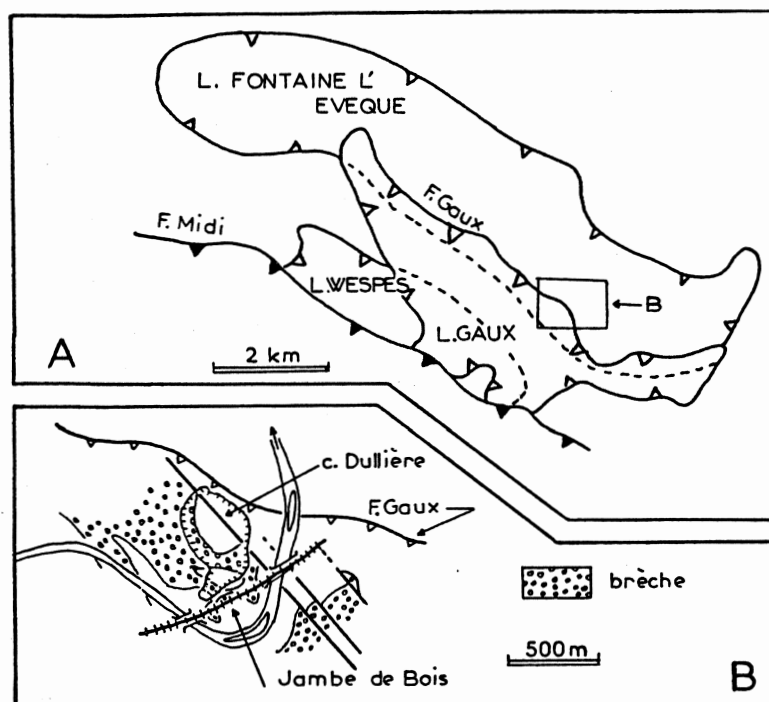




DONNEES STRUCTURALES ET SEDIMENTOLOGIQUES NOUVELLES SUR LE « MASSIF DE LA TOMBE » (PROVINCE DU HAINAUT, BELGIQUE).

par
MERCIER E., DE PUTTER T. et KEPPENS E.



**Données structurales et sédimentologiques
nouvelles sur le "Massif de la Tombe"
(Province du Hainaut, Belgique).**

ERIC MERCIER¹, THIERRY DE PUTTER² et EDDY KEPPENS³

¹Université de Franche-Comté, Institut de Sciences Naturelles, pl. Leclerc, F-25030 Besançon cedex, France.

² Université Libre de Bruxelles, Département des Sciences de la Terre et de l'Environnement, CP 160/02, Sédimentologie et Géodynamique des Bassins, 50, av. F. Roosevelt, B-1050 Bruxelles.

³ Vrije Universiteit Brussel, Geochronologie, Pleinlaan, 2, B-1050 Brussel.

1°- Introduction.

1.a.Le Massif de la Tombe.

Le Massif de la Tombe est une zone où affleurent trois écailles tectoniques pluri-kilométriques (ou "lambeaux", affleurant au total sur 11 km par 4 km; fig.1) située immédiatement au Nord de la Faille du Midi et qui repose par l'intermédiaire de failles plates sur le Bassin houiller de la Région de Charleroi (BEUGNIES, 1976). On y observe une série stratigraphique allant du Frasnien au Namurien. Les affleurements de Viséen sont bien représentés et, géographiquement associée à ces derniers, on note une formation bréchique.

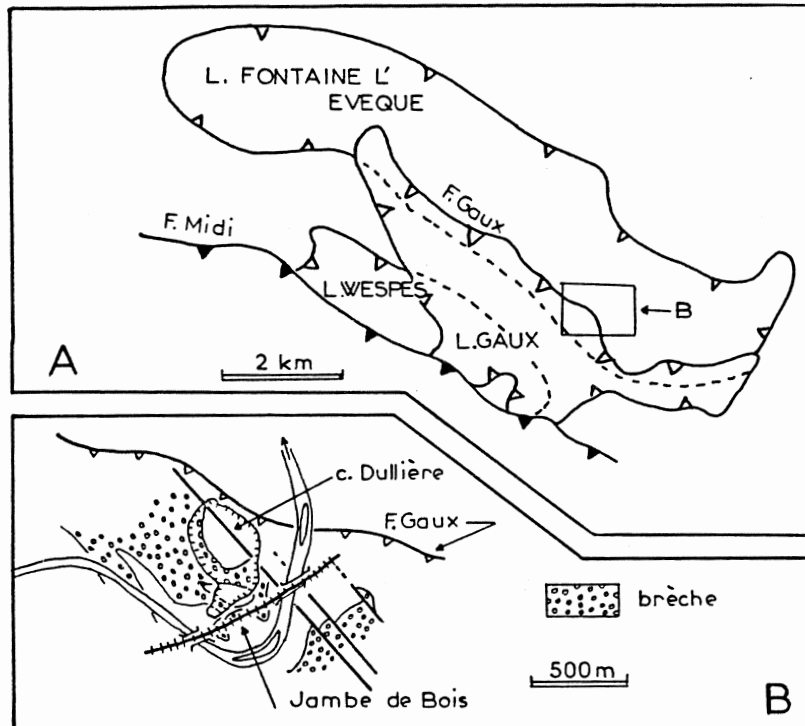


Fig 1: **A:** Carte structurale schématisée du Massif de la Tombe (simplifiée, d'après Beugnies, 1976) et **B:** Esquisse géologique, localisée en A, des environs de la "carrière Dullière" et de la "Tranchée de la Jambe de Bois" (d'après Pirlet, 1972; Beugnies, 1976 et relevés des auteurs).

De nombreuses hypothèses sur l'âge et l'origine de cette brèche ont été proposées (cf DE PUTTER et MERCIER, 1992 pour un historique succinct et une orientation bibliographique). La plupart des auteurs ont suggéré de rapporter cette brèche à la "Grande Brèche" connue dans tout le Massif paléozoïque franco-belge. Cette dernière correspondrait à une brèche plus ou moins stratigraphique, "constituant un véritable niveau compris en général entre le Viséen moyen, V2b et le Viséen supérieur, V3b". (PIRLET, 1972). D'après la littérature, son origine serait à rechercher: soit dans un processus sédimentaire (KAISIN Sr, 1925; BOURGUIGNON, 1951), soit dans un événement tectonique (PIRLET, 1972), soit encore dans l'évolution diagénétique des sédiments contemporains, selon des modalités variables selon les auteurs (ROUCHY *et al.*, 1984; MAMET *et al.*, 1986, DE MAGNEE *et al.*, 1986).

S'opposant à tout modèle unitaire, CAYEUX (1935) a par contre affirmé que la brèche du Massif de la Tombe différerait de celles du reste du Massif paléozoïque franco-belge, et qu'elle était post-tectonique et aérienne.

1.b. La coupe de la Sambre.

La coupe de la Sambre a été de nombreuses fois illustrée depuis BRIARD (1894). Un des secteurs clefs de cette coupe correspond à la tranchée de la "Jambe de bois" et aux affleurements de la carrière Dullière (carrières de "Monceau" et du "Pré fleuri" des anciennes coupes). Ce secteur est en effet riche en affleurements de brèche, et une des failles plates séparant les écailles (Faille des Gaux: limite inférieure du "Lambeau des Gaux") y serait observable (BEUGNIES, 1976). Une extension de l'exploitation a permis des observations structurales nouvelles et une révision de la coupe. Par ailleurs, l'étude sédimentologique et diagénétique de la brèche a été renouvelée grâce à des méthodes d'analyse qui n'avaient pas encore été utilisées à cet endroit.

1.c. Esquisse géologique de la carrière Dullière.

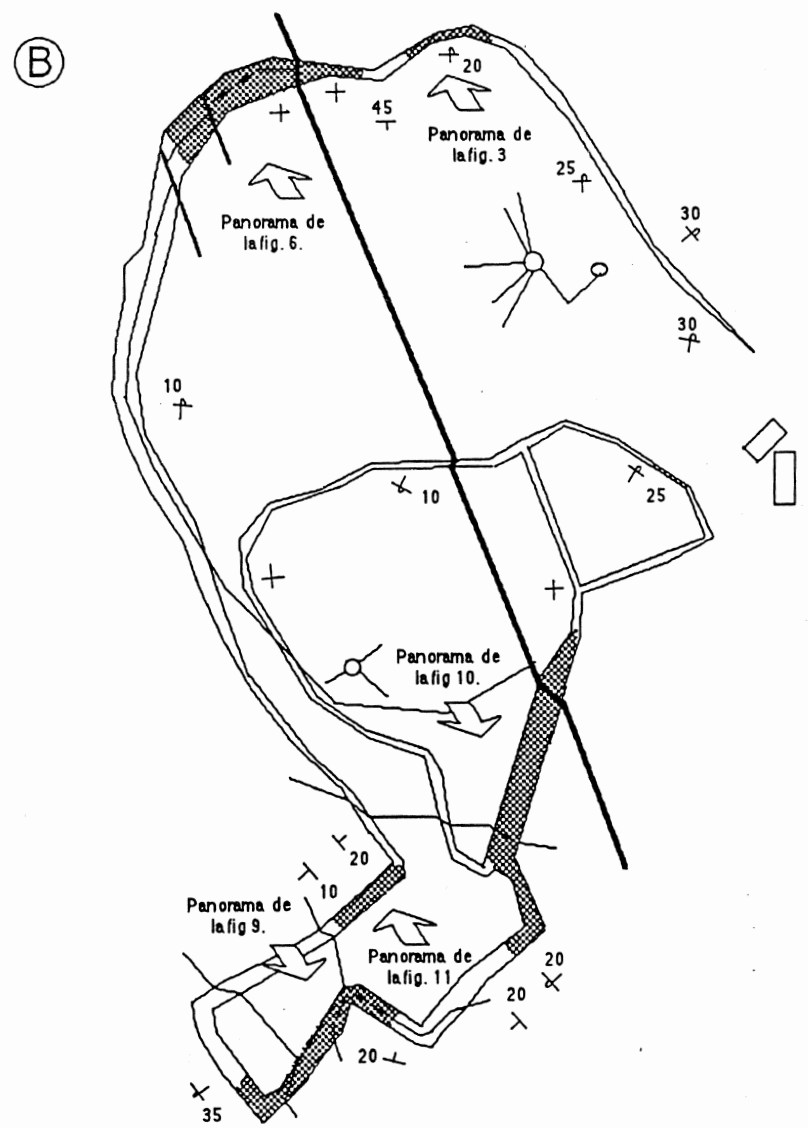
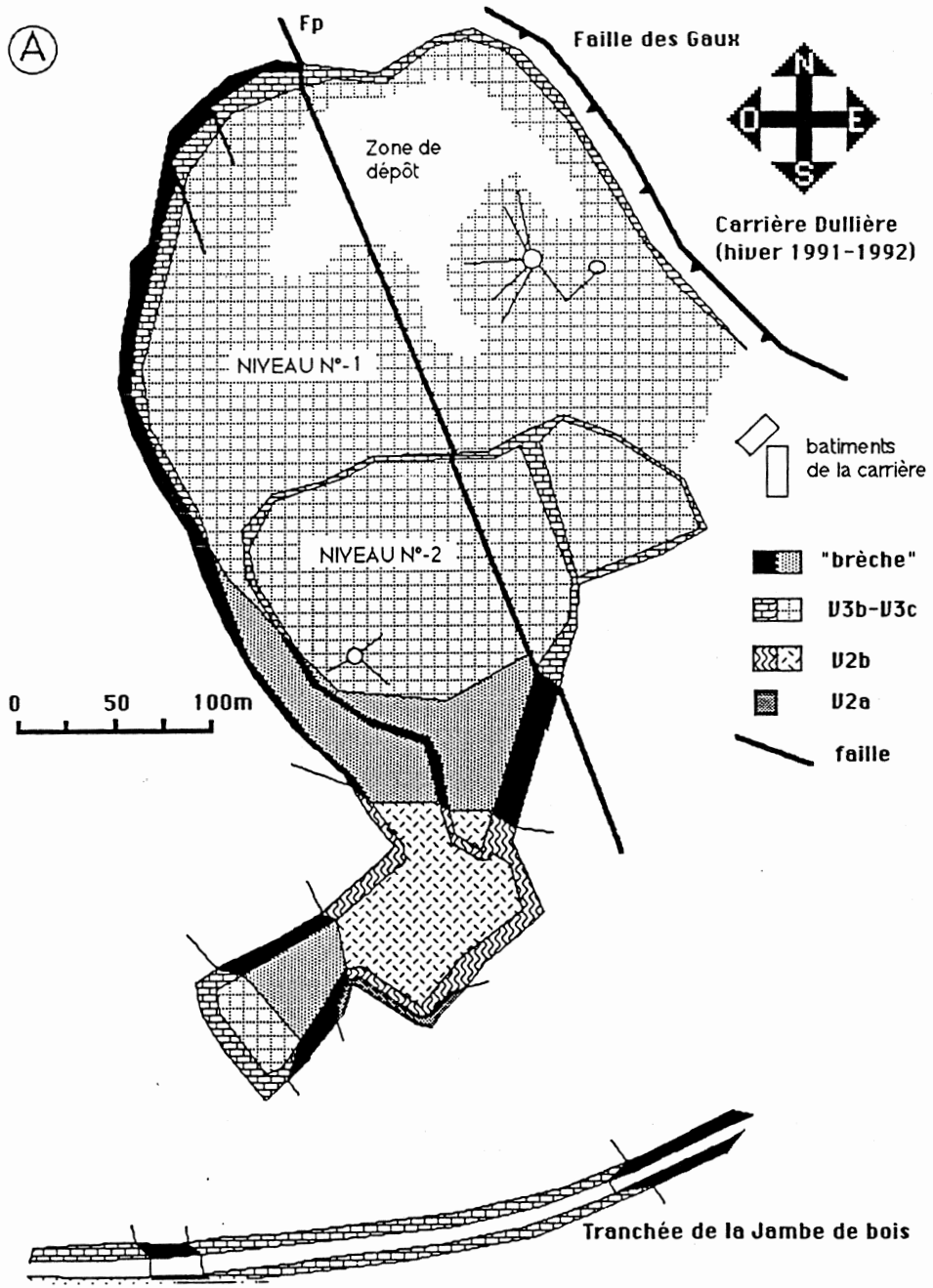
La figure 2 illustre la géologie de la carrière Dullière et la position des différents fronts décrits (état: Hiver 1991-92, complétée par diverses informations recueillies régulièrement depuis Avril 1990). On y observe, en plus de la brèche, des niveaux allant du "V2a" au "V3b"¹, le Namurien étant connu à l'affleurement à quelques dizaines de mètres au Nord-Est .

Cette exploitation correspond à la jonction de deux anciennes carrières déjà abondamment citées dans la bibliographie: les carrières de Monceau (au Nord-Est) et du Pré-fleuri (au Sud-Ouest). On retrouve encore cette ancienne division dans la forme de l'excavation. Sur le plan structural, on peut également diviser facilement cette carrière en deux parties qui correspondent aux anciennes exploitations; la limite structurale passe un peu au Nord de l'étranglement visible sur la carte. Ces deux domaines structuraux sont séparés par un affleurement continu de brèche.

Aucun des accidents observés ne semble pouvoir être attribué à la Faille des Gaux dont l'existence est néanmoins bien étayée par la cartographie régionale et les nombreux sondages (BEUGNIES, 1976). Il est certain que l'étendue de l'ancienne exploitation n'avait pas permis de fixer précisément le tracé cartographique de cette faille. Nous proposons donc de le localiser quelques centaines de mètres plus au Nord, dans une des dernières lacunes d'observation qui reste sur cette coupe, à la limite cartographique Viséen-Namurien (c'est à dire juste au Nord de la limite septentrionale de la carrière). Ce contact, importante hétérogénéité lithologique et mécanique, présente par ailleurs un tracé cartographique qui paraît en accord avec cette hypothèse (fig.1).

¹ Afin de ne pas préjuger du résultat d'études en cours, nous conserverons dans ce fascicule les anciens sigles stratigraphiques sans leur attribuer de nom de formation.

Fig 2 : A : Carte géologique de la carrière Dullière et de la tranchée de la Jambe de bois et B : localisation des panoramas illustrés et quelques données de pendage.



2°- Analyse structurale de la carrière Dullière.

2.1. La partie Nord-Est de la carrière.

La carte géologique de la figure 2 montre que le "V3b" affleure sur une grande partie de ce secteur de la carrière. A l'Ouest de la faille (Fp) qui recoupe toute l'exploitation, la brèche repose sur cette unité et, localement, en recoupe les bancs (discordance angulaire faible). Le contact est illustré par la figure 6 et discuté plus loin. L'unité "V3b" présente dans ce secteur un pendage sub-horizontale. Le contact brèche -"V3b", également subhorizontal, est bien observable sur une grande distance.

L'étude stratigraphique et sédimentologique des niveaux en contact avec la brèche montre qu'il s'agit des niveaux de base d'un "V3b" en position inverse. De l'autre côté de la faille, il s'agit de niveaux plus récents allant localement jusqu'au "V3c" inf. (Pirlet, 1972) à l'extrémité Nord-Est. La série y est localement en position normale mais plus généralement en position inverse, ces inversions se produisant à la faveur de grands plis couchés.

2.1.a. Etude structurale des plis couchés.

La partie orientale du front Nord de la carrière permet d'observer un vaste pli couché.

Son plan axial, horizontal, à quelques fluctuations près (fig.3 B) est observable sur près de 100 m. L'axe est relativement constant et correspond au pôle calculé du grand-cercle moyen des So mesurés (fig.4). Son flanc supérieur, remarquablement continu, est en position normale (comme le montre le remplissage géotrope des macrofossiles observés) et son flanc inférieur (inverse), présente la situation de la majorité des affleurements de "V3b"- "V3c" situés à l'Est de la faille Fp. Il s'agit donc d'un anticlinal couché à vergence vers le NNE (fig 3).

Ce pli est tout à fait remarquable par son déversement très prononcé (couché), par son caractère très pincé, homogène sur une grande distance (style "semblable", proche du style isoclinal), par sa taille (fig. 3 A), et surtout, par le fait qu'il n'est associé à aucune structure tectonique d'ordre inférieur affectant les flancs ("micro"-plis, failles ou chevauchement d'accommodation...). L'association de ces différentes caractéristiques oppose radicalement ce pli à ceux que l'on observe ailleurs dans la carrière et, d'une manière plus générale, dans toute la région. L'ensemble évoque des déformations plastiques qui pourrait paraître incompatibles avec le niveau structural, relativement superficiel, indiqué par les déformations régionales.

En fait, l'étude de la charnière peut permettre de préciser les conditions de genèse de ce pli et de le restituer dans le contexte tectonique. Dans les domaines structuraux profonds où le style "semblable" est fréquent, la parallélisme des couches est accommodé par un épaississement des charnières corrélatif à un amincissement des flancs; il s'agit de plis anisopaques. Dans le cas présent, ces variations sont inexistantes et l'accommodation se manifeste par des dysharmonies localisées dans la charnière (fig.3 C) et qui se répètent régulièrement tout le long de la surface axiale. De telles dysharmonies supposent que les différentes couches aient eu des comportements mécaniques différents lors du plissement (RAMSAY et HUBER, 1987). Comme dans le cas étudié, il s'agit de couches calcaires

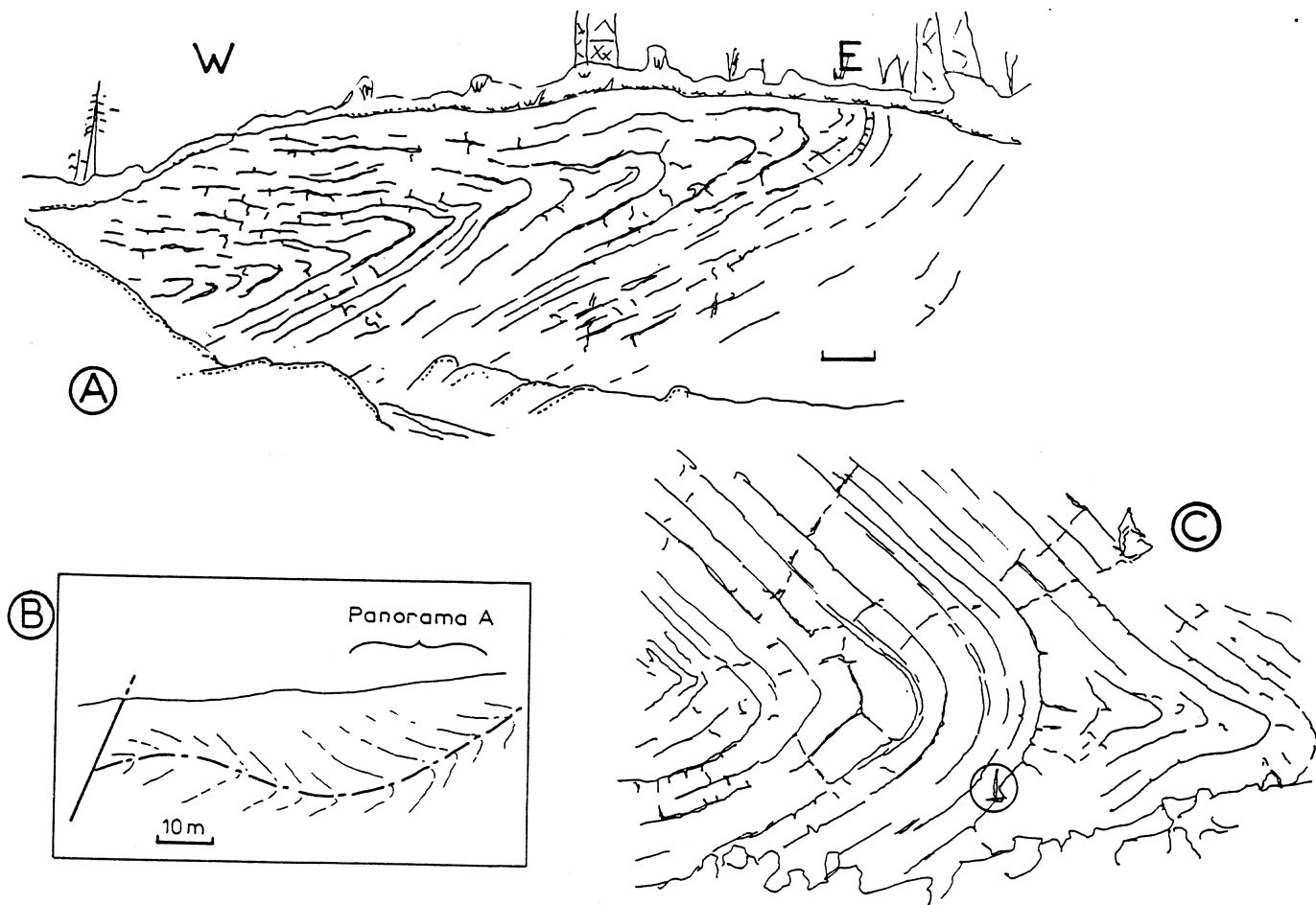


Fig 3: **A:** Panorama du pli couché (localisé à la fig. 2B) (l'échelle graphique représente environ 2 m au premier plan), **B:** schéma illustrant les fluctuations du plan axial sur le front nord de la carrière et **C:** détail de la charnière du pli couché (le marteau donne l'échelle) (voir planche photo n° 1).

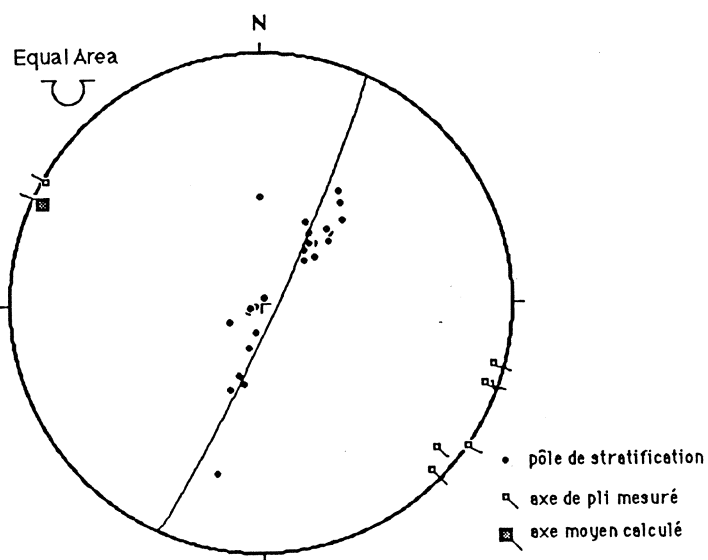


Fig 4: Stéréogramme (hémisphère inf.) de la partie Nord-Est de la carrière (affleurements de V3b).

lithologiquement homogènes, on doit supposer que c'est à des différences de lithification que l'on doit attribuer les variations de comportement mécanique. En d'autres termes, le plissement a eu lieu avant lithification complète des couches et donc dans des conditions superficielles. Sans préjuger de l'interprétation finale, notons que de tels plissements ne sont pas forcément tectoniques et peuvent résulter de phénomènes gravitaires. Inversement, il faut souligner que ce pli est parallèle aux structures plissées majeures du "Lambeau des Gaux", ce qui suggérerait une certaine relation entre ces deux phénomènes.

Selon l'exploitant de la carrière Dullière et divers autres témoignages, le front sud de la petite excavation actuellement colmatée par le bassin de décantation, permettait d'observer, au moins avant Septembre 1985, un second pli couché. Son axe et sa vergence ne sont pas précisés, mais selon les mesures de So réalisées à proximité, on peut raisonnablement penser que l'axe était globalement parallèle à celui mesuré plus au Nord.

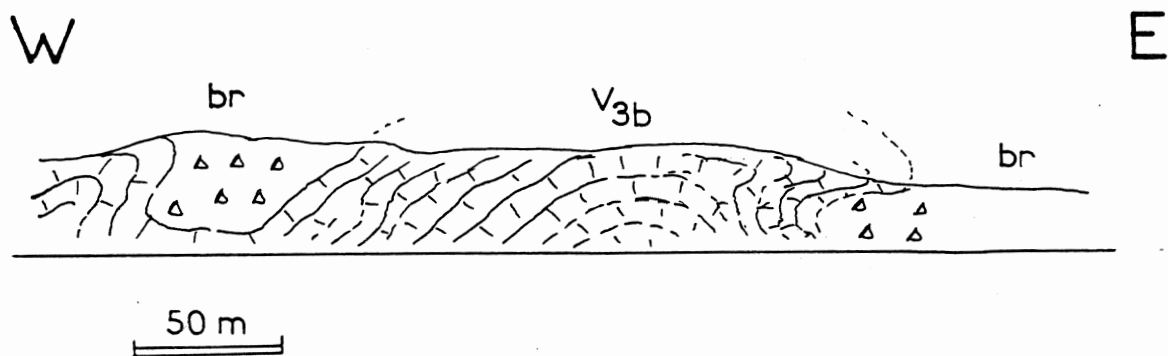


Fig 5: Coupe de la Tranchée de la Jambe de bois (schéma modifié d'après Briard, 1894, Kaisin, 1936 et Pirlet, 1972).

Encore plus au Sud, dans la tranchée de la Jambe de bois (fig.5), on peut observer, toujours dans un "V3b" *substratum* de la brèche, un pli décamétrique de même orientation et présentant les mêmes caractéristiques tectoniques, à la différence notable de la vergence (synclinal déversé vers le Sud). KAISIN Sr (1936) avait déjà souligné l'existence de cette structure et souligné son style tout à fait particulier.

Il apparaît donc que ce type de pli n'est pas exceptionnel dans le secteur étudié, et qu'au contraire, il semble localement caractéristique de ces niveaux dans la position structurale qu'ils occupent. L'interprétation que l'on pourra en donner devra intégrer cette présence répétitive.

2.1.b. Etude structurale des failles normales

La faille Fp, à regard W-SW, recoupe les plis couchés: elle est donc postérieure au retournement de la série. Son fonctionnement correspond à un effondrement relatif du compartiment Ouest, son rejet apparent est de ce fait normal. Celui-ci est, vu le décalage stratigraphique induit, quantitativement important (de

l'ordre de 70 m). Sur le plan cartographique, cette faille se prolonge de l'autre côté de la Sambre, sous la forme de la faille du Puits d'Espinoy (fig.1), illustrée par PIRLET (1972, fig. 9), et dont le rejet apparent normal est alors de l'ordre de 50 m.

Le contact brèche-"V3b" est recoupé par des failles sub-parallèles à Fp mais qui s'atténuent rapidement vers le haut. Leur rejet apparent est normal, ce qui est indiqué aussi bien par le décalage du contact que par les stries mesurées sur les plans de failles. Elles sont associées à des failles plus discrètes, également normales mais à regard Nord-Est. Ce dernières constituent le réseau conjugué du réseau visible sur la carte et illustré sur le panorama de la figure 6.

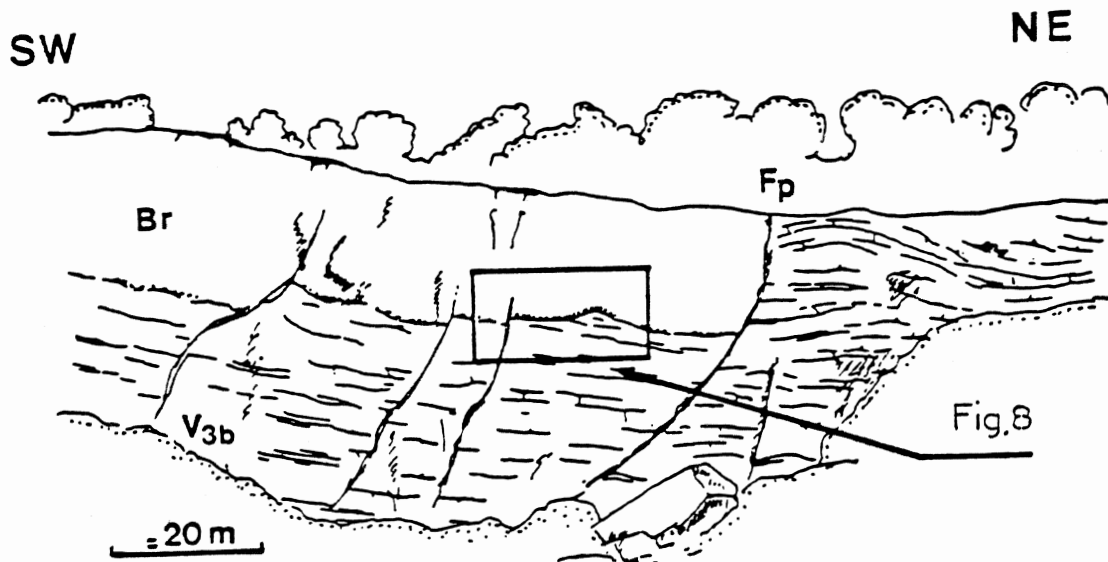


Fig 6: Panorama (localisé à la fig. 2B) illustrant quelques failles normales affectant le contact basal de la brèche.

Afin de caractériser l'état de contraintes synchrones de la genèse de cette fracturation conjuguée, nous avons utilisé la méthode numérique de MARRETT et ALLMENDINGER (1990), basée sur celle des dièdres droits (ANGELIER et MECHLER, 1977). Notons qu'aucune rotation n'a été effectuée sur les valeurs mesurées (prise en compte des S_0 locaux et de l'axe moyen des plis), dans la mesure où il a été montré précédemment que la fracturation était postérieure aux plis. La contrainte principale maximale σ_1 calculée est proche de la verticale, alors que la contrainte principale minimale σ_3 est orientée NNW-SSE (fig.7). Le calcul du tenseur des contraintes et du rapport des contraintes indique une distension pure (rapport des contraintes égal à environ 1/2 : PHILIP, 1983).

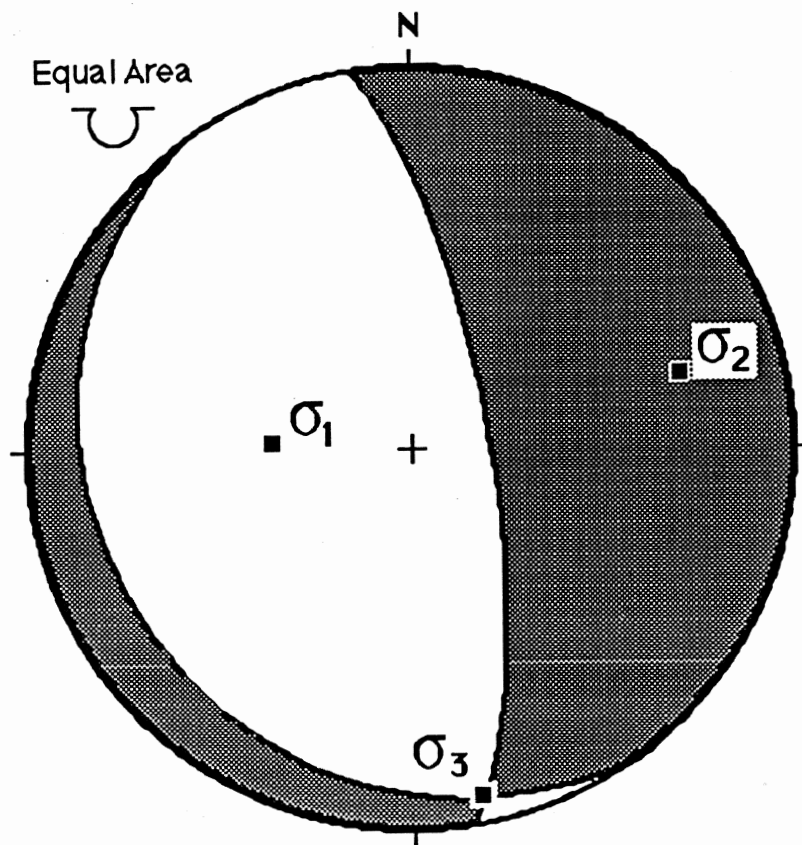


Fig 7: Représentation des dièdres droits en tension (grisé) et compression (blanc) avec orientation des axes de contraintes principales.

2.1.c. Les stries de la bordure N-E de la carrière et leur signification.

A l'extrémité N-E de la carrière on note une augmentation nette de la fréquence des stries sur les surfaces de bancs. Ces stries indiquent un mouvement moyen vers le Nord. Elle pourraient indiquer la proximité de la Faille des Gaux dont nous avons supposé, en introduction, qu'elle affleurerait quelques mètres plus au Nord (fig.1).

2.1.d. Le contact brèche-"V3b"

La brèche présente, au contact avec le "V3b", un faciès fin et légèrement stratifié. Les attitudes respectives des plans de stratification de la brèche et du "V3b", ainsi que celles du contact, qui n'est pas affecté par des phénomènes tectoniques, sont indiqués à la figure 8. Au vu de ces relations, l'interprétation de cet affleurement est la suivante: le "V3b" a été renversé lors de déformations plicatives et plus ou moins érodé; puis la brèche s'est déposée en commençant par des faciès stratifiés qui ont moulé les irrégularités de la surface d'érosion. Le "V3b" en position inverse constituerait donc le *substratum* de la formation bréchique actuellement en position "normale".

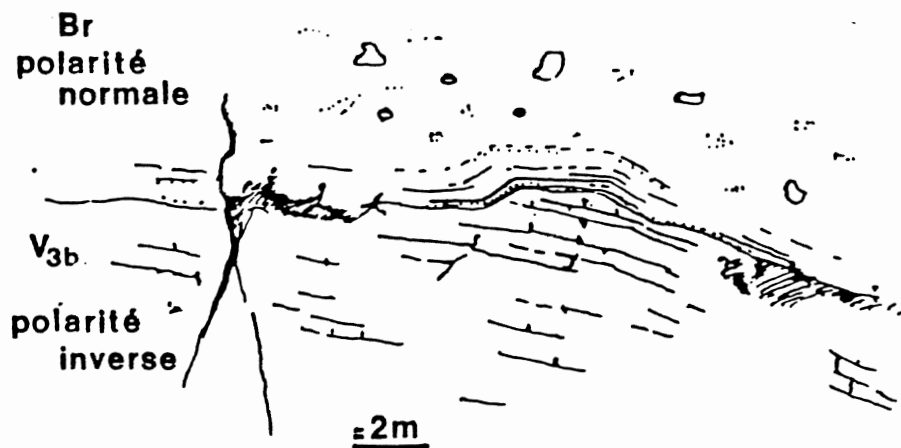


Fig. 8: Détail du contact brèche-V3b localisé à la fig 6 (voir planche photo n° 2A).

Notons que cette interprétation est radicalement opposée à celles des auteurs précédents (BOURGUIGNON, 1951; PIRLET, 1972; BEUGNIES, 1976 notamment), selon lesquels la genèse de la brèche était antérieure au retournement de la série. Elle est néanmoins compatible avec un des principaux arguments utilisé par PIRLET (1972 et 1973) en faveur de son hypothèse. Cet auteur a en effet daté micropaléontologiquement des blocs inclus dans la brèche du Massif de la Tombe (notamment sur la coupe étudiée) et a noté que certains étaient plus jeunes ("V3b"- "V3c") que ne le seraient les blocs d'une brèche purement stratigraphique et sédimentaire ("V3a").

2.2. La partie Sud de la carrière.

Une extension très récente de la carrière (été 1991) permet d'observer à son extrémité Sud, les couches basales du "V3b" qui, comme dans la partie septentrionale, sont en position inverse. Ici aussi, la brèche surmonte ces niveaux, mais cette fois par l'intermédiaire d'un contact plus nettement discordant et au tracé franchement irrégulier (contact de type "ravinant").

Au mur de cette brèche, on note du Sud vers le Nord (fig.9) du "V2a", puis du "V2b" qui apparaît en biseau entre la brèche et le "V2a". Le contact brèche-Viséen n'est pas suffisamment clair pour qu'une interprétation puisse être proposée sur les observations directes; l'hypothèse d'une faille semble néanmoins pouvoir être exclue du fait de l'irrégularité de la surface sommitale de la brèche. Signalons enfin que le "V2a" observable à ce niveau correspond au V2aβ "schistosé", signalé et illustré par FRANSOLET et PIRLET (1972); les affleurements illustrés par cette photographie sont d'ailleurs encore en grande partie observables (Février 1992) mais sont perchés en haut du front actuel (fig.9) et de ce fait inaccessibles.

Les affleurements de "V2a" et de "V2b" sont bordés au Nord par des brèches qui constituent la séparation conventionnelle entre les deux parties de la carrière. Le panorama de la fig. 10 A, permet d'observer d'une part le contact faillé (Fp) de la brèche avec le "V3b" (voir description de la partie Nord-Est de la carrière), d'autre

part un contact beaucoup plus intéressant de la brèche avec le "V2b" (cf. ci-dessous).

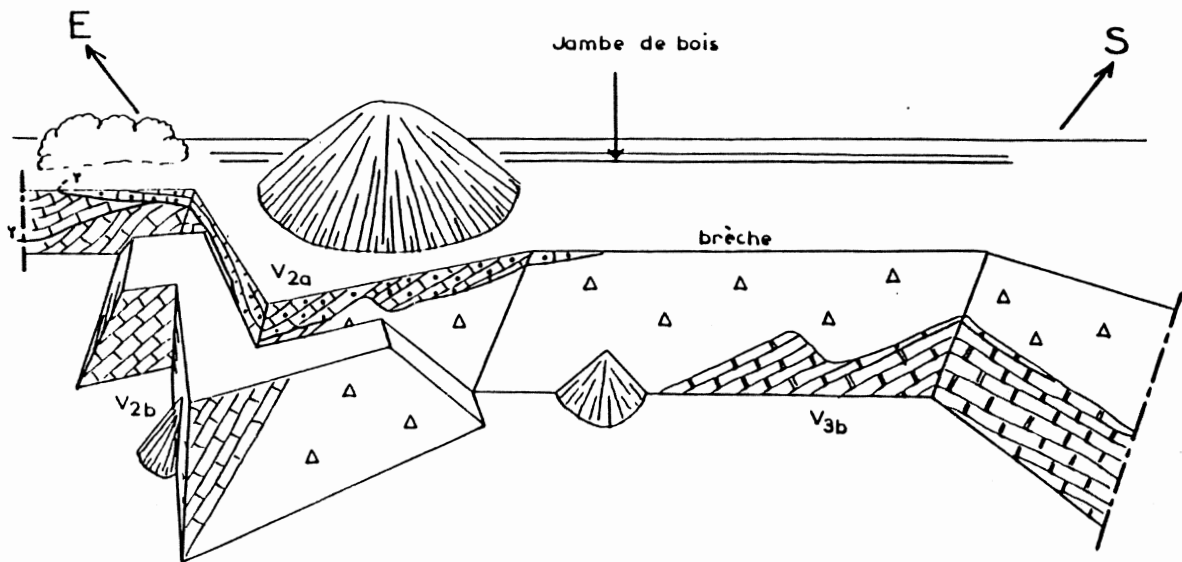


Fig. 9: Panorama schématique (localisé à la fig. 2B) de la partie méridionale de la carrière.

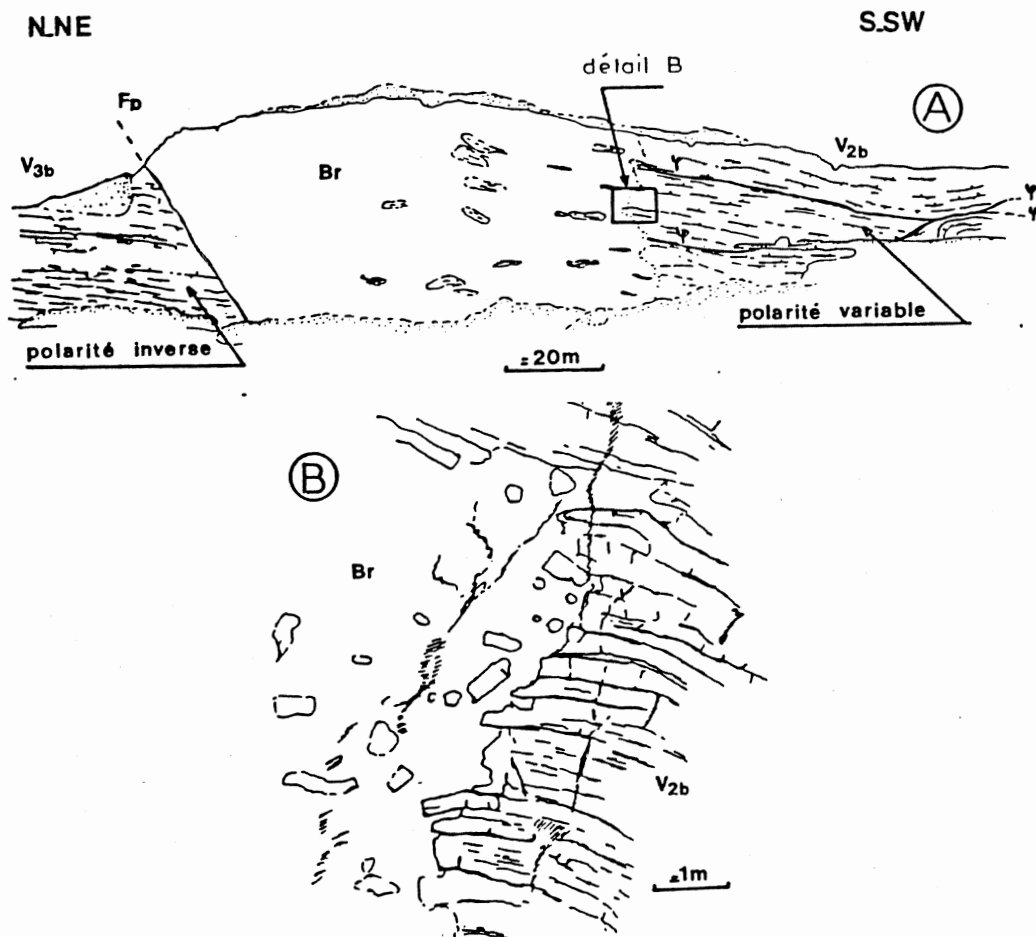


Fig. 10: A: Panorama (localisé à la fig. 2B) de l'affleurement central de brèche sur le front Est et B: détail des relations brèche-V2b localisé dans A (voir planche photo n° 2B).

2.2.a. Le contact brèche-"V2b"

Ce contact brèche-"V2b" est illustré par la figure 10 B. On constate qu'il s'agit d'un contact progressif qui correspond à un démantèlement des formations stratifiées ("V2b") avec passage latéral au faciès bréchique. Ce contact sub-vertical est observable sur toute la hauteur du front de taille; latéralement, il présente un tracé assez irrégulier auquel on pouvait s'attendre au vu de sa nature. On peut suivre à travers le contact un certain nombre de bancs du "V2b" qui se désorganisent rapidement dans la brèche bien que des bancs "flottants" puissent y être observés assez loin. Notons que les blocs proches du contact sont topographiquement plus bas que leurs équivalents en place (fig 10 B). Ceci indiquerait l'orientation de la "paléo-gravité" et suggérerait que l'ensemble de la structure n'a pas subi de retournement tectonique depuis le dépôt de la brèche.

Ces observations s'inscrivent très mal dans l'hypothèse selon laquelle la brèche serait un niveau sédimentaire interstratifié dans le Viséen; un ravinement important est au minimum à envisager. Mais, l'interprétation est encore compliquée par le fait que le "V2a"- "V2b" est intensément tectonisé sans que le contact avec la brèche ne semble affecté. Il est donc nécessaire de dater la tectonique par rapport au dépôt de la brèche.

2.2.b. Etude structurale des affleurement de "V2a" et "V2b"

Ces affleurements ne constituent pas une série continue; en effet, il s'agit d'une série d'écailles tectoniques impliquant divers niveaux du "V2a" et du "V2b" (ainsi que, localement, le "Banc d'Or", limite lithostratigraphique entre ces deux étages). Ces écailles d'épaisseur pluri-métrique, présentent des déformations internes d'échelle plus réduite (plis métriques) et peuvent contenir des séries en position normale et en position inverse comme le montre le remplissage géotropique des macro-fossiles. Les figures 10 B et 11 illustrent certains aspects de ces déformations. Les axes mesurés sur les différents plis sont bien groupés et cohérents avec le pôle du grand cercle moyen calculé passant par les pôles de stratification (fig.12). La direction de transport tectonique indiquée par les stries visibles sur les surfaces de bancs et sur les surfaces des failles plates, est perpendiculaire à ces axes. Notons que l'orientation des axes de plis (N 165°) est relativement oblique par rapport aux structures régionales orientées N 130°.

Les déformations enregistrées par les couches du "V2a" et du "V2b" sont donc importantes et les rejets le long des différentes surfaces tectoniques, bien que non mesurables, sont obligatoirement d'ordre pluri-décamétrique. Ces chevauchements peuvent être facilement suivis jusqu'au contact avec la brèche (fig.10 A) où ils s'arrêtent brutalement sans le décaler ni affecter la brèche. Le dépôt de la brèche cache les chevauchements.

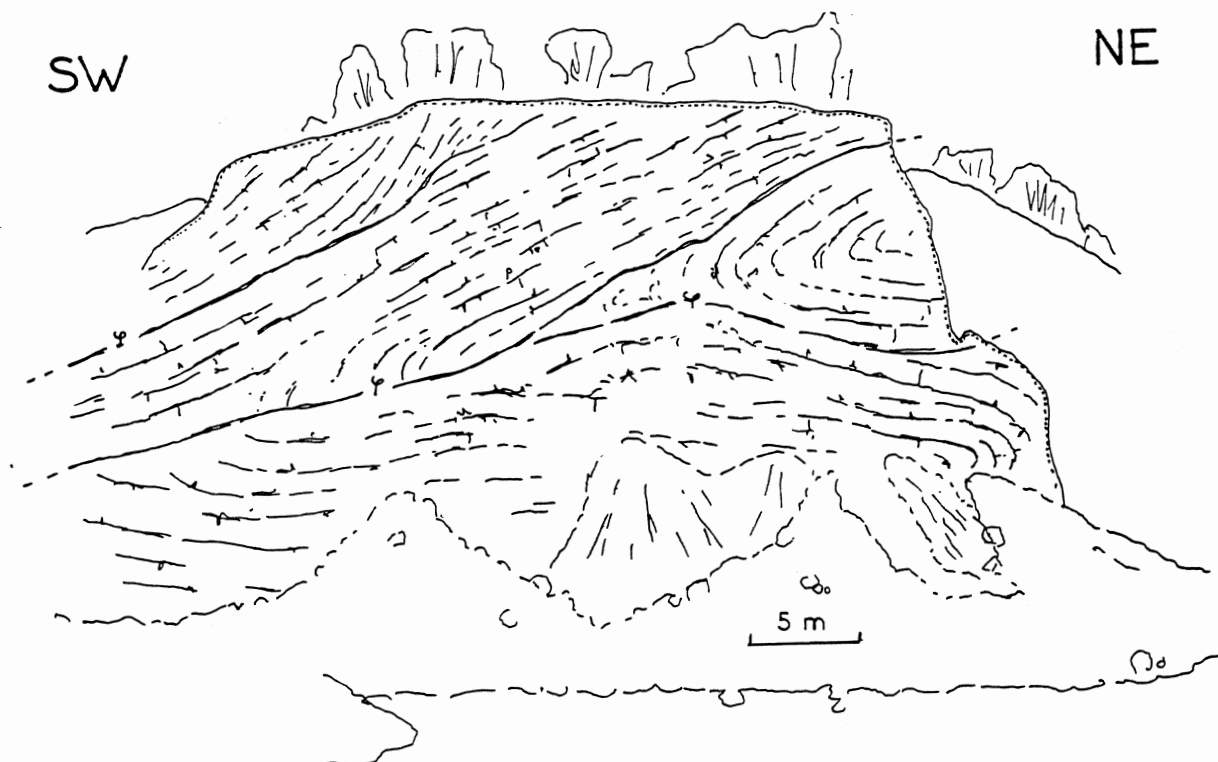


Fig. 11 : Panorama (localisé à la fig. 2B) donnant un aspect des déformations observées dans les affleurements de V2b.

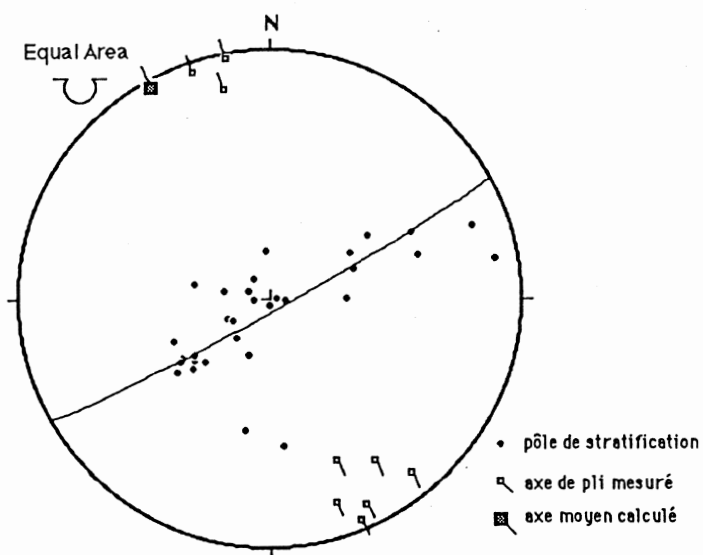


Fig.12: Stéréogramme (hémisphère inf.) des affleurements de V2a-V2b.

3°- Données sédimentologiques et diagénétiques des brèches de la carrière Dullière.

3.1. Données sédimentologiques.

L'étude sédimentologique des blocs et des ciments des brèches affleurant dans la carrière Dullière et alentours permet de préciser les environnements de dépôt des sédiments originels (pétrographie des carbonates) ainsi que l'évolution diagénétique que ces derniers ont subi (cathodoluminescence et isotopes stables $^{13}\text{C}/^{18}\text{O}$).

3.1.a. Description de la brèche.

La brèche qui affleure largement dans la carrière Dullière est le plus souvent du type "rubble packbreccia" et, plus occasionnellement, de type "rubble floatbreccia" (classification de MORROW, 1982). Les blocs centimétriques à décimétriques sont affectés de fissures et stylolithes parallèles à la stratification qui ne se poursuivent pas dans la matrice de la brèche.

Macroscopiquement, les blocs présentent deux types de faciès principaux: l'un est finement laminaire, gris clair à gris foncé, l'autre est micritique homogène, gris moyen. D'autres faciès s'observent en moindre proportion: calcaires noirs grenus et bioclastiques, calcaires et dolomies finement grenus, rosés. Des pseudomorphoses de minéraux évaporitiques peuvent être reconnues dans les blocs laminaires et micritiques (*cf* description *infra*, 3.1.d).

Les rares blocs fossilifères (calcaires noirs bioclastiques) contiennent des faunes d'âges compris entre le "V2a" et le "V3b" (PIRLET, 1972; nos datations confirment l'âge warnantien inférieur ("V3b") de certains blocs).

La matrice de la brèche est finement grenue, rouge rosé à rouge violacé (plus rarement grise ou limpide, sparitique). Elle est le plus souvent microsparitique et comprend diverses "impuretés", telles que des petits éléments micritiques millimétriques ou infra-millimétriques, des inclusions de sulfate, de la silice de pseudomorphose, des résidus argileux. Sa couleur rouge est due à la présence d'hématite finement disséminée.

3.1.b. Péetrographie des carbonates.

L'étude de près de 200 lames minces taillées dans les blocs et ciments de la brèche de la carrière Dullière a permis de définir 11 microfaciès carbonatés, appartenant à 4 ceintures de faciès principales (blocs de la brèche, *cf* tableau 1). En outre, de nombreuses pseudomorphoses carbonatées et siliceuses de minéraux évaporitiques de diagenèse précoce ont été reconnues à cette échelle d'observation également dans les blocs de la brèche (*cf* description *infra*, 3.1.d).

Tableau 1: synoptique des microfaciès définis dans les blocs de la brèche de la carrière Dullière.

1^{ère} ceinture de faciès: <i>plate-forme à circulation ouverte</i> (27% du matériel).	
1- wackestone ou packstone bioturbé à organismes et bioclastes diversifiés et abondants.	(= SMF-9) ¹
2- mudstone ou wackestone à bioclastes diversifiés.	
3- wackestone à bioclastes diversifiés encroûtés.	(= SMF-10)
2^{ème} ceinture de faciès: <i>haut-fond ("shoal"), haute énergie</i> (3% du matériel).	
4- Coquina de brachiopodes.	
5- Encrinite.	(= SMF-12)
3^{ème} ceinture de faciès: <i>haut-fond marin restreint</i> (3% du matériel).	
6- grainstone laminaire à péloïdes et stercomes de spongiostromides.	(= SMF-16)
4^{ème} ceinture de faciès: <i>lagune, environnements confinés</i> (67% du matériel).	
7- wackestone à bioclastes peu diversifiés encroûtés.	(= SMF-19)
8- spongiostromides et dérivés:	(= SMF-21)
8a- packstone à "minipéloïdes" et <i>fenestrae</i> ;	
8b- oolithes de faible et moyenne énergie;	
8c- packstone à minipéloïdes et serpules.	
9- packstone à "minipéloïdes", oncoïdes et rares ooïdes.	(= SMF-22)
10- mudstone laminaire.	
11- mudstone à fins bioclastes.	(= SMF-23)

Il sort du cadre de la présente note de décrire en détail ces différents microfaciès; les plus importants d'entre eux ont déjà été décrits par DE PUTTER et HERBOSCH (1990). Rappelons cependant qu'on peut noter la présence occasionnelle de masses millimétriques, lenticulaires et stratiformes ou plus irrégulières, de cristaux hypidiotopiques ou idiotopiques de dolomite trouble, de quelques dizaines de microns au maximum dans les sédiments fins, micritiques. La dolomite est parfois remplacée par la dédolomite, ou pseudomorphose carbonatée de dolomite.

Dans le paragraphe suivant, nous nous attacherons surtout à définir le type d'environnement attesté par ces microfaciès.

3.1.c. Environnements de dépôt des carbonates.

Quelques 67% des lames étudiées désignent un environnement de lagune marine très peu profonde, confinée et au moins sporadiquement hypersaline. Les microfaciès 7 à 11 (voir tableau 1) sont représentatifs de ce type d'environnement.

Les spongiostromides (organismes de phylogénie hypothétique, définis par GÜRICH, 1906) y sont particulièrement bien représentés et occupent tous les environnements compris entre la zone subtidale supérieure et la zone supratidale, à l'instar des stromatolithes de l'Actuel (PURSER, 1980, pp.126sq). Leur

¹ Les notations "SMF-x" renvoient aux microfaciès standards définis par Wilson (1975).

morphologie laminaire, supposée originelle, est caractéristique de la zone subtidale supérieure tandis que les packstones à "minipéloïdes" résultent vraisemblablement de la décomposition des tapis "algaires" en milieu intertidal ou supratidal inférieur. La précipitation d'ooïdes à ornementation fibroradiaire et concentrique sur *nuclei* de minipéloïdes témoigne de l'existence d'épisodes alternativement calmes et d'énergie modérée (STRASSER, 1986). DE PUTTER et HERBOSCH (1990) ont déjà proposé de voir dans les mudstones laminaires et homogènes (microfaciès 10 et 11, ci-dessus) le résultat d'étapes ultérieures de décomposition des tapis à spongiostromides, en milieu supratidal (p.249).

Les faciès de haut-fond - restreint ou plus énergétique- sont mentionnés ici pour mémoire, étant peu abondants dans le matériel étudié.

Enfin, les microfaciès de la première ceinture de faciès (plate-forme à circulation ouverte) sont relativement abondants (27% du matériel) et témoignent de l'augmentation de l'espace disponible pour la sédimentation ("accommodation" de VAIL *et al.*, 1987). Ceci se marque par le développement de faciès franchement subtidaux, riches en organismes et bioclastes divers. Dans plusieurs autres coupes stratigraphiquement équivalentes, ces faciès sont bien connus à la base de séquences décimétriques de type "shallowing-upward" (DE PUTTER et PREAT, 1989), qui attestent du caractère rythmique de la sédimentation. Le caractère bréchique du matériel étudié ici se prête cependant mal à l'observation de telles séquences préservées.

3 1.d. Pseudomorphoses évaporitiques.

Le caractère temporairement hypersalin du milieu est attesté par la présence de nombreuses pseudomorphoses évaporitiques, carbonatées et siliceuses, de gypse et d'anhydrite. Le tableau 2 reprend de manière synthétique ces différentes pseudomorphoses.


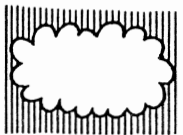
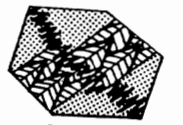



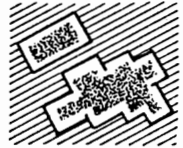
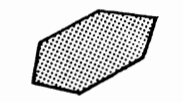

Ces pseudomorphoses ayant presque toutes fait l'objet d'une description systématique dans ROUCHY *et al.* (1984), DE PUTTER et HERBOSCH (1990) ou DE PUTTER *et al.* (en préparation), nous ne la répèterons pas ici. Un type de fissures présent dans le matériel étudié n'est cependant pas décrit dans les articles précités: il s'agit des fissures à cimentation en "fer de lance", qui sont brièvement décrites ci-dessous.

Les fissures à cimentation sparitique en "fer de lance" sont des fissures larges de plusieurs centaines de microns au minimum et de plusieurs millimètres au maximum. Leurs bords sont fréquemment anguleux et parfois caractérisés par la présence d'angles rentrants. Elles sont toujours limitées à l'enveloppe des blocs de la brèche (c'est-à-dire qu'elles ne se poursuivent pas dans la matrice) et recoupées par les stylolithes lorsque ceux-ci sont présents. Ces fissures sont cimentées par des cristaux de quelques centaines de microns de sparite limpide maclée en "fer de lance" (d'où le nom de la fissure), sans orientation préférentielle nette.

Bien que n'ayant connaissance d'aucun parallèle décrit dans la littérature, nous proposons de voir dans ces fissures un type de pseudomorphose évaporitique; cependant, à ce stade de l'étude, nous ne pouvons proposer une identification du minéral pseudomorphosé.

Le développement des pseudomorphoses mentionnées ci-dessus induit dans l'encaissant carbonaté des déformations plastiques. D'autre part, ces diverses pseudomorphoses paraissent géométriquement tronquées par les stylolithes lorsque ces derniers les traversent.

Tableau 2: synoptique des principales pseudomorphoses carbonatées et siliceuses de minéraux évaporitiques (gypse et anhydrite) observées dans les blocs de la brèche de la carrière Dullière.

Dénomination	Croquis	Taille	Nature minéralog.	Pseudom. de	biblio de réf. ¹
Entérolithes		n. dm	calcite (sparite)	entérolithes anhydritiques	-
Nodules		n. mm -> n cm	calcite (microspar, spar trouble, "patchwork")	nodule anhydritique	R.L.G. ² (1984) D.P.H. ³ (1990), p. 253 & pl. 5, a & b
Fissure en "fer de lance"		n. 100µ large	calcite (sparite "maclée")	gypse ?	-
Fissures "gaînées"		n. 100µ large	calcite (micrite & microspar limpide)	anhydrite	R.L.G. (1984) D.P.H. (1990), p. 252 & pl. 3, c & d
Lentilles biconvexes		n. 100µ L n. 10µ l	calcite (microspar trouble)	gypse	R.L.G. (1984) D.P.H. (1990), p. 251 & pl. 2, d
Cristaux triangulaires		n. mm ht	calcite (sparite)	gypse ?	D.P.H. (1990), p. 251
Pseudom. à sections rectang. et carrées (et agrégats).		n. 10µ L -> n. mm L	calcite (sparite, trouble (int.) & limpide (ext))	anhydrite	R.L.G. (1984) D.P.H. (1990), p. 252 & pl. 3 a & b
Mégaquartz automorphe		n. mm	silice (quartz)	carbonates et/ou sulfates	A ⁴ (1980, 1989) R.L.G. (1984) D.P.H. (1990), p. 253 & pl. 5, d
Mégaquartz pétaloïde		n. mm	silice (quartzine, lutécite ?)	sulfates	A (1980, 1989) D.P.H. (1990), pl. 5, c

¹ "V3a" du Bassin franco-belge seulement.

² Rouchy *et al.* (1984).

³ De Putter et Herbosch (1990).

⁴ Arbey (1980) & Arbey (1989)

3.1.e. Environnement de précipitation des sulfates.

L'environnement de dépôt des sulfates décrits ci-dessus peut être déduit du type de pseudomorphoses observé (observation macro- et microscopique), de leur abondance, de la présence et du type de dolomite présent (*cf supra*, 3.1.b.) ainsi que, plus fondamentalement encore, des faciès carbonatés et de leur relations géométriques avec les pseudomorphoses. Ces données nous conduisent à la conclusion que les évaporites de la région ont précipité dans un sédiment calcaire pré-existant et sont donc diagénétiques; leur développement se produit toutefois avant la compaction, matérialisée par les stylolithes qui tronquent les pseudomorphoses en les recoupant. La pétrographie des carbonates associés indique un environnement-hôte intertidal ou de platier supratidal. On pourrait donc, à l'échelle du phénomène près, rapprocher le type d'évaporites présent dans notre matériel des évaporites supratidales actuelles¹.

3.2. Diagenèse.

Le tableau 3 reprend les observations faites en cathodoluminescence sur les ciments de la brèche et les calcaires associés.

Les éléments suivants peuvent en être dégagés: la séquence de cimentation débute par la précipitation d'une phase de calcite non luminescente ("éteinte"). L'origine météorique de cette première phase de cimentation est établie par sa signature isotopique ($^{13}\text{C}/^{18}\text{O}$, ensemble noté "A", *cf fig.13*). Celle-ci présente les deux caractéristiques principales des signatures de ce type de ciments, à savoir une gamme étroite de valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ associée à une plus large gamme de valeurs assez légères de $\delta^{13}\text{C}$ (SALLER et MOORE, 1991). En outre, la suite de la séquence de cimentation (calcite luminescente puis terne) indique un degré de réduction des fluides croissant, qui va souvent de pair avec l'enfouissement progressif des sédiments (GROVER et READ, 1983).

Tableau 3: séquences de cimentation déduites des observations CL faites sur les ciments des brèches et calcaires non bréchiques de la carrière Dullière.

<p><u>1°- Brèche ("Grande Brèche" de la littérature):</u></p> <p><u>Matrice et grandes cavités (fissures, grandes pseudomorphoses):</u> ---> très fin liséré de calcite luminescente (rare) ---> cristaux (hyp-)idiotopiques de quelques dizaines de microns de calcite non luminescente ("éteinte") ---> très fin liséré de calcite luminescente (rare) ---> cristaux (hyp-)idiotopiques de quelques dizaines à quelques centaines de microns de calcite à fréquentes oscillations luminescent-terne ---> plages de calcite xénotopique terne ---> cristaux de dolomite (hyp-)idiotopiques à luminescence rouge (rares).</p> <p><u>Blocs et petites cavités (fenestreae, petites pseudomorphoses, fissures restreintes aux blocs):</u> ---> calcite non luminescente homogène (faciès cristallin non observable).</p>
--

¹ Cf les modèles de "sabkha" de la littérature. Un modèle plus global de la paléogéographie du domaine évaporitique franco-belge sera présenté dans une note consacrée aux évaporites du sondage de Saint-Ghislain (DE PUTTER *et al.*, en préparation).

2°- Fissures dans les calcaires non bréchiques "V3b":

- > très fin liséré de calcite luminescente (rare)
- > cristaux (hyp-)idiotopiques de quelques dizaines de microns de calcite non luminescente ("éteinte")
(avec oscillations sporadiques non luminescent-terne en périphérie)
- > plages de calcite xénotopique terne très importantes.

3°- Fissures dans les calcaires non-bréchiques "V2a":

- > cristaux (hyp-)idiotopiques de quelques dizaines à quelques centaines de microns de calcite non luminescente ("éteinte")
- > liséré luminescent (parfois assez large)
- > plages de calcite xénotopique terne (peu abondante)

N/B: quelques micro-éléments de sulfates préservés peuvent être aisément reconnus en CL grâce à leur luminescence bleue homogène.

D'autre part, le fait que toutes les séquences de cimentation observées débutent par la même phase de calcite éteinte indique que cette dernière est au moins postérieure au Warnantien inférieur ("V3b"), âge des blocs les plus récents de la brèche.

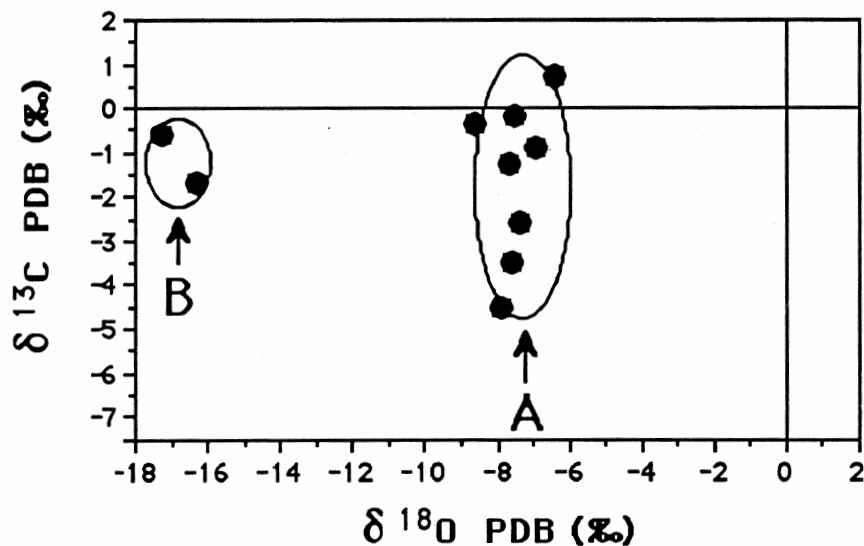


Fig. 13: Représentation graphique des teneurs en isotopes du carbone et de l'oxygène des ciments étudiés. L'ensemble noté "A" regroupe les valeurs obtenues pour les ciments "éteints" tandis que l'ensemble noté "B" comprend 2 valeurs obtenues sur des ciments à luminescence terne ("dull"), qui se caractérisent par des valeurs de $\delta^{18}\text{O}$ très légères, compatibles avec un développement profond.

3°- Conclusions.

Les données présentées ci-dessus sont destinées à permettre une meilleure compréhension des mécanismes et de la chronologie des déformations souvent complexes enregistrées par le Viséen moyen et supérieur du Massif de la Tombe. Sans vouloir préjuger du résultat des études en cours, disons qu'un certain nombre d'éléments nous paraissent dès à présent significatifs:

a- La lithologie des niveaux soumis à la déformation (calcaire massif ou en petits bancs, avec ou sans évaporites) ainsi que leur degré de lithification quand surviennent les premières déformations (*cf.* le style très particulier du plissement, probablement très précoce, du "V3b").

b- Les relations géométriques de la brèche rouge qui affleure très généralement dans la carrière:

-avec son *substratum* de "V3b" en position renversée d'une part et

-avec un ensemble de "V2a"/"V2b" tectonisé dont elle cache les chevauchements d'autre part.

c- Enfin, la signature météorique de la première phase de cimentation calcitique de la brèche.

Des études en cours s'attachent à préciser ces divers aspects et à tenter de les intégrer dans un schéma explicatif plus global.

Remerciements.

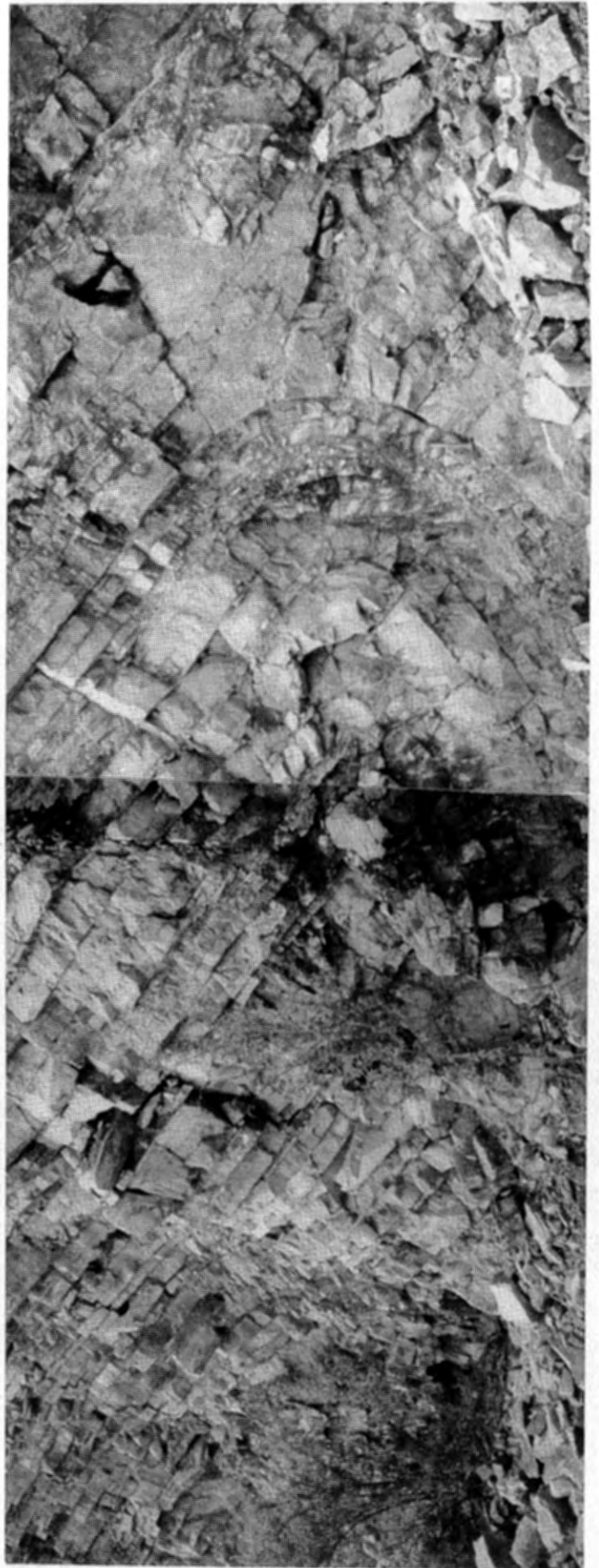
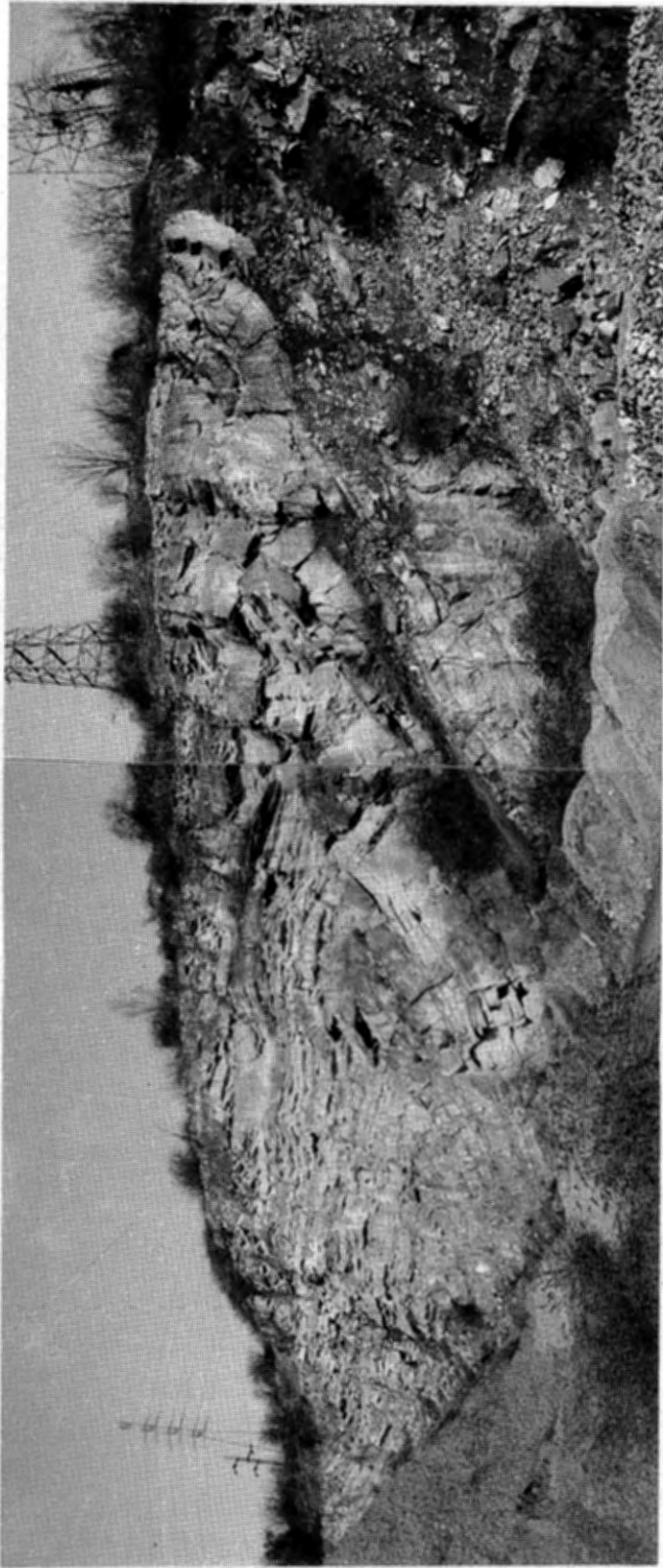
Nous remercions la Direction de la carrière Dullière et particulièrement Mr DE LANOIT (Chef d'exploitation) pour son aimable autorisation de travail, ainsi que le Dr R. ALLMENDINGER de "Cornell University" (N.Y.-U.S.A.) pour ses logiciels "Stereonet 4.15" et "Fault Kinematics 3.0", utilisés lors du dépouillement des données.

Nous avons pu bénéficier, sur le terrain, des suggestions et conseils de MM. G. CREUZOT, A. HERBOSCH, J.L. MANSY et J.-M. ROUCHY.

Références bibliographiques.

- ANGELIER, J. ET MECHLER, P., 1977. Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en sismologie: la méthode des dièdres droits. Bull. Soc. géol. Fr., 19:1309-1318.
- ARBEY, F., 1989. Développement de voiles "algebactériens" dans des microkarsts silicifiés de la Hamada du Guir (Sahara algérien nord occidental). 2ème Congrès français de Sédimentologie, Livre des résumés: 9-10.
- ARBEY, F., 1980. Les formes de la silice et l'identification des évaporites dans les formations silicifiées. Bull. centres Rech. Explor.-Prod. Elf Aquitaine, 4 (1): 309-365.
- BEUGNIES, A., 1976. Le lambeau de poussée hercynien de la Tombe. Ann. Soc. géol. Nord, XCVI: 27-74.
- BOURGUIGNON, P., 1951. Etude géologique et sédimentologique des brèches calcaires viséennes de Belgique. Ann. Soc. géol. Belg., 74: M105-M200.
- BRIARD, A., 1894. Géologie des environs de Fontaine-l'Evêque et de Landelies. Ann. Soc. géol. Belg., 21: 35-104.
- CAYEUX, L., 1935. Les roches sédimentaires de France. Les roches carbonatées. Masson, Paris, 447 pp, XXVI pl.
- DE MAGNEE, I., DELMER, A., CORDONNIER, M., 1986. La dissolution des évaporites du Dinantien et ses conséquences. Bull. Soc. belge Géol., 95 (2-3): 213-220.
- DE PUTTER, TH., PREAT, A., 1989. Sédimento-diagenèse de séquences émerives de type "shallowing-upward" dans la "Grande Brèche" calcaire du Viséen supérieur de Belgique. C.R. Acad. Sci. Paris, t. 309, série II: 1827-1831.
- DE PUTTER, TH., HERBOSCH, A., 1990. Le V3a du sondage de Corenne (Synclinorium de Dinant, Belgique): 110 mètres de brèche grise. Ann. Soc. géol. Belg., 113 (2): 247-265.
- DE PUTTER, TH., MERCIER, E., 1992. La brèche rouge de Landelies (Massif de la Tombe): Grande Brèche (Livien supérieur) ou brèche post-viséenne ? Mém. Inst. géol. Univ. Louvain, vol. mém. R. Conil.
- DE PUTTER, TH., ROUCHY, J.-M., GROESSENS, E., HERBOSCH, A., KEPPENS, E., PIERRE, C., en préparation. Sedimentology and paleo-environment of the Upper Visean anhydrite series of the Franco-belgian Basin.
- FRANSOLET A.M., et PIRLET, H., 1972. Compte rendu de la session extraordinaire des 24, 25, 26 et 27 Septembre 1971. Ann. Soc. géol. Belgique, 95: 135-163.
- GROVER, G., READ, J.F., 1983. Paleoaquifer and deep burial related cements defined by regional cathodoluminescent patterns, Middle Ordovician Carbonates, Virginia. Bull. Amer. Ass. Petr. Geol., 67: 1275-1303.
- GÜRICH, G., 1906. Les spongiostromides du Viséen de la Province de Namur. Mém. Mus. Hist. Natur. Belg., 55 pp.
- KAISIN, F., 1925. Les brèches Dinantiennes de Belgique. C.R. XIII C.G.I. (1922): 1271-1301.
- KAISIN, F., 1936. Analogies tectoniques entre trois coupes de l'étage Viséen à Landelies, à Denée-Maredsous et à la station de Dinant. Bull. Soc. belge Géol., 45: 184-190.

- MAMET, B., CLAEYS, PH., HERBOSCH, A., PREAT, A., WOLFOWICZ, PH., 1986. La "Grande brèche" viséenne (V3a) des Bassins de Namur et Dinant (Belgique) est probablement une brèche d'effondrement. *Bull. Soc. belge Géol.*, 95: 151-166.
- MARRETT, R. ET ALLMENDINGER, R.W., 1990. Kinematic analysis of fault-slip data. *Journal of structural Geology*, 12: 973-986.
- MORROW, D.W., 1982. Descriptive field classification of sedimentary and diagenetic breccia fabrics in carbonate rocks. *Bull. Can. Petr. Geol.*, 30: 227-229.
- PHILIP, H., 1983. Thèse ès Sciences, U.S.T.L, Montpellier (inédate).
- PIRLET, H., 1972. La "Grande Brèche" viséenne est un olisthostrome: son rôle dans la constitution du géosynclinal varisque en Belgique. *Ann. Soc. géol. Belg.*, 95: 53-134.
- PIRLET, H., 1973. Réponse à la note de Monsieur B. Mamet: "Remarques sur la microfaune des brèches viséennes de la Belgique et du Nord de la France". *Ann. Soc. géol. Belg.*, 96: 475-481.
- PURSER, B.H., 1980. Sédimentation et diagenèse des carbonates néritiques récents (tome 1). Technip, 366 pp.
- RAMSAY J.G. ET HUBER M.I., 1987, The techniques of modern structural geology, vol. 2, Academic Press, London, 700 pp.
- ROUCHY, J.-M., GROESSENS, E., LAUMONDAIS, A., 1984. Sédimentologie de la formation anhydritique viséenne du sondage de Saint-Ghislain (Hainaut, Belgique): implications paléogéographiques et structurales. *Bull. Soc. belge Géol.*, 93 (1 & 2): 105-145.
- SALLER, A.H., MOORE, C.H., 1991. Geochemistry of meteoric calcite cements in some Pleistocene limestones. *Sedim*, 38 (4): 601-621.
- STRASSER, A., 1986. Ooids in Purbeck limestones (lowermost Cretaceous) of the Swiss and French Jura. *Sedimentology*, 33: 711-727.
- VAIL, P.R., COLIN, J.-P., DU CHENE, R.J., KUCHLY, J., MEDIAVILLA, F., TRIFILIEFF, V., 1987. La stratigraphie séquentielle et son application aux corrélations chronostratigraphiques dans le Jurassique du Bassin de Paris. *Bull. Soc. géol. France*, 8, t. III, n° 7: 1301-1321.
- WILSON, J.L., 1975. Carbonate facies in geologic history. Springer, 469 pp.





a



b