d'effondrement par dissolution sous-jacente. Formation de Lustin, carrière "N'", Richelle. L'échelle graduée a 15 cm de longueur.



**PLANCHE III**

1. Traces d'activité organique dans l'encroûtement de phosphate figuré pl. 1 : 4 (D). Affleurement "A", vallon de Souvré.
2. Calcite pseudomorphe d'anhydrite dans la brèche d'effondrement (mise en évidence par coloration à l'alizarine). La Folie, sondage Berneau 111, 43,95 m.
3. Brèche d'effondrement par dissolution sous-jacente. Noter l'hétérogranularité des lithoclastes, qui se fondent progressivement à la matrice. A. lithoclastes veinés. La Folie, sondage Berneau 111, 40,8 m.
4. Brèche d'effondrement par dissolution sous-jacente. La Folie, sondage Berneau 111, 42,2 m.
5. Calcite pseudomorphe de dolomite ("dédolomitisation") dans la brèche d'effondrement (mise en évidence par coloration à l'alizarine). La Folie, sondage Berneau 111, 43,8 m.
6. "Figures d'éclatement" dans la brèche d'effondrement. La Folie, sondage Berneau 111, 16 m.

