

Bulletin de la Société belge de Géologie	T. 96	fasc. 2	pp. 107-119	Bruxelles 1987
Bulletin van de Belgische Vereniging voor Geologie	V. 96	deel 2	blz. 107-119	Brussel 1987

CONTRIBUTION A L'ETUDE DES DOLOMIES MESODEVONIENNES ET FRASNIENNES DANS LES SYNCLINORIA DE VERVIERS ET DE NAMUR : REPARTITION, PETROGRAPHIE ET GEOCHIMIE

par L. DEJONGHE (1)

Résumé - Ce travail consiste en une étude préliminaire des dolomies dévoniennes existant dans les synclinoria de Verviers et de Namur. On précise leur répartition géographique et stratigraphique ainsi que leurs principaux caractères pétrographiques et géochimiques. Leur intérêt métallogénique est également abordé. On conclut en insistant sur leur liaison à des environnements de faible profondeur, en particulier de type évaporitique.

Abstract - This work is a preliminary study of the Devonian dolostones existing in the Verviers and Namur synclinoria. Their geographic and stratigraphic distribution as well as their main petrographical and geochemical features are precized. Their metallogenic interest is also examined. Their connection with shallow and particularly evaporitic environments is underlined.

Mots clés - synclinorium de Verviers, synclinorium de Namur, Mésodévonien, Frasnien, dolomies, évaporites, pétrographie, lithogéochimie, diagenèse, épigénèse, paléogéographie, minéralisation.

Key-words - Verviers synclinorium, Namur synclinorium, Mesodevonian, Frasnian, dolostones, petrography, lithogeochemistry, diagenesis, epigenesis, paleogeography, mineralisation.

A. INTRODUCTION

En Belgique, les dolomies ont été très peu étudiées. Seuls Menning & Vatan (1959) ont précisé la nature et la répartition des dolomies du Dinantien. Dans le Dévonien, ce genre d'étude fait totalement défaut.

Le présent travail a pour but d'atténuer cette lacune. On y envisage l'analyse préliminaire des phénomènes de dolomitisation qui se manifestent dans les synclinoria de Verviers et de Namur p.p. au sein

des formations mésodévonniennes et frasniennes. Un des objectifs complémentaires est de préciser leur relation éventuelle avec les minéralisations à Pb, Zn, Fe, Ba et F connues dans ces deux unités tectoniques.

Cette recherche n'a pas la prétention d'être exhaustive. L'accent a été principalement mis sur l'étude des dolomies dans le synclinorium de Verviers. Quelques points de comparaisons ont été établis avec des coupes du synclinorium de Namur. Mais toute la superficie de

(1) Service géologique de Belgique, 13 rue Jenner, B-1040 Bruxelles et Université libre de Bruxelles, 50 avenue F.D. Roosevelt, B-1050 Bruxelles.

ce dernier n'a pas été prise en considération. En particulier, les dolomies de la formation de Bovesse située dans la partie orientale de son bord nord n'ont pas été étudiées.

Les subdivisions stratigraphiques utilisées sont celles proposées par Coen-Aubert & Lacroix (1979). Néanmoins, conformément aux décisions de Coen-Aubert *et al.* (1985), les termes "formation de base" ont été remplacés par "formation de Nismes" ou "formation de Presles" selon que la lithologie correspondante était schisteuse ou carbonatée et à hématite oolithique.

B. DESCRIPTION DES DOLOMIES DEVONIENNES DES SYNCLINORIA DE VERVIERS ET NAMUR P.P.

En ne considérant que le Dévonien moyen et le Frasnien, les dolomies liées aux strates sont bien représentées à différents niveaux stratigraphiques :

- elles existent à certains niveaux des formations de Nèvremont et du Roux ;
- elles sont totalement absentes dans la formation de Nismes-Presles (sauf aux Surdants) et dans la formation de Lustin, si on ne tient pas compte ça et là de quelques rares bancs dolomitiques peu épais ;
- elles réapparaissent au sein de la formation d'Aisemont, principalement dans le deuxième biostrome à *Phillipsastraea*. Ce phénomène est très bien marqué dans le synclinorium de Namur et disparaît dans le synclinorium de Verviers ;
- elles sont très accessoires par rapport aux shales dans la formation de Matagne visible en affleurement. Par contre, elles dominent dans la formation de Matagne des sondages de Bolland et Soumagne.

Les rares dolomies des formations de Nismes-Presles et de Lustin ne seront pas prises en considération étant donné leur distribution trop réduite. En décrivant les dolomies des formations de Nèvremont, du Roux et de Matagne, j'insisterai plus sur la répartition géographique de leur faciès que sur leurs caractères microscopiques. Par contre, les dolomies de la formation d'Aisemont feront l'objet d'une plus grande attention étant donné leur position stratigraphique voisine de celle de la minéralisation de Chaudfontaine (Dejonghe, 1979, 1985). Cette fois, des considérations d'ordre pétrographique seront développées. Toutes ces dolomies dévoniennes seront passées en revue dans l'ordre stratigraphique des formations auxquelles elles appartiennent. Les variations de faciès au sein des niveaux dolomitiques étant très rapides, les descriptions seront données en des endroits précis (les noms de localités sont positionnés aux figures 4 et 5).

B.1. LES DOLOMIES DE LA FORMATION DE NÈVREMONT

D'W en E, elles se répartissent comme suit :

- à Tilff : les calcaires du sommet de la formation de Nèvremont ne sont que faiblement dolomitisés et à certains niveaux seulement.

- à Trooz : la dolomitisation s'exprime pleinement dans la moitié supérieure de la formation de Nèvremont. Des bancs de dolomies et de grès alternent avec des dolomies gréseuses, parfois localement quartzitiques et des grès à ciment dolomitique. Ces dolomies sont localement vacuolaires. En outre, les vacuoles sont souvent tapissées ou même complètement colmatées par de la calcite blanche spathique ou par de la dolomite ferrifère zonée. Des gastéropodes, des brachiopodes, des débris de crinoïdes, etc... sont occasionnellement conservés.

B.2. LES DOLOMIES DE LA FORMATION DU ROUX

D'W en E, leur répartition est la suivante :

- à Trooz : la base de la formation du Roux est formée de grès, localement à ciment dolomitique. La partie supérieure de cette formation est essentiellement dolomitique : il s'agit d'une dolomie finement grenue, par endroits vacuolaire, ou straticulée, ou bioturbée, ou à aspect bréchique, ou encore pommelée par de la dolomite spathique ferrifère.
- aux Surdants : la plus grande partie de la formation du Roux est constituée de dolomies, parfois vacuolaires, parfois irrégulièrement straticulées et localement ferrifères.
- à Membach : on observe des dolomies grises, localement rougeâtres, finement grenues, à nodules (aspect de choux-fleurs = pseudomorphoses d'anhydrite) de carbonates, blancs ou jaunâtres, pigmentés de limonite et entourés de liserés limonitiques. Ces dolomies franches, éventuellement à joints argileux d'allure stylolithique, alternent avec des dolomies calcaires et des calcaires plus ou moins dolomitiques. Localement, subsistent des débris de coquilles et des fantômes de polypiers. En lame mince, on constate que la dolomie est parfois siliceuse et que du quartz microgrenu est parfois aussi présent dans les stylolithes. Des pseudomorphoses de gypse ont aussi été observées.

Selon Lees (in Coen-Aubert, 1974, p. 13), ces dolomies dériveraient de sédiments calcaires transformés peu après leur dépôt par la remontée capillaire de solutions salines en milieu de sebkha (dolomitisation pénécemporaine).

B.3. LES DOLOMIES DE LA FORMATION D'AISEMONT

Les dolomies de la formation d'Aisemont seront caractérisées avec plus de détails que celles des autres formations étant donné leur relation éventuelle avec la minéralisation de Chaudfontaine. Rappelons que cette minéralisation est située au sommet du deuxième biostrome à *Phillipsastraea*. Or, c'est précisément au sein de ce deuxième biostrome que la dolomitisation est le mieux développée, mais pas à n'importe quel endroit : elle est intense à l'W du bassin de Namur, s'atténue vers l'E et déborde légèrement dans la partie occidentale du synclinorium de Verviers. En

effet, en se déplaçant d'W en E, on constate que :

- à Aisemont : le deuxième biostrome présente à l'affleurement l'aspect de dolomie cariée. Cependant, l'analyse ne révèle que de faibles teneurs en MgO (1 à 2.5 %) et Sr (60 ppm) associées, par contre, à des teneurs élevées en Mn (jusqu'à 6000 ppm). Sur le plan géochimique, on retrouve tous les caractères d'une dolomie dédolomitisée. En outre, cette roche contient des anomalies en Zn (jusqu'à 3670 ppm), en Pb (440 ppm) et Cu (75 ppm).
- à Dave, Coutisse et Huy : le deuxième biostrome est constitué de calcaires dolomitiques.
- à Engis, Colonster et Kinkempois : seul son sommet est franchement dolomitique, sa base étant franchement calcaire.
- dans les sondages de Bolland et Soumagne : ce niveau, très peu épais d'ailleurs, n'est que très légèrement dolomitique.
- dans toutes les localités du synclinorium de Verviers autres que Colonster et Kinkempois : le deuxième niveau biostromal est calcaire.

Je décrirai les aspects microscopiques des phénomènes de dolomitisation à deux endroits :

- dans les sondages de Soumagne et Bolland, parce que la situation y est sensiblement différente de celle des affleurements ;
- à Engis, parce que les dolomies y sont le mieux diversifiées.

Dans les sondages de Soumagne et Bolland

La partie supérieure du premier niveau biostromal est dolomitique. À Soumagne, quelques rares débris de constructeurs, partiellement dolomitisés sont disséminés dans la dolomie franche. Grise et finement grenue (200 μm au maximum), cette dolomie est parcourue par des straticules filandreuses de shale dolomitique gris sombre à noir ainsi que des vacuoles allongées parallèlement entre elles, tapissées ou complètement colmatées par de la dolomite spathitique blanche (ces vacuoles colmatées confèrent à la roche un aspect zébré). Dans certaines vacuoles, à la dolomite blanche, s'ajoute de l'anhydrite ou du quartz, voire de la chalcopyrite (très rare et à Soumagne uniquement). Par endroits, la dolomie est bréchique. Les corps bréchiques sont constitués soit de dolomie zébrée (corps parfois très anguleux), soit de dolomie gris foncé, finement grenue (corps arrondis conférant un aspect pommelé à la roche). Ces corps bréchiques sont cimentés par de la dolomite microcristalline riche en minéraux opaques. À certains endroits, abondent quartz authigènes et mouchetures pyriteuses.

Une phase principalement argileuse sépare les deux premiers biostromes à *Phillipsastraea*. Il s'agit d'un shale dolomitique gris foncé, verdâtre, plus ou moins gréseux, alternant

- à Soumagne, avec des calcaires noduleux formés par l'accumulation de résidus d'un platier algaire peu démantelé.
- à Bolland, avec des dolomies grises, très

finement grenues, légèrement gréseuses, parcourues par des straticules de shales noirs et parsemées de vacuoles colmatées par de la dolomite blanche (inférieure à 250 μm) qui lui confèrent localement un aspect zébré.

Les mouchetures de pyrite sont fréquentes tant dans les shales que dans les nodules calcaires, les fossiles ou les dolomies. En lame mince, on relève la présence de quartz et feldspaths authigènes (70 μm max.), en quantité inférieure à 5 %, qui remplacent parfois la dolomite rhomboédrique.

Le deuxième biostrome est très peu dolomitique. Plus épais à Bolland qu'à Soumagne, il est surtout constitué de calcaires associés à des shales verts. Dans les deux sondages, quartz et feldspaths authigènes se raréfient tandis que les mouchetures de pyrite subsistent.

A Engis

La dolomie n'apparaît macroscopiquement que dans la moitié supérieure du deuxième biostrome à *Phillipsastraea*. Il s'agit d'une dolomie grise, sans structure particulière sinon une porosité localement accusée. En fait, au niveau de la lame mince, la dolomitisation se manifeste dès le premier biostrome, mais de façon très discrète, sous forme de rhomboèdres disséminés en quantité généralement inférieure à 10 %. Dans le premier biostrome, la dolomite est très ferrifère. Elle est colorée (jaune à brun) et parfois avec une intensité telle que la roche, en lame mince, en est opacifiée. Dans le second biostrome, le caractère ferrifère est absent.

De la dolomitisation discrète à la dolomitisation intense, les caractères évoluent de façon progressive (fig. 1). Les rhomboblastes dolomitiques de néoformation qui apparaissent progressivement dans les calcaires sont plus abondants mais de plus petite taille (30 à 100 μm) dans la micrite que dans la sparite (60 à 150 μm) (fig. 1 A et B). Lorsque le phénomène de dolomitisation s'amplifie, d'une part, la dolomite perd progressivement son automorphisme et, d'autre part, elle participe à des mosaïques de cristaux jointifs. Dans les premiers bancs de dolomie macroscopiquement exprimée, subsistent des fantômes de fossiles. Mais très rapidement, le caractère effaçant de la dolomitisation est total. À ce stade, en lame mince, on n'observe plus qu'une mosaïque de cristaux xénomorphes, parfaitement engrenés, de 80 à 300 μm , relativement purs et peu ou pas zonés (fig. 1 C). La limpidité de la dolomite est souvent plus marquée sur les bords des cristaux. Par places, la partie centrale des cristaux est constituée de dolomite très impure, translucide à semi-opaque, témoin d'une génération antérieure. Cette partie centrale impure est souvent limitée par un contour rhomboédrique. Des cristaux opaques de quelques micromètres existent dans et à la jointure des grains de la dolomie mosaïque. Toutes les variétés de dolomies mentionnées jusqu'à présent sont liées aux transformations diagénétique du calcaire originel.

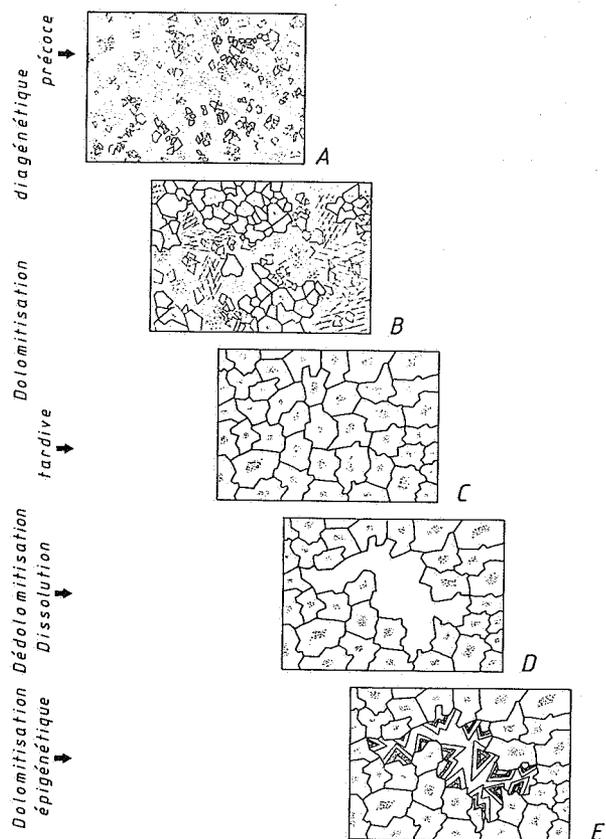


Figure 1. Evolution des phénomènes de dolomitisation dans la formation d'Aisemont à Engis. Lames minces schématisées. Les zones ponctuées correspondent à de la micrite, les zones en croisillons, à de la sparite.

On peut encore reconnaître une dolomie épigénétique qui se développe au détriment de la dolomie mosaïque. Elle se compose de cristaux de dolomite automorphe, fortement zonés (fig. 1 E). La coloration à l'alizarine Red S révèle la présence de microcristaux calcitiques au contact des deux types de dolomite, trahissant une phase de dédolomitisation de la dolomie mosaïque. Cette dédolomitisation dénote une rupture de l'équilibre chimique au sein de la dolomie mosaïque qui a provoqué une dissolution partielle de la roche (fig. 1 D). Le retour à l'équilibre chimique s'est traduit par un colmatage des cavités de dissolution. Notons que cette dolomie épigénétique reste liée à la stratification et que son caractère consanguin par rapport aux roches hôtes est difficilement contestable.

B.4. LES DOLOMIES DE LA FORMATION DE MATAGNE

Comme pour la formation d'Aisemont la situation est totalement différente à l'affleurement et en sondage.

A l'affleurement

La formation de Matagne est constituée de shales contenant éventuellement quelques bancs peu épais dolomitiques ou gréseux.

Le composant carbonaté prend une importance prédominante. Le troisième biostrome à *Phillipsastraea* repose directement sur le deuxième. Il est constitué de calcaires subnoduleux à noduleux, gris, associés à des shales plus ou moins dolomitiques, vert foncé. La dolomite est progressivement plus abondante vers le sommet. Des mouchetures de pyrite sont abondantes à tous les niveaux, dans les shales, les calcaires et les polypiers. Comme dans le premier biostrome, quartz et feldspaths authigènes sont fréquents et remplacent parfois des rhomboèdres dolomitiques. Des cristaux d'anhydrite sont irrégulièrement disséminés. Ils pseudomorphosent localement la calcite des ossicles de crinoïdes et des *Phillipsastraea*.

En ce qui concerne les couches surincombantes, la situation stratigraphique est compliquée par le fait que la limite entre le Frasnien et le Famennien diffère selon Coen-Aubert (1974) et Houbaille (1982). Si on tient compte de la biozonation par acritarches (Houbaille, 1982), on doit placer cette limite à un banc à oolithes de chamosite (Bolland) ou à encroûtements oncolithiques (Soumagne). Ce banc d'épaisseur décimétrique est isolé au sein d'une série dolomitique. Cette rectification stratigraphique conduit à réduire très fortement l'épaisseur de la formation de Matagne par rapport à celle qui attribuait Coen-Aubert (1974). Graulich (1984), d'abord favorable à l'interprétation de Coen-Aubert (1974), a finalement adopté celle de Houbaille (1982). Dans ce travail, j'envisagerai cependant l'ensemble des dolomie de la limite Frasnien - Famennien car elles correspondent à un événement paléogéographique unique. Ces dolomies sont grises, verdâtres, ou gris pommelé de vert, généralement finement grenues ou entrecoupées de calcaires dolomitiques gris clair. Par places, elles sont colorées en rose par des oxydes de fer. Une charge gréseuse dépassant rarement 10 % et des débris phosphatés sont présents à certains niveaux. Ces carbonates sont parcourus par des straticules de shales dolomitiques gris sombre ou verts dont l'abondance augmente localement. Des bioclastes (brachiopodes, crinoïdes, polypiers, ...) subsistent çà et là. De nombreuses vacuoles sont colmatées par de la dolomite (500 µm à 1 mm) tantôt blanche, tantôt brunâtre et zonée, associée à du quartz microcristallin (30 µm en moyenne ; 150 µm maximum). Par endroits, ce dernier envahit la dolomite et métasomatise partiellement des ossicles de crinoïdes et des débris de lamellibranches. Les mouchetures de pyrite sont abondantes. Des nodules de barite (Bolland) et des mouchetures de galène (Soumagne) ont également été identifiés. Enfin, à Soumagne, de l'anhydrite abonde en dissémination et en amas dans la dolomie, en colmatage de vacuoles, dans des fractures et en remplacement de la calcite des ossicles de crinoïdes.

C. GEOCHIMIE DES DOLOMIES DEVONIENNES

La lithogéochimie des formations méso-devoniennes et frasnien des synclinoria de Verviers et de Namur a été étudiée par

<i>Element</i>	<i>Moyen. arith.</i>	<i>Ecart -type</i>	<i>Coëff. varia.</i>	<i>Moyen. géom.</i>	<i>Dévia. géom.</i>	<i>Valeur mini.</i>	<i>Valeur maxi.</i>	<i>Limite détection</i>
<i>CaO</i>	30.24	4.25	14.04	29.21	0.07	17.40	39.51	0.01
<i>MgO</i>	16.71	3.72	22.25	16.28	0.10	10.11	23.70	0.01
<i>Al₂O₃</i>	3.16	2.85	90.44	2.26	0.36	0.42	16.40	0.01
<i>SiO₂</i>	11.87	10.31	86.88	8.54	0.36	1.73	49.50	0.01
<i>Na₂O</i>	0.05	0.09	191.93	0.02	0.52	< 0.01	0.68	0.01
<i>K₂O</i>	0.77	0.77	99.50	0.55	0.35	0.10	5.10	0.01
<i>P</i>	220	408	185	53	0.70	< 10	1789	10
<i>Y</i>	39	47	122	30	0.29	< 10	420	10
<i>Rb</i>	38	27	71	27	0.40	< 10	140	10
<i>Zr</i>	48	27	57	40	0.29	< 10	122	10
<i>As</i>	22	23	104	17	0.29	< 20	150	20
<i>Sr</i>	137	63	46	126	0.18	45	448	20
<i>V</i>	42	41	99	29	0.36	< 10	230	10
<i>Ti</i>	725	736	101	485	0.40	80	4915	60
<i>Cr</i>	36	27	74	29	0.32	< 10	190	10
<i>Ni</i>	48	14	29	45	0.14	19	88	10
<i>Co</i>	22	17	79	17	0.29	< 10	89	10
<i>Mn</i>	1799	2385	132	1038	0.43	175	10068	80
<i>Fe</i>	12641	18783	148	6099	0.50	620	81130	35
<i>Cl</i>	220	143	65	189	0.23	56	920	50
<i>S</i>	3001	10145	337	850	0.60	< 50	82650	50
<i>Ba</i>	69	55	80	52	0.33	< 45	2329	45
<i>Cu</i>	19	10	52	16	0.27	< 10	73	10
<i>Pb</i>	44	15	34	41	0.18	< 20	128	20
<i>Zn</i>	29	21	73	23	0.32	< 10	440	10

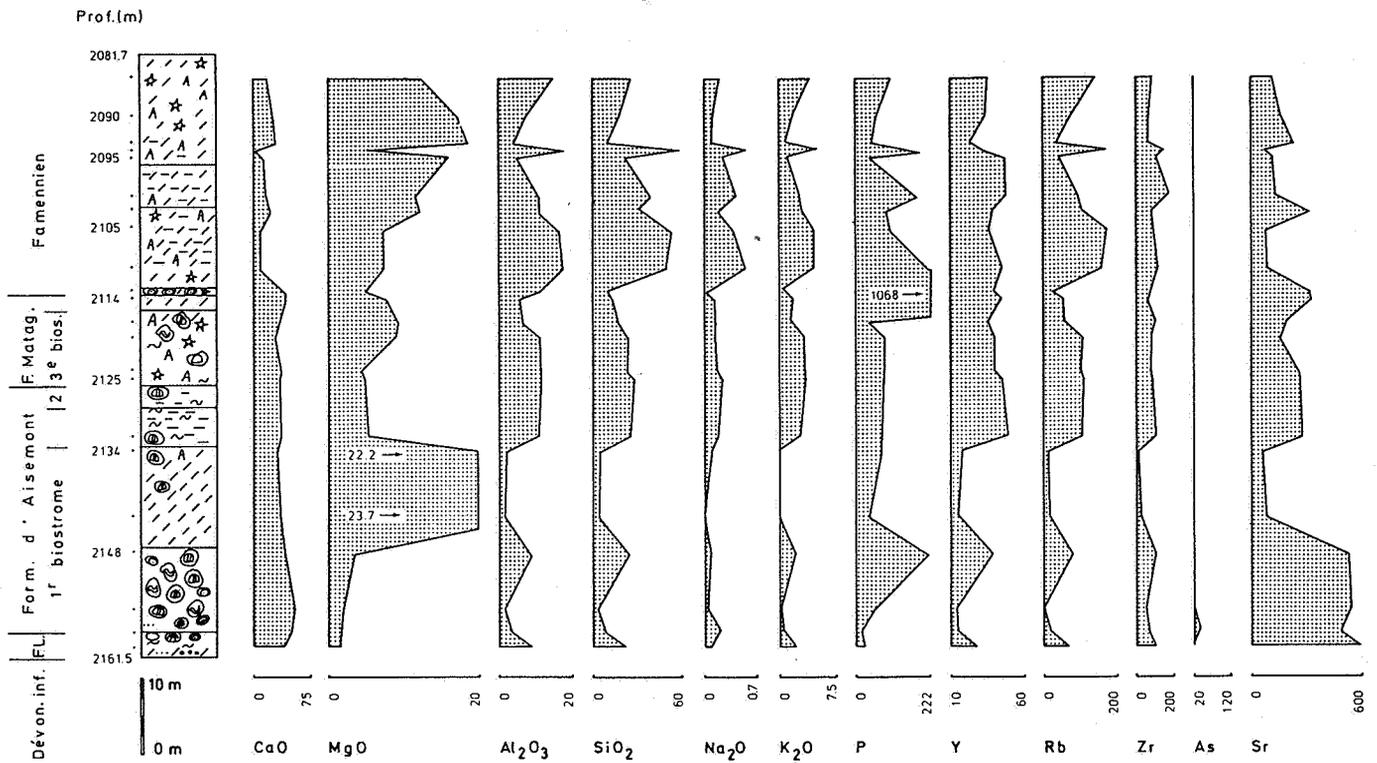
Tableau 1. Paramètres de distribution pour l'ensemble des dolomies (n = 73) des formations de Nèvreumont à Matagne. Oxydes exprimés en % ; éléments exprimés en ppm. Analyses effectuées par fluorescence X, au Service géologique de Suède, sous la responsabilité de J. Malmqvist et J.O. Burman.

CA	MG	AL	SI	HA	K	P	Y	RB	ZR	AS	SR	V	TI	CR	NI	CO	MI	FE	CL	S	BA	CU	PB
0.55	-0.50	-0.43	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0.23	*	*
	-0.69	-0.50	0.75	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	0.27	*	*	*
	-0.40	-0.20	0.49	0.32	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.20	-0.28	0.74	0.56	0.32	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.45	-0.22	0.71	0.51	0.42	0.26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.21	-0.61	0.30	0.22	0.20	0.14	0.26	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.20	-0.59	0.35	0.27	0.17	0.54	-0.08	0.68	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.56	-0.35	0.68	0.79	0.30	0.53	0.41	0.34	0.34	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.16	-0.34	0.02	-0.08	0.11	0.04	0.02	0.41	0.44	-0.08	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.17	-0.34	0.20	0.09	-0.01	0.34	-0.16	0.54	0.60	0.34	0.12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.54	-0.51	0.41	0.36	0.21	0.09	0.30	0.49	0.31	0.39	0.29	0.17	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.58	-0.47	0.93	0.84	0.46	0.69	0.65	0.30	0.34	0.76	0.01	0.21	0.44	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.52	-0.29	0.79	0.76	0.36	0.49	0.69	0.06	0.02	0.61	-0.14	-0.01	0.31	0.78	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.18	-0.59	0.30	0.20	0.19	0.35	-0.03	0.72	0.88	0.30	0.54	0.52	0.36	0.28	0.04	*	*	*	*	*	*	*	*
	-0.38	-0.44	0.44	0.27	0.42	0.10	0.67	0.54	0.20	0.20	0.38	-0.02	0.52	0.37	0.36	0.31	*	*	*	*	*	*	*
	-0.08	-0.02	-0.12	0.11	0.03	-0.19	0.16	-0.21	-0.39	-0.17	-0.40	-0.34	-0.14	-0.09	0.12	-0.43	0.17	*	*	*	*	*	*
	-0.42	-0.38	0.51	0.38	0.37	0.06	0.83	0.31	-0.09	0.19	0.12	-0.22	0.35	0.47	0.54	0.02	0.41	*	*	*	*	*	*
	0.35	0.34	-0.49	-0.45	-0.13	-0.32	-0.40	-0.09	-0.06	-0.41	-0.15	-0.20	-0.32	-0.51	-0.47	-0.06	-0.23	0.10	-0.24	*	*	*	*
	-0.32	-0.10	0.41	0.35	0.13	0.19	0.54	0.07	-0.03	0.29	0.18	-0.18	0.38	0.45	0.04	0.47	0.00	0.52	-0.23	*	*	*	*
	-0.47	-0.35	0.70	0.65	0.40	0.57	0.61	0.17	0.19	0.59	-0.06	-0.00	0.26	0.66	0.70	0.17	0.47	0.12	0.55	-0.32	0.44	*	*
	-0.14	-0.42	0.32	0.23	0.20	0.47	-0.04	0.32	0.60	0.21	0.34	0.09	0.25	0.11	0.67	0.17	-0.17	-0.02	-0.11	-0.00	0.19	*	*
	-0.21	-0.22	0.44	0.40	0.15	0.37	0.38	0.35	0.37	0.47	-0.11	0.17	0.29	0.44	0.44	0.32	0.30	-0.07	0.24	-0.06	0.15	0.44	0.10
	-0.24	-0.53	0.25	0.22	0.12	0.06	0.38	0.46	0.19	0.13	0.42	0.33	0.28	0.12	0.38	0.15	-0.06	0.05	-0.25	-0.09	-0.00	0.27	0.18

SEUIL DE SIGNIFICATION A 97.5 % : 0.23
SEUIL DE SIGNIFICATION A 99.0 % : 0.27
NOMBRE D'INDIVIDUS : 73

Tableau 2. Matrice des coefficients de corrélation pour l'ensemble des dolomies des formations de Nèvrement à Matagne.

SOUMAGNE - SONDAGE 135 W 349



BOLLAND - SONDAGE 122 W 260

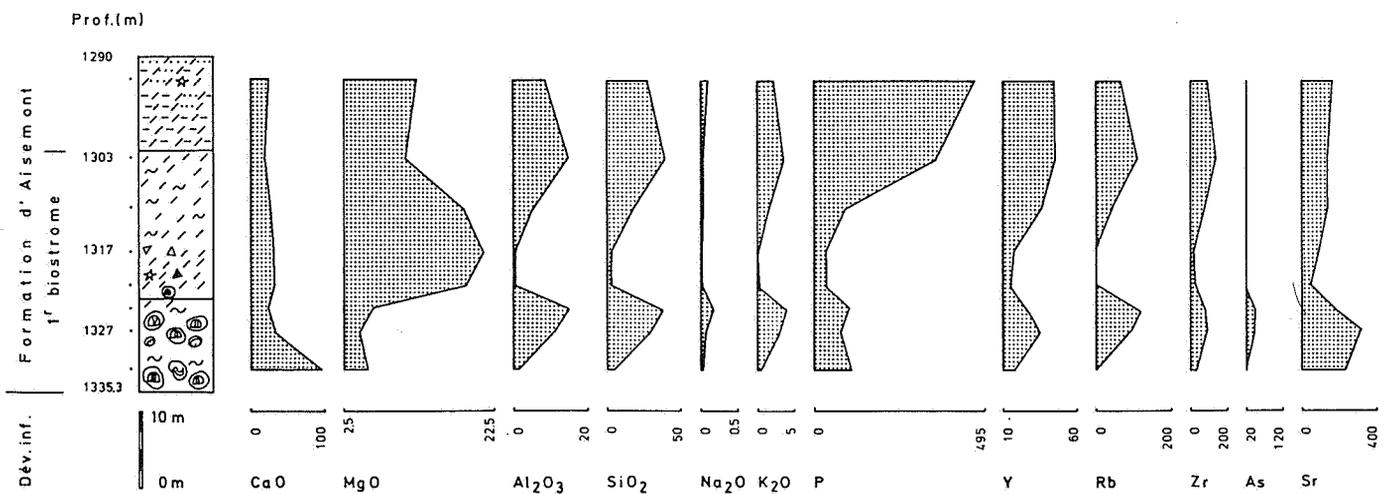
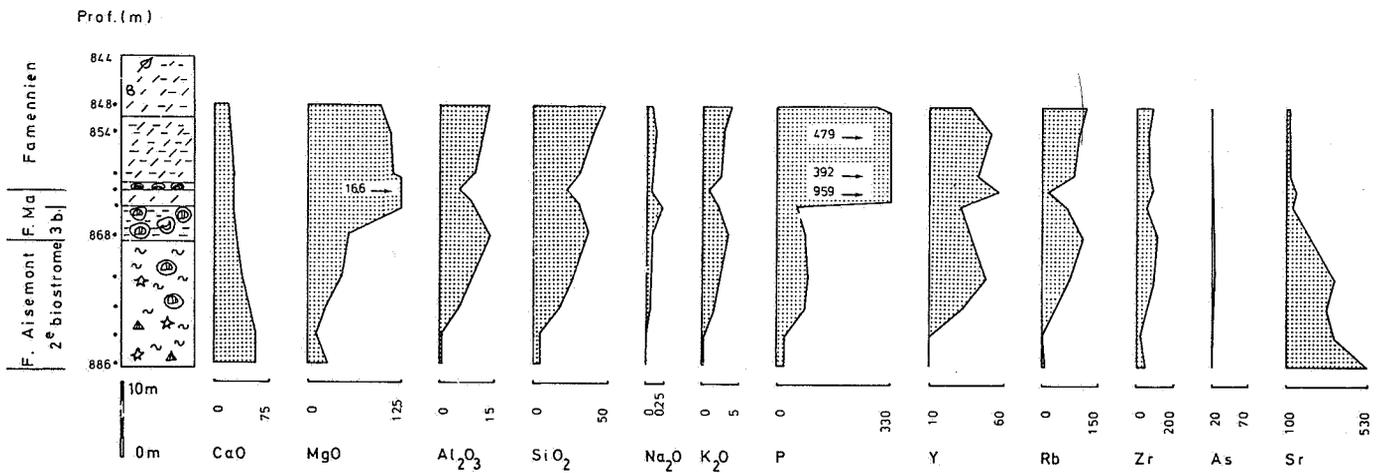
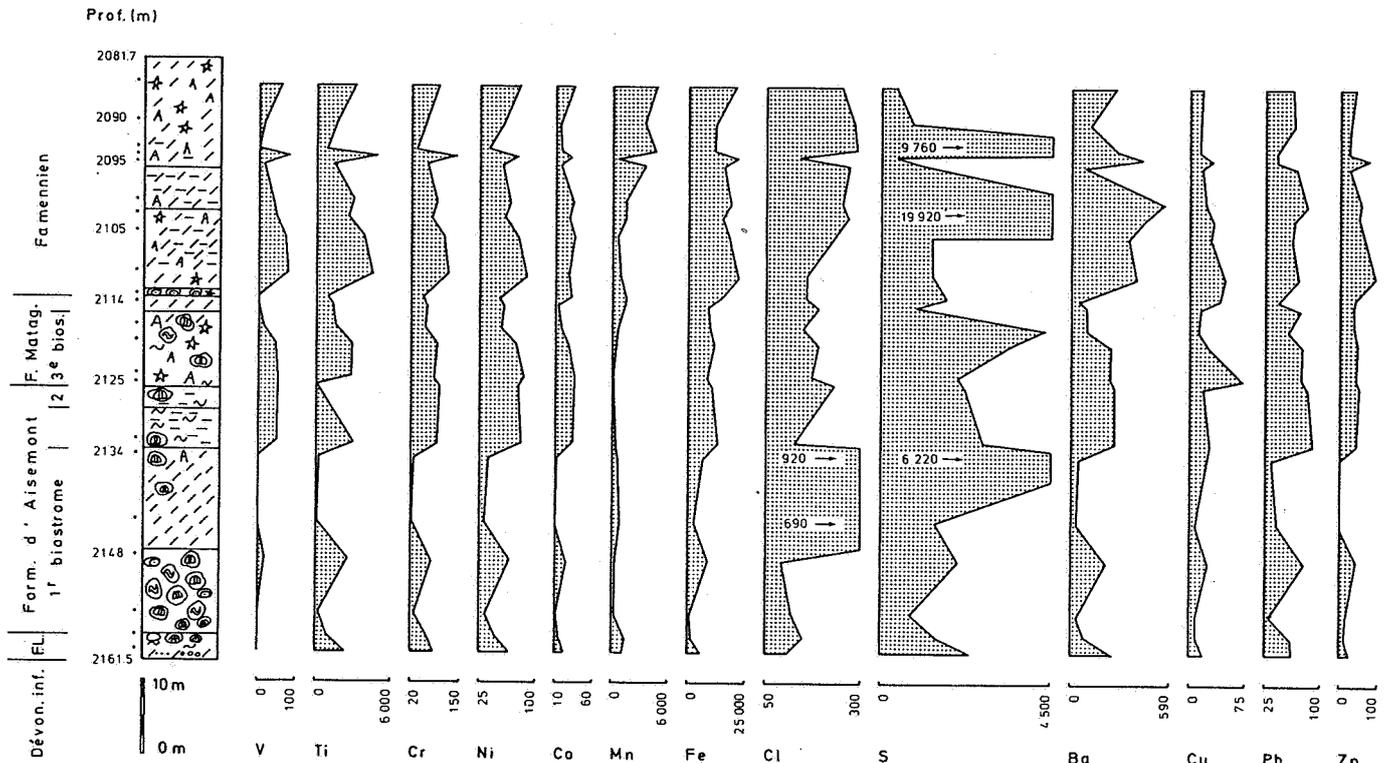


Figure 2A. Profils géochimiques. Oxydes exprimés en % ; éléments exprimés en ppm.

SOUMAGNE - SONDAGE 135 W 349



BOLLAND - SONDAGE 122 W 260

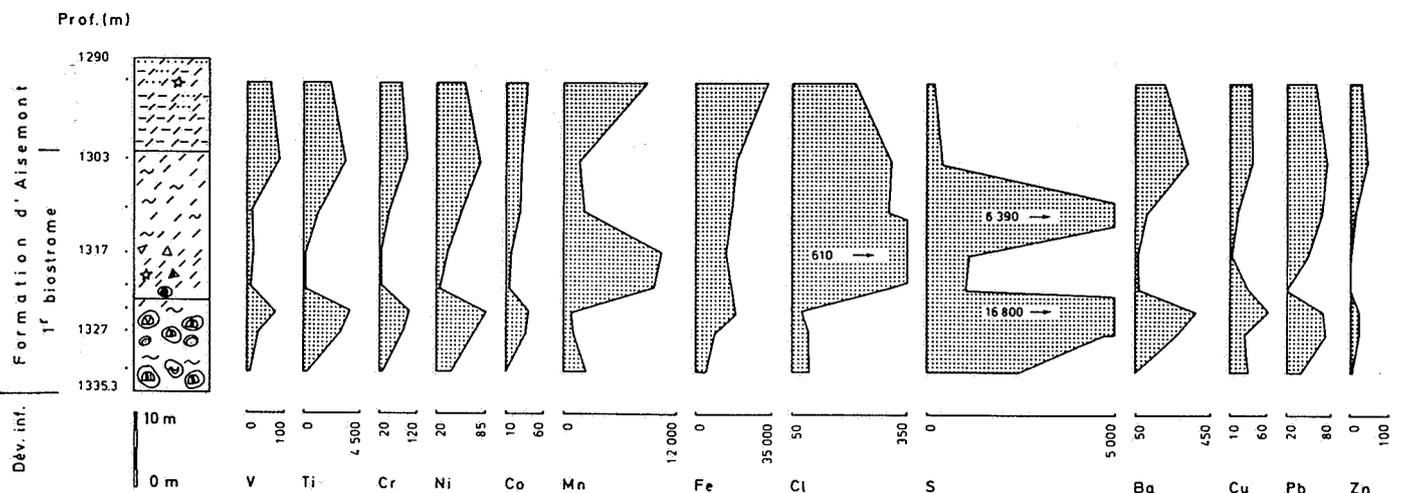
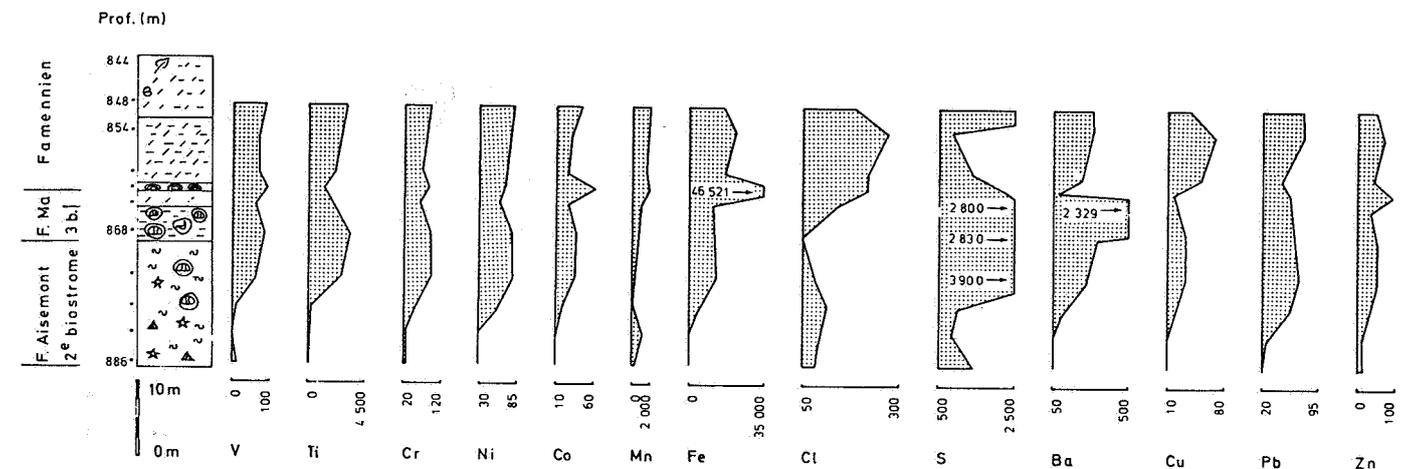


Figure 2B. Profils géochimiques. Eléments exprimés en ppm.

Dejonghe (1985, sous presse). Les données relatives aux dolomies sont regroupées ici au sein d'un chapitre spécifique. Les échantillons ont été analysés par fluorescence X pour 25 éléments montrés au tableau 1 qui renseigne également les principaux paramètres de distribution. La matrice des coefficients de corrélations interéléments qui se rapporte à cette population de 73 échantillons est présentée au tableau 2.

Pour chacun des 29 sondages ou affleurements étudiés, des profils géochimiques ont été dessinés. A titre d'exemple, trois de ceux-ci, choisis parmi les plus courts (sondage de Bolland et de Soumagne), sont repris aux figures 2A et 2B.

En considérant l'ensemble des formations, les grandes tendances qui se dégagent sont les suivantes :

- les dolomies contiennent par rapport aux calcaires purs ($\text{CaO} > 40\%$) des teneurs plus élevées en Cl (2.4 X), en Mn (3.6 X), en S (4 X), en P (4 X) et en Fe (5.2 X). Par contre, les teneurs en Sr sont 2.3 fois plus faibles ;
- le seul élément qui présente un coefficient de corrélation positif avec Mg est Cl (0.34) ;
- si les dolomies sont parfois anormales en Zn, par contre, elles ne le sont jamais en Pb.

En examinant la répartition des teneurs de certains éléments pour chaque formation (tabl. 3), on constate que les teneurs en Sr, Ba, Cu, Pb et Zn sont fort semblables quel que soit l'âge de ces dolomies. Par contre, Fe et Mn s'évaluent au sein de gammes un peu plus larges. Seules les dolomies des formations de Presles-Nismes se singularisent légèrement. Mais il faut rappeler que cette formation se caractérise par une très faible épaisseur, une lithologie très variable et la présence d'indices minéralisés stratiformes (hématite oolithique ; sulfures).

Un traitement des données par analyse factorielle en mode R et en composantes principales a été effectué en complément des autres traitements statistiques (fig. 3). On constate qu'un facteur "dolomitisation" se dégage tout en occupant un rang variable selon les formations considérées. Dans plusieurs cas, l'analyse factorielle associe Mn et Cl à MgO. Toutefois, des tests par analyse bivariée ont montré l'absence de corrélation directe entre Mn et Cl. L'enrichissement en Mn et Cl des dolomies procède donc probablement de deux phénomènes distincts.

En vue de la mise en évidence de gradients géochimiques régionaux éventuels, les fonds géochimiques (moyennes géométriques) en Pb, Zn, Cu, Ba et Mn ont été calculés en chaque localité et cartographiés. Les figures 4 et 5 montrent la répartition de ces éléments respectivement pour les dolomies de la formation du Roux et celles des formations d'Aisemont et de Matagne.

- *Dolomies de la formation du Roux* (fig. 4) : On ne relève pas de gradient significatif. Une particularité se dégage cependant : alors que dans le cas des autres formations, le fond géochimique en Zn est très souvent supérieur au fond géochimique en Pb, dans les dolomies de la formation du Roux, c'est l'inverse qui est de règle.
- *Dolomies des formations d'Aisemont et de Matagne* (fig. 5) : Bolland et Soumagne se distinguent des autres localités par de faibles valeurs en Zn (respectivement 20 et 5 ppm). A Aisemont, par contre, les teneurs en Zn (93 ppm) et en Ba (598 ppm) sont élevées. Dans le cas du Zn, il semblerait donc exister un gradient positif E-W, mais celui-ci ne se vérifie pas pour les autres éléments. A signaler aussi des teneurs en Mn très élevées à Bolland (4078 ppm) et à Colonster (4272 ppm).

Dans certaines localités, la dolomiti-

Tableau 3. Répartition des teneurs de certains éléments dans les dolomies appartenant aux diverses formations mésodévonienues et frasnienues des synclinoria de Verviers et de Namur. Eléments majeurs : moyennes arithmétiques exprimées en %. Mineurs et traces : moyennes géométriques exprimées en ppm. n = nombre d'échantillons.

Formations de	n	CaO	MgO	Cl	Sr	Mn	Fe	Ba	Cu	Pb	Zn
Nèvreumont	7	28.0	14.9	199	120	4204	6373	49	15	33	31
Roux	34	31.8	18.8	192	131	692	2633	34	15	38	20
Nèvreumont + Roux	41	31.1	18.1	193	129	942	3062	37	15	37	22
Presles + Nismes	10	27.1	14.8	107	107	893	35424	98	15	50	22
Lustin	3	35.6	13.1	216	136	1236	8972	41	20	42	52
Aisemont + Matagne	12	30.7	16.7	326	114	2379	13912	59	20	47	21
de Nèvreumont à Matagne	73	30.2	16.7	190	126	1038	6100	52	17	42	23
Limites de détection	-	0.01	0.01	50	20	35	35	45	10	20	10

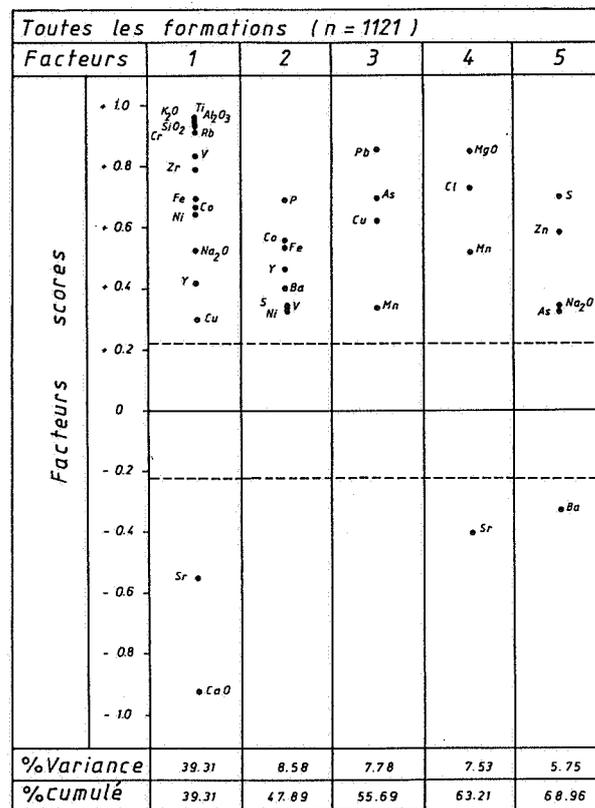
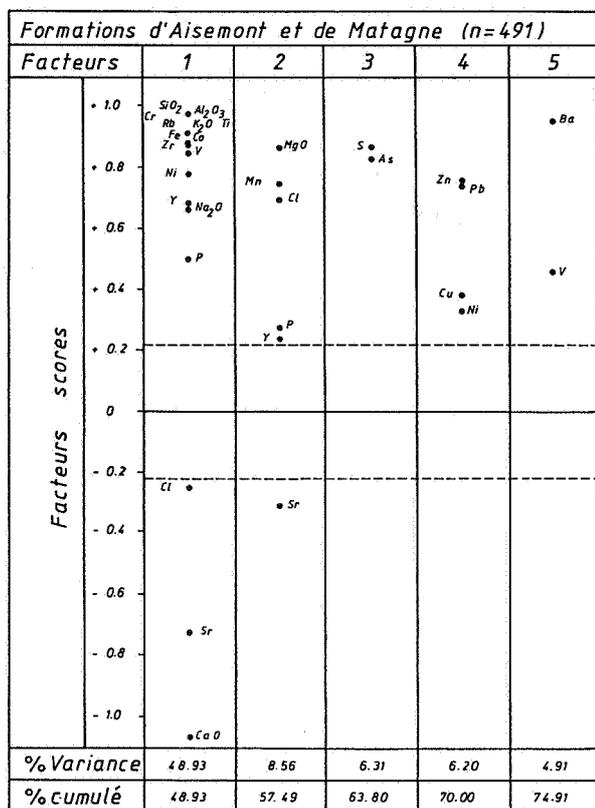
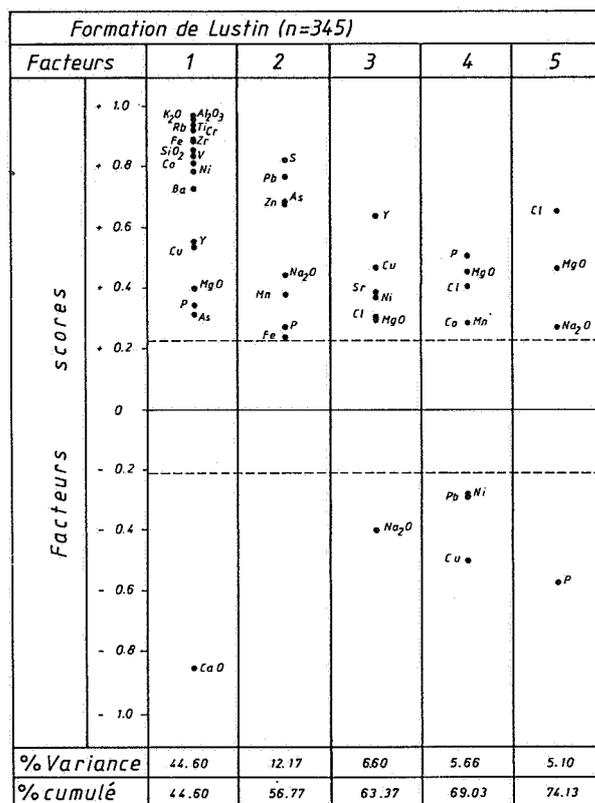
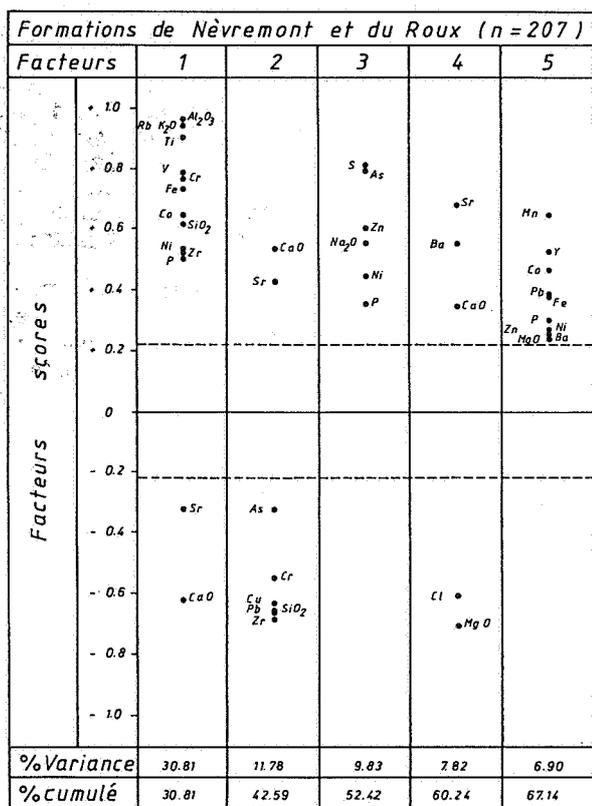


Figure 3. Représentation graphique des résultats des analyses factorielles en mode R et en composantes principales appliquées à 4 populations différentes. Les facteurs scores inférieurs au seuil de signification (0.22, Harman, 1967) n'ont pas été représentés.

DOLOMIES DE LA FORMATION DU ROUX

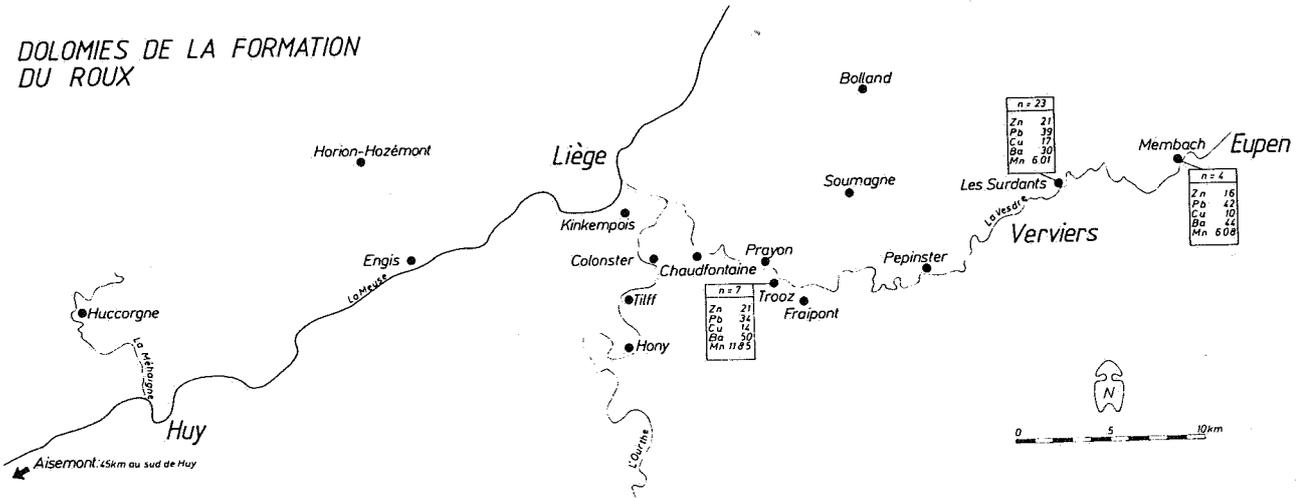


Figure 4. Variation géographique des fonds géochimiques (moyennes géométriques) dans les dolomies de la formation du Roux.

DOLOMIES DES FORMATIONS D'AISEMONT ET DE MATAGNE

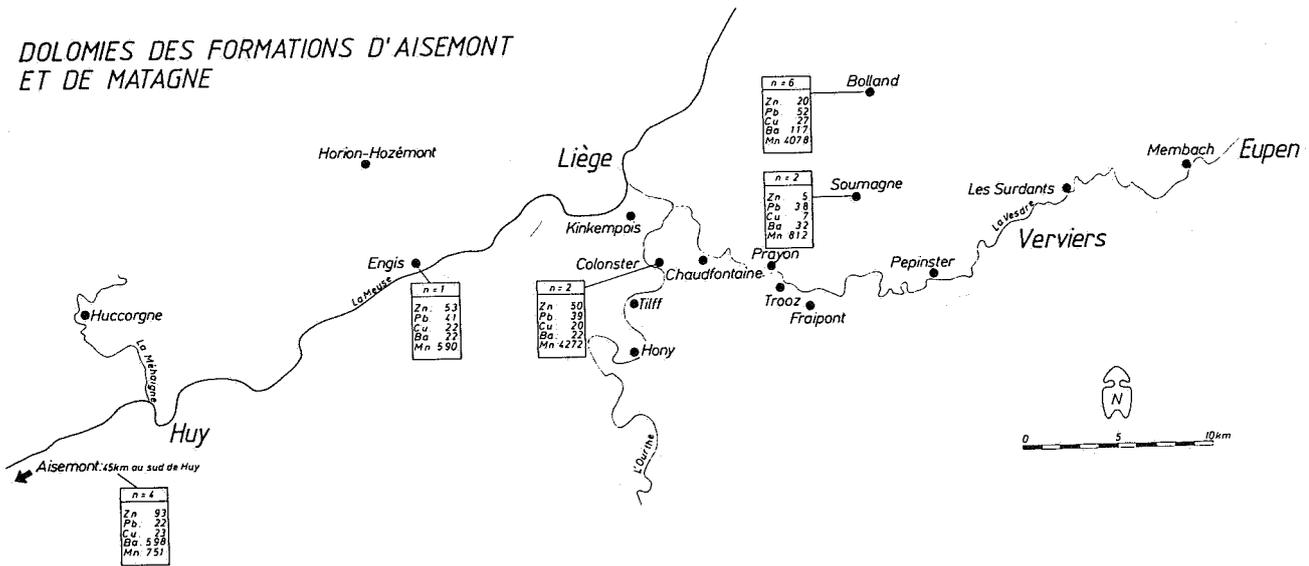


Figure 5. Variation géographique des fonds géochimiques (moyennes géométriques) dans les dolomies des formations d'Aisemont et de Matagne.

sation appauvrit la roche en métaux (Bolland inférieur, par exemple). Dans d'autres, elle l'enrichit (Aisemont, par exemple). Dans tous les cas, la dolomitisation s'accompagne d'un apport en Mn.

Bref, sur le plan géochimique, le rôle de la dolomitisation est important. Dans tous les cas de cette étude, il s'agit de dolomies liées aux strates. Elles se sont développées au détriment de calcaires dès les premiers stades de la diagenèse et ont subi tout au long de leur histoire des transformations qui ont oblitéré progressivement les structures originelles. Si la dolomitisation a fortement lessivé le Sr et en partie, le Zn des calcaires, elle ne semble pas avoir eu d'influence sur le Ba. Par contre, elle a introduit des quantités importantes de Mn, des quantités moyennes de Fe et des quantités non négligeables de Pb.

D. CONCLUSIONS

Une revue des environnements et des modes de dolomitisation a été effectuée récemment par Machel & Mountjoy (1986). Il apparaît que les modèles de dolomitisation les plus largement répandus dans la littérature sont, d'une part, le modèle de zones de mélange eau douce/eau marine près de la côte ou à l'intérieur des terres et, d'autre part, le modèle de sebkha (avec reflux). Cependant, selon ces auteurs :

- "It is apparently very difficult (if not impossible) to form large volumes of massive, replacive dolostones from coastal or inland mixing zones" (Ibid., p. 199).
- "sabkhas and 'similar' hypersaline environments typically form small quantities of distinctive, fine crystalline protodolomite in thin beds, crusts and patchy nodules (....). Many sabkhas form little or no dolomite because the delicate interplay of various chemical and physical parameters is not established or maintained for long enough periods of time. Importantly, no sabkha has been found to form dolomite below a depth of 1.5 m. No reflux dolomitization occurs below this depth." (Ibid., p. 202).

Tout en soulignant qu'il n'existe pas de modèle général applicable au phénomène de dolomitisation et que chaque cas doit être considéré individuellement, Machel & Mountjoy (1986, p. 191) déclarent que les environnements suivants sont générateurs de dolomite :

1. les environnements pour lesquels la limite de saturation en dolomite est dépassée, quelle que soit leur salinité. Ce sera, par exemple, les zones de mélange eau douce/eau de mer, les environnements marins à salinité normale aux environnements subtidiaux hypersalins et tous les environnements évaporitiques (lagon, sebkha, playa), en particulier, les environnements schizohalins (sensu Folk & Land, 1975). Il existe donc un spectre continu de dolomies correspondant à tous les stades intermédiaires aux conditions marines subtidales et subaériennes hypersalines.
2. les environnements alcalins, par exemple ceux soumis à l'influence de la réduction bactérienne et/ou à celle des processus de fermentation et les zones alimentées en eaux souterraines conti-

mentales enrichies en CO_3^{--} et HCO_3^- .

3. les environnements de subsurface caractérisés par des températures supérieures à 40-50° C. Les types de régimes qui sont le plus favorables à la dolomitisation de subsurface sont probablement ceux dus à la compaction d'enfouissement et ceux induits par la topographie. Des mécanismes de type "cellules de convection thermique" sont également possibles.

Dans chacun des environnements précédents, des dolomies massives peuvent se former pour autant qu'un régime hydrologique stable assure un transit fluide persistant.

La paléogéographie des formations givetiennes et frasniennes du synclinorium de Verviers a été étudiée par Cnudde *et al.* (1986). Il faut souligner qu'il n'est pas aisé de décrypter l'histoire de formations déposées il y a plus de 355 millions d'années et soumises à une tectonique très complexe, d'autant plus que les affleurements continus étant rares et les sondages relativement peu abondants, les reconstitutions paléogéographiques ne peuvent être effectuées que sur base d'observations fragmentaires. Néanmoins, il ne fait pas de doute que toutes ces formations correspondent à des faciès de plate-forme de faible ou très faible profondeur. Elles "sont biseautées vers le N, sur le flanc méridional de la ride de Boose - Le Val Dieu et elles recèlent de nombreuses lacunes. Par contre, les épaisseurs maximales s'observent vers le S où les séries rythmiques sont plus complètes. Les variations latérales sont extrêmement rapides. La rythmicité des dépôts s'explique, soit par des variations eustatiques, soit par la subsidence." (Ibid., p. 42).

Un point important à souligner dans le Dévonien belge est l'absence de dolomitisation sécante par rapport aux séries stratigraphiques. Toutes les dolomitisations observées sont liées aux strates et associées initialement à des phénomènes diagénétiques. Les dolomies dévoniennes des synclinoria de Verviers et de Namur sont toujours restreintes à des faciès de très faible profondeur, et, pour la plupart, franchement littoraux. Certaines, surtout dans les formations de Nèvreumont et du Roux, sont étroitement associées à des roches détritiques grossières en milieu de sebkha et sont situées vers le sommet de séries avortées par une régression, certes mineure mais traduisant une tendance à l'émersion. D'autres, principalement dans les formations d'Aisemont et de Matagne (sondages de Bolland et Soumagne), se sont développées dans des récifs frangeants. Plusieurs observations suggèrent une liaison étroite entre les dolomies et les milieux évaporitiques :

- dans la formation du Roux à Membach : pseudomorphoses de sulfates de calcium suggérées par des nodules de calcite "en choux-fleur" et des lancéoles de calcite dans de la dolomie finement grenue (Dejonghe, 1985 ; Coen-Aubert *et al.*, 1985) ;
- dans les formations d'Aisemont et de Matagne au sondage de Soumagne : anhydrite disséminée dans la dolomie, en remplissage de vacuoles ou en pseudomorphose de fossi-

les (Graulich, 1977 ; Cnudde *et al.*, 1986) ;
- dans plusieurs formations : dolomies bréchiques, probablement dues à la dissolution de niveaux évaporitiques interstratifiés (Cnudde *et al.*, 1986).

En outre, les teneurs en Cl sont systématiquement plus élevées dans les dolomies que dans les autres roches. Bref, dans tous les cas, les dolomies dévoniennes traduisent une tendance à l'exondation des séries correspondantes. Dolomies et évaporites sont probablement le reflet des mêmes phénomènes d'exondation.

A propos des dolomies dévoniennes des synclinoria de Dinant et de Namur, c'est à une conclusion voisine qu'aboutissait Lecompte (1963, p. 21) en ce qui concerne leur liaison à des faciès peu profonds. En outre, il apportait les précisions suivantes : *"le phénomène de dolomitisation n'affecte que des calcaires purs ou peu argileux du shelf. Il n'a nulle part été reconnu dans le calcaire du bassin. En d'autres termes, on ne le reconnaît que dans les biostromes ou leurs prolongements septentrionaux, jamais, sauf sous forme de petites taches sans importance, dans les biohermes. En outre, il n'affecte que les calcaires formés en mer peu profonde, dans la zone de turbulence. Ainsi, dans les biostromes, la dolomitisation ne touche pas ou fort peu les calcaires initiaux très impurs, construits par les Coraux dans la zone sous-turbulente, mais seulement la partie construite par les Stromatoporoides lamellaires et massifs, respectivement dans les zones subturbulente et turbulente. Au sommet des biostromes, quand ceux-ci commencent à accuser les effets de l'accélération de la subsidence, la dolomie est remplacée progressivement par des calcaires dolomitiques, puis par des calcaires argileux à Coraux non dolomitiques"*.

A part quelques bancs isolés, soulignons l'absence de toute dolomitisation significative dans la formation de Lustin pourtant essentiellement carbonatée et nettement plus épaisse que toutes les autres formations considérées. C'est que, dans le massif de la Vesdre, bien que la formation de Lustin se situe en plate-forme interne, elle n'est jamais régie par des conditions de très faibles bathymétries comme celles de zones littorales ou de barrières récifales.

Toutes ces dolomies dévoniennes ont subi diverses phases de déséquilibre et de cimentation (vacuoles à remplissage de calcite spathique blanche ou de dolomite éventuellement ferrifère et zonée ; dolomies zébrées ; dolomies bréchiques, ...). Le caractère polyphasé des phénomènes de dolomitisation - dédolomitisation est plus marqué à certains endroits : on peut alors distinguer plusieurs générations de dolomite parmi lesquelles la dolomite ferrifère est souvent la plus récente.

A certains endroits (Bolland, Soumagne, Membach), la pyrite est systématiquement associée à la dolomite. Pourtant, dans les synclinoria de Verviers et de Namur, il ne semble pas y avoir de relation étroite entre minéralisation liée aux strates et dolomitisation. En particulier, dans le cas du gisement de Chaudfontaine, l'encaissant est calcaire. Néanmoins, latéralement vers l'W, celui-ci devient dolomitique. En fait, à l'échelle régionale, et en ne considérant que le deuxième biostrome à *Phillipsastraea*, la minéralisation de Chaudfontaine est située entre le secteur dolomitique du synclinorium de

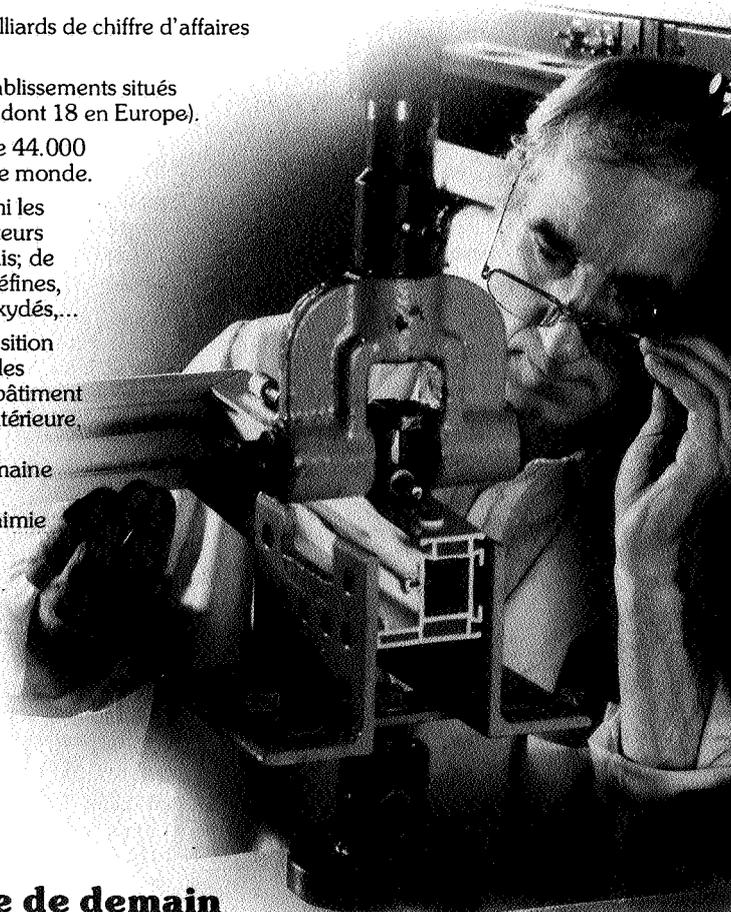
Namur à l'W et le secteur calcaire du synclinorium de Verviers à l'E. Elle est donc localisée à proximité d'un front de dolomitisation régional auquel on peut, en hypothèse de travail, attribuer un effet de mobilisation diagénétique des métaux (surtout Zn) pénécemporain de la sédimentation frasnienne.

E. BIBLIOGRAPHIE

- COEN-AUBERT, M. (1974) - Le Givetien et le Frasnien du Massif de la Vesdre. Stratigraphie et Paléoécologie. *Mém. Acad. roy. Belgique, Bruxelles, XVIII, 2, 146 p.*
- COEN-AUBERT, M. & LACROIX, D. (1979) - Le Frasnien dans la partie orientale du bord sud du synclinorium de Namur. *Ann. Soc. géol. Belgique, Liège, 101, 269-279.*
- COEN-AUBERT, M., DEJONGHE, L., CNUDDE, C. & TOURNEUR, F. (1985) - Etude stratigraphique, sédimentologique et géochimique de trois sondages effectués à Membach (massif de la Vesdre). *Prof. Paper Serv. géol. Belgique, Bruxelles, 223, 1985/10, 57 p.*
- CNUDDE, C., DEJONGHE, L. & MAMET, B. (1986) - Paléogéographie des formations givetiennes et frasniennes du synclinorium de Verviers. *Prof. Paper Serv. géol. Belgique, Bruxelles, 225, 1986/2, 45 p.*
- DEJONGHE, L. (1979) - Discovery of a Sedimentary Ba (Fe, Zn, Pb) Ore Body of Frasnian Age at Chaudfontaine, Province of Liège, Belgium. *Mineral. Deposita, Berlin, 14, 15-20.*
- DEJONGHE, L. (1985) - Contribution à l'étude métallogénique du synclinorium de Verviers (Belgique). Thèse Doct. Etat, Mém. Sc. Terre, Univ. Curie, Paris, 85-23, 389 p.
- DEJONGHE, L. (sous presse) - Lithogéochimie des sédiments de plate-forme déposés au sud du massif du Brabant (Belgique) pendant le Méso-dévonien et le Frasnien. *Mém. Explic. Cartes géol. Minières Belgique.*
- FOLK, R.L. & LAND, L.S. (1975) - Mg/Ca ratio and salinity : two controls on crystallisation of dolomite. *Am. Ass. Petrol. Geol. Bull., 59, 60-68.*
- GRAULICH, J.M. (1977) - Le sondage de Soumagne. *Prof. Paper Serv. géol. Belgique, Bruxelles, 139, 1977/2, 55 p.*
- GRAULICH, J.M. (1984) - Coupe géologique passant par les sondages d'Hermalle-sous-Argenteau, Bolland, Soumagne, Soiron, Pépinster 2 et 1 et Juslenville. *Commentaires. Bull. Soc. belge Géol., Bruxelles, 93, 45-49.*
- HOUBAILLE, C. (1982) - Contribution à l'étude des caractères physiques, lithologiques et stratigraphiques des roches aux environs de la limite Frasnien-Famennien dans les sondages de Havelange Focant et Soumagne. *Mém. fin études Univ. Liège.*
- LECOMPTE, M. (1963) - VIe Congrès international de Sédimentologie - Hollande - Belgique - 1963 - Excursions C-D - Notre préliminaire introductive, Bruxelles, 28 p.
- MACHEL, H.G. & MOUNTJOY, E.W. (1986) - Chemistry and Environments of Dolomitization - A Reappraisal. *Earth. Science Reviews, Elsevier, Amsterdam, 23, 175-222.*
- MENNING, J.J. & VATAN, A. (1959) - Répartition des dolomies dans le Dinantien des Ardennes. *Rev. Inst. fr. Pétrole, 14, 4/5, 519-534.*

Produits chimiques, matières plastiques,... connaissez-vous **SOLVAY?**

- 2^e entreprise belge.
- figure parmi les 12 premières sociétés chimiques européennes.
- plus de 200 milliards de chiffre d'affaires en 1984.
- plus de 290 établissements situés dans 34 pays (dont 18 en Europe).
- occupe plus de 44.000 personnes dans le monde.
- se trouve parmi les premiers producteurs mondiaux d'alcalis; de chlore; de polyoléfines, de produits peroxydés,...
- détient une position importante dans les produits pour le bâtiment et la décoration intérieure, l'emballage, la pharmacie humaine et vétérinaire, la biochimie et la chimie fine,...



La chimie de demain

Si vous souhaitez de plus amples informations, adressez-vous à :
SOLVAY & Cie S.A. - rue du Prince Albert 33 - B-1050 Bruxelles - Tél. 02/516.61.11