



mémento roches et minéraux industriels
dolomie, magnésite et produits dérivés
à usage industriel et agricole

P. Marteau

juillet 1989
89 SGN 522 GEO

BUREAU DE RECHERCHES GÉOLOGIQUES ET MINIÈRES
SERVICE GÉOLOGIQUE NATIONAL
Département Géologie
Service Roches et Minéraux Industriels
B.P. 6009 - 45060 ORLÉANS CEDEX 2 - France - Tél.: (33) 38.64.34.34

SOMMAIRE

INTRODUCTION

1 - ECONOMIE ET MARCHE	01
1.1. - Production nationale et échanges commerciaux	01
1.2. - Répartition de la production et données économiques	05
1.2.1. - Répartition de la production	05
1.2.2. - Données économiques	05
1.3. - Consommation nationale par secteur d'activité	07
1.4. - Aperçu des productions et consommations mondiales	10
2 - GEOLOGIE	11
2.1. - Origine et pétrographie des dolomies et de la magnésite	11
2.2. - Répartition et morphologie des gisements	12
2.3. - Prospection et évaluation	14
3 - SECTEUR D'UTILISATION	15
3.1. - Définition des produits utilisés	15
3.2. - Sidérurgie, fonderie	15
3.3. - Réfractaires	16
3.4. - Industries du verre et des isolants	17
3.5. - Charges en peintures, papiers, plastiques	18
3.6. - Métallurgie du magnésium	18
3.7. - Batiment, travaux publics, environnement	19
3.8. - Agriculture, alimentation animale	19
3.9. - Magnésie d'eau de mer	20
3.10. - Autres utilisations	21
4 - CRITERES D'EXPLOITABILITE ET SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES	22
4.1. - Critères de sélection et d'exploitabilité liés au gisement et au matériau	22
4.2. - Spécifications industrielles	23
4.2.1. - Utilisations en sidérurgie et fonderie	23
4.2.2. - Utilisations en réfractaires	23
4.2.3. - Utilisations dans l'industrie du verre et des isolants	23
4.2.4. - Utilisations en charges	24
4.2.5. - Utilisations dans la métallurgie du magnésium	25
4.2.6. - Utilisations dans le batiment, les travaux publics et l'environnement	25
4.2.7. - Utilisations en agriculture et dans l'alimentation animale	25
5 - MODES DE TRAITEMENT ET DE PREPARATION	27
5.1. - Produits crus	27
5.2. - Produits calcinés	27
6 - PRODUITS DE SUBSTITUTION	29
LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX	31
BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE	32

INTRODUCTION

Le thème de ce mémento concerne la production, l'utilisation, et les grands traits du marché des dolomies (carbonate double de magnésium et de calcium) et de la magnésite (carbonate de magnésium).

Les dolomies, plus ou moins pures, ainsi que la magnésite, sont, de façon souvent comparable aux calcaires, des roches largement utilisées sous forme crue ou calcinée, dans de nombreux secteurs d'activité, tant industriels (sidérurgie, verrerie, réfractaires, chimie, charges), qu'agricoles ou d'aménagement.

Les critères de pureté dépendent des utilisations : les dolomies à haute teneur en Mg sont exigées en verrerie, réfractaires, sidérurgie, métallurgie du magnésium et pour les charges. En agriculture ou dans les travaux publics ces critères sont moins importants.

Employées crues au départ, les dolomies passent ensuite généralement sous forme calcinée plus ou moins poussée dans les différentes étapes des processus industriels.

La production globale de dolomies à usages autres que granulats approche 1,8 Mt en France. Cependant la demande en carbonates magnésiens est supérieure, et en particulier la magnésite, non extraite sur notre territoire, est importée en totalité sous forme calcinée MgO. La consommation globale est stagnante mais se répartit différemment de celle du début des années 80 : diminution de la demande en sidérurgie et réfractaire, maintien ou augmentation dans les autres secteurs.

Les données économiques disponibles sur le marché français sont fragmentaires ou peu précises. Ceci est dû au grand nombre de producteurs et aux utilisations très variées des carbonates magnésiens. Il s'ensuit une approximation ou une estimation de certaines données ou de certains chiffres avancés.

1 - ECONOMIE ET MARCHÉ

Les ressources en dolomies de la France sont suffisantes pour satisfaire la consommation intérieure.

Cependant les gisements sont généralement situés assez loin des principaux utilisateurs industriels. Aussi il existe un flux d'importation notable en provenance de pays limitrophes (Belgique, RFA) fournissant des industries situées près des frontières.

La production destinée à l'agriculture est mieux répartie et alimente les régions agricoles du Sud-Ouest, de l'Ouest et du Bassin Parisien.

En ce qui concerne les autres minéraux magnésiens, la France ne produit ni giobertite (carbonate de Mg pur), ni kiésérite (sulfate de Mg, cité pour mémoire), par manque de gisements exploitables reconnus. Ces produits sont donc importés en totalité de même qu'une partie du $MgCO_3$ précipité à partir d'eau de mer. Ils servent à obtenir la magnésie MgO par calcination, mais la tendance actuelle est à l'importation directe de magnésie. En effet celle-ci, à haut degré de pureté, répond mieux aux exigences de certaines industries que la dolomie calcinée.

La France tient donc une place modeste sur le plan international en ce qui concerne la production de composés magnésiens, malgré quelques secteurs performants concernant des matériaux de haute technologie.

1.1. - Production nationale et échanges commerciaux

Comme c'est le cas pour les calcaires à usage industriel, il est difficile de connaître avec précision les tonnages de dolomie extraits en France et leur utilisation exacte.

Ceci tient au grand nombre de producteurs, qui s'entourent souvent du secret statistique, ainsi qu'aux différentes dénominations des matériaux commercialisés et à leur utilisation sous forme brute ou calcinée.

Les importations et exportations de composés magnésiens font par contre l'objet de statistiques détaillées de la part du Service des Douanes.

Les chiffres disponibles sont rassemblés dans le tableau 1 : ils concernent la production globale de dolomies, ainsi que les importations et exportations de dolomies (crues, calcinées ou frittées), de magnésite (ou giobertite) et de magnésie (obtenue par calcination de magnésite ou du $MgCO_3$ extrait de l'eau de mer).

La production de dolomies crues qui était de 1,7 Mt en 1978, a sensiblement baissé au début des années 80, pour retrouver un niveau équivalent en 1987. Ceci s'explique par une reprise d'activité dans le secteur industriel (électrométallurgie, verrerie, réfractaires basiques) et une utilisation accrue en agriculture.

	DOLOMIE Mg Ca (CO ₃) ₂		GIOBERTITE (MAGNESITE) MgCO ₃		OXYDE DE MAGNESIE MgO (Autres que giobertite calcinée)
	Crue	Calcinée ou fritté	Crue	Calcinée ou frittée	
PRODUCTION					
1982					
1983					
1984	1577				
1985					
1986	1700*				30
1987	1730*				30
IMPORTATIONS					
1982	173,0	157,0	0,2	121,0	3,8
1983	194,7	134,9	5,7	157,5	4,7
1984	201,8	114,7	0,1	158,6	8,5
1985	179,8	101,2	0,05	158,8	12,6
1986	167,5	113,8	0,1	168,3	11,7
EXPORTATIONS					
1982	30,3	3,0	1,6 *	0,5 *	10,5
1983	28,5	6,0	-	2,0	10,1
1984	25,7	5,2	0,2	1,5	11,6
1985	20,9	7,2	1,0	2,9	10,3
1986	19,5	13,5	0,5	2,0	14,0
CONSUMMATION APPARENTE					
1982				120,5	
1983				155,5	
1984	1 753,1			157,1	
1985				155,9	
1986	1850*			166,3	

* Estimation

* Réexportation

Sources - Annuaires de statistiques industrielles (Ministère de l'Industrie)
 - Statistiques du commerce extérieur de la France
 - UNICEM

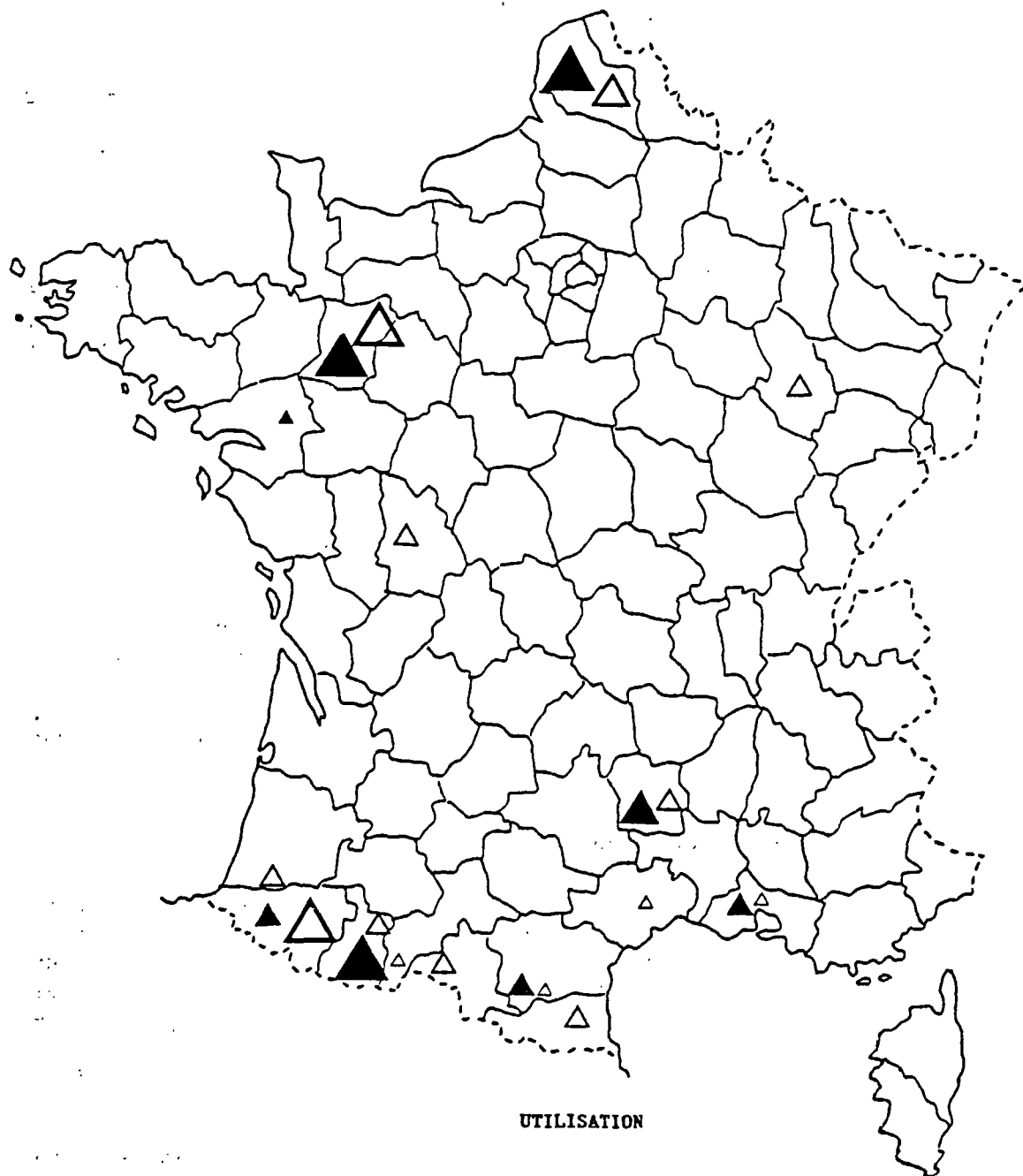
Tableau 1 : Statistiques des productions, consommations et échanges commerciaux des carbonates magnésiens et produits dérivés en France.

N.B. La production nette de dolomies crues s'accompagne, comme pour les calcaires, d'une part importante de stériles, surtout en cas d'utilisation industrielle requérant des spécifications précises.

Cependant la consommation apparente de dolomies à tendance à stagner du fait d'une diminution globale des importations de dolomies crues et calcinées. Les exportations de ces deux produits sont très réduites mais celles des dolomies calcinées ont cependant augmenté.

En ce qui concerne la giobertite, les flux de ce matériau sous sa forme crue sont insignifiants, tandis que la magnésie obtenue par sa calcination est importée en quantité de plus en plus grande (+ 38 % entre 1982 et 1986) .





Les oxydes de magnésium obtenus par d'autres procédés que la calcination de giobertite proviennent du $MgCO_3$ précipité à partir d'eau de mer (importations triplées entre 1982 et 1986) ou de la purification de chaux magnésiennes.



UTILISATION

INDUSTRIELLE

AGRICOLE

- > 200 000 t 
- 100 à 200 000 t 
- 10 à 100 000 t 
- < 10 000 t 

- 
- 
- 
- 

Figure 1 : Répartition de la production de dolomies à usage industriel et agricole en France

1.2. - Répartition de la production et données économiques

1.2.1. - Répartition de la production

Les régions productrices de dolomies sont assez dispersées (fig.1). Dans la moitié nord de la France ce sont principalement le Pas-de-Calais et la Mayenne, fournissant l'industrie (350 kt en 1984) et l'agriculture (310 kt), et dans le midi les départements pyrénéens (Htes - Pyrénées, Pyrénées - Atlantiques, Haute - Garonne, Aude, Ariège), ainsi que la Lozère et les Bouches-du-Rhône (au total 440 kt pour l'industrie et 290 KT pour l'agriculture en 1984 dans ces régions).

Des exploitations de moindre importance, destinées surtout à l'agriculture, se trouvent dans les Landes, les Pyrénées - Orientales, la Vienne, la Haute - Marne. Ces diverses productions s'accompagnent par ailleurs d'une proportion de stériles ± importante, qui peuvent être utilisés comme granulats (- 150 kt) ou dans l'agriculture.

Par région on obtient le classement suivant (1984) :

- Nord Pas-de-Calais	18 %	(industrie, agriculture)
- Pays-de-Loire	25 %	(industrie, agriculture)
- Aquitaine	13 %	(agriculture)
- Midi-Pyrénées	20 %	(industrie, agriculture)
- Languedoc-Roussillon	12 %	(agriculture, industrie)
- Champagne-Ardennes (agriculture), Poitou-Charentes (agriculture)		
- Provence-Côte d'Azur (industrie)		: moins de 5 %

La répartition géographique de la production ainsi que le type d'utilisations sont reportées sur la figure 1.

1.2.2. - Données économiques

Contrairement aux calcaires industriels, les dolomies et produits dérivés supportent un transport assez long, malgré le surcoût que cela implique. Les dolomies de la Mayenne parcourent ainsi plus de 500 km pour alimenter les industries du Nord et de l'Est ; ceci explique que les dolomies en provenance de Belgique et d'Allemagne soient compétitives dans ces régions frontalières. Les poudres de dolomie très pure et blanche pour charges produites dans l'Aude sont en partie exportées à l'étranger.

Les dolomies à usage agricole peuvent également être expédiées loin de leur lieu d'extraction : par exemple celles de la Vienne en Bretagne, et celles des Landes dans une grande partie du Bassin Aquitain.

Quant aux magnésies importées, leur transport s'effectue par voie maritime et terrestre depuis des pays voisins (Espagne, Autriche, Pays-Bas, Grande Bretagne), mais également plus éloignés (Grèce, Israël, USA, Chine, Corée du Nord).

Les producteurs français de dolomies peuvent se classer en deux catégories :

- les sociétés filiales de groupes industriels assurant l'approvisionnement direct des industries concernées,
- les entreprises fournissant divers clients industriels ou agricoles (et qui dans certains cas produisent également des calcaires destinés à des usages analogues ou voisins).

Dans la première catégorie (1) et dans la seconde (2) figurent les sociétés suivantes :

SOCIETE	SIEGE SOCIAL	EXPLOITATIONS
(1) Pechiney Electro-métallurgie	MARIGNAC (31)	Thèbe (65)
(1) SAMIN (filiale St Gobain)	COURBEVOIE (92)	Les Pennes-Mirabeau (13) Chanac (48) La Chapelle la Reine (77)
(2) Chaux et Dolomies du Boulonnais (Groupe LHOIST)	PARIS (75001)	Rinxent (62)
(2) Magnésie et Dolomie de France (filiale OMYA)	PARIS (75015)	Ferques - Marquise (62)
(2) OMYA - MEAC	PARIS (75015) CHARTRES (28)	Montaut (40) Estagel (66) Sillars (86)
(2) Chaux et Dolomie de France		Neau (53)
(2) Société Pyrénienne de Charges Minérales (filiale BMP)	CHATOU (78)	Ste Colombe/Guette(11)
(2) Onyx et Marbres granulés (filiale MEAC)	CHARTRES (28)	St Béat (31)
(2) SEDE	ST MALO (35)	Voisey (52)
(2) ARA (Ets)	ASASP-ARROS (64)	Asasp-Arros (64)
(2) Dolomie des Pyrénées	HABAS (40)	Habas
(2) Chaux de Bigorre	GER (65)	Ger
(2) Iribarren	MOUSTERDE SUR BLOURDE (86)	Sillars (86)

Tableau 2 - Principales sociétés productrices de dolomies en France.

En 1986 ces sociétés ont réalisé un chiffre d'affaire (concernant uniquement la production des dolomies) de 170 MF.

Les prix moyens (départ usines) sont très variables selon la qualité :

. dolomies crues pour sidérurgie	:	60 - 250	F/t
. sables de verrerie	:	120 - 180	F/t
. dolomie frittée pour réfractaires	:	400 - 800	F/t
. poudres blanches pour charges	:	250 - 1500	F/t
. poudres pour amendements	:	100 - 300	F/t

1.3. - Consommation nationale par secteurs d'activité

Les dolomies (crues, calcinées ou frittées), la magnésite (calcinée) ainsi que les autres oxydes de magnésie, sont utilisés dans de nombreux domaines industriels et agricoles.

En agriculture le marché, mettant en oeuvre des produits peu transformés pour un usage simple (amendements), est assez aisé à cerner.

Dans les industries concentrées, telles que la verrerie, l'électrométallurgie et la sidérurgie, des statistiques de consommation sont disponibles. Ce n'est pas le cas dans les industries plus dispersées, ou couvertes par des secrets de fabrication (réfractaires, peintures, papier ...) pour lesquelles les tonnages consommés restent imprécis.

Le tableau qui suit (tableau 3) fait donc état de chiffres moyens ou estimés concernant les consommations au cours des années 1980 - 1987.

SECTEUR D'UTILISATION	DOLOMIES			MAGNESITE	
	CRUES	CALCINEES (kt)	FRITTEES	CRUE (kt)	CALCINEE (+ MgO autres origines)
Sidérurgie					
. agglomération	8				
. enfournement		136-114			
. ferro-manganèse	29,4				
Electro-métallurgie (Mg métal)	225	(Mg métal 15,4 kt 1987)			
Réfractaires			80		70 (dont 30 élec- trofondue)
Verrerie	240				
Laine de roche	70				
Produits de charge					
. peinture	- 30				
. plastiques	- 70				
. papiers	ε	- 5			
Pharmacie - Para- pharmacie	- 2				
Batiment TP	- 40	- 50			
Agriculture	382	90		ε	- 80
Alimentation animale	<—	23,5 —		—	—>
Autres usages	- 5	- 10			

Tableau 3 - Statistiques des consommations moyennes en dolomie et en magnésite (sous formes crues et calcinées) dans les principaux secteurs industriels et agricoles en France (1984 - 1987)

Si l'on compare ces chiffres à ceux fournis en 1979 (Mémento Dolomies Industrielles), on constate une évolution très nette de la répartition des tonnages en fonction des utilisations :

- en sidérurgie, la consommation de dolomies a fortement diminué et représente à peine plus de la moitié de ce qu'elle était il y a dix ans. Ceci tient à deux causes, en premier lieu à la réduction de la production d'acier, mais également à une utilisation accrue d'autres produits magnésiens compétitifs et de meilleure qualité (olivine, forstérite),

- en électrometallurgie par contre, la production en hausse de magnésium métal exige une consommation de dolomie en augmentation de 10 à 15 %, dans le même laps de temps,

- dans le domaine des réfractaires basiques, on constate une baisse très sensible des tonnages produits au cours de la décennie (moins de débouchés en sidérurgie), ce qui, ajouté à une utilisation de plus en plus importante de magnésite importée, a provoqué une forte baisse de la consommation de dolomie,

- dans l'industrie du verre, une légère baisse est imputable à la part accrue de verre recyclé,

- dans le domaine des charges, l'estimation proposée en 1979 (300 kt) paraît élevée. L'industrie des peintures dans son ensemble, a vu une répartition différente des charges utilisées, avec probablement une augmentation de la part de dolomies dans les peintures à dispersion aqueuse.

Dans l'industrie des plastiques également la consommation de poudres de dolomies a cru (tonnage de plastique et pourcentage de charges en augmentation).

- les utilisations variées des dolomies sont en expansion mais représentent un tonnage faible : pharmacie, pâtes dentifrices, poudres à récurer, épuration des eaux...

- en agriculture enfin, l'emploi d'amendements carbonatés, dont les dolomies et les chaux dolomitiques, est en plein essor. La consommation a plus que doublé depuis 1979, et concerne surtout les régions à sol siliceux du Sud-Ouest et de Bretagne.

Les composés magnésiens destinés à l'alimentation animale, surtout à base de MgO importés, ont également vu leur consommation s'accroître.

1.4. - Aperçu des productions et consommations mondiales

Les productions et utilisations de dolomies (et de magnésite) sont très inégales d'un pays à l'autre. De plus les sources d'informations sont généralement fragmentaires à l'instar de celles disponibles en France.

En Europe de l'Ouest, la production de dolomies est importante, particulièrement en Grande Bretagne (3 Mt), RFA (2 Mt), Belgique (4,5 Mt), Espagne (1,5 Mt).

La production de magnésite (1986) atteint 1,1 Mt en Autriche, 0,9 Mt en Grèce et 0,7 Mt en Espagne.

Les utilisations de ces produits sont semblables à celles qui sont faites en France (métallurgie, chimie, réfractaire, agriculture).

Les pays de l'Est sont de gros producteurs de magnésite (URSS, 1,8 Mt, Corée du Nord 2,5 Mt, Chine 3,4 Mt, Tchécoslovaquie 2,5 Mt, Yougoslavie 0,4 Mt).

Les productions de dolomies de ces pays ne sont pas connues mais sont probablement importantes.

L'abondance des dolomies et de la magnésite provoque une saturation du marché, avec risques de surproduction et stagnation des prix.

2 - GEOLOGIE

Les dolomies, plus ou moins pures, se rencontrent dans nombre de formations carbonatées, alors que la magnésite est beaucoup plus rare.

2.1. - Origine et pétrographie des dolomies et de la magnésite

Les dolomies, de formule théorique $\text{Ca Mg} (\text{CO}_3)_2$, sont constituées du minéral dolomite, de même formule chimique.

En réalité les dolomies pures sont rares, car elles contiennent presque toujours de la calcite CaCO_3 (dolomies \pm calcareuses), ou des éléments détritiques, de la matière organique, des oxydes etc ...

Il existe donc tous les stades entre dolomie pure et calcaire pur : dolomies calcareuses, calcaires dolomitiques ...

Dans cette étude ne sont prises en considération que les roches contenant plus de 50 % de dolomite.

Les roches dolomitiques ont principalement deux origines, auxquelles sont liés des types de gisements différents :

- dolomies primaires, résultant d'une précipitation chimique de dolomite en milieu lagunaire ou marin très peu profond à tendance évaporitique,

- dolomies secondaires de diagenèse, résultant d'une épigénisation plus ou moins complète dans des calcaires de la calcite par la dolomite, avec remplacement de Ca^{++} par Mg^{++}

Les dolomies primaires sont rares.

Elles forment des bancs réguliers et peu épais, alternant avec des évaporites (gypse, anhydrite, halite) et des marnes ou argiles. Elles sont généralement colorées, argileuses, à grain fin ou très fin, et passent latéralement à des faciès argileux. Ces occurrences, peu répandues dans les séries géologiques, ont un intérêt économique faible, car la dolomie, contenant des impuretés abondantes, est en couches peu épaisses.

Les dolomies secondaires, de diagenèse, sont beaucoup plus fréquentes. Elles ont été formées par substitution plus ou moins poussée d'ions Ca^{2+} par des ions Mg^{2+} lors de l'apport de solutions magnésiennes dans des roches calcaires. Ce phénomène, ou dolomitisation, peut intervenir de façon précoce et rapide dans des calcaires fins ou dans des formations récifales récentes, en milieu de plate-forme marine peu profonde ou de lagune, sous climat chaud.

La diagenèse tardive intervient quant à elle sur toutes roches carbonatées préexistantes, par redistribution ou apport d'ions Mg^{2+} lors de circulations hydrothermales. On observe minéralogiquement un remplacement plus ou moins poussé de la calcite par des rhomboèdres de dolomite, avec un front de dolomitisation souvent très net.

Il en résulte la constitution de lentilles ou de volumes dolomitisés parfois très importants, mais souvent irréguliers ou discontinus, avec des variations verticales ou latérales de composition.

Les dolomies secondaires sont cependant mieux cristallisées et plus pures que les dolomies primaires. Ce sont des roches généralement dures et compactes (densité 2,75 à 2,95), qui par altération météorique deviennent friables ("sables" dolomitiques).

Les carbonates peuvent par ailleurs subir plusieurs phases de dolomitisation et dédolomitisation successives, qui rendent la roche hétérogène.

En France les occurrences les plus importantes des formations de l'ère primaire appartiennent au Cambrien (Massif Armoricaïn, Montagne Noire, Pyrénées) puis après une longue interruption stratigraphique au Dévonien (Montagne Noire, Pyrénées) et au Carbonifère (Boulonnais, Pyrénées). Au Secondaire, de grandes séries dolomitiques se trouvent au Jurassique (Causses, Bassin Aquitain, Provence) et au Crétacé (Pyrénées). Au Tertiaire, ces faciès sont moins nombreux : Eocène (Bassin Parisien, Bassin Aquitain).

La magnésite ou giobertite, de formule théorique $Mg CO_3$, a deux origines principales :

- épigénèse ou hydrothermalisme dans des dolomies, avec remplacement total de Ca^{2+} pour Mg^{2+} produisant une giobertite cristalline (à teneur assez élevée en Fe) en lentilles dans la dolomie,

- oxydation de silicates magnésiens (olivine), produisant une giobertite amorphe, de couleur blanche, à faible teneur en Fe.

La giobertite sédimentaire, directement accumulée en milieu évaporitique, est très rare et forme des bancs peu épais.

En France, seule est connue la giobertite cristalline, formant un petit gisement à Montner (Pyrénées - Orientales), ou des indices dans les Pyrénées - Atlantiques.

2.2. - Répartition et morphologie des gisements

Comme il a été dit précédemment, on trouve des gisements de dolomies dans de nombreux étages géologiques, depuis le Cambrien jusqu'au Tertiaire. Les plus importantes exploitations se trouvent, pour le Nord de la France, dans les formations du Carbonifère (Pas de Calais) et du Cambrien (Mayenne), alors que dans le Sud du pays elles appartiennent aux formations plus récentes du Jurassique supérieur (Lozère, Pyrénées Orientales) et du Crétacé (Aude, Pyrénées, Landes).

Exemples de gisements en exploitation :

- Carrière de Ste Colombe/Guette (11)

. exploitant : Société Pyrénéenne de Charges Minérales
(filiale BMP)

. contexte géologique : dolomie secondaire cristalline, blanche, dure, d'âge Jurassique supérieur à Crétacé inférieur, surmontant des schistes dans un secteur très tectonisé.

. morphologie et mode d'exploitation : masse dolomitique très abrupte à flanc de montagne, exploitée en gradins sur une hauteur de plus de 100 m. Le recouvrement est pratiquement nul.

. production et utilisation : ~ 60 000 t/an (arrêt durant l'hiver) destinées aux charges minérales (peinture, plastique), à la verrerie et aux amendements agricoles (viticulture) ; 40 % de la production est exportée.

- Carrières de Sillard (86)

. exploitants : Iribarren, MEAC.

. contexte géologique : dolomie pulvérulente du Bajocien (Jurassique moyen) d'une dizaine de mètres d'épaisseur, contenant des indurations à ciment de calcédoine.

. morphologie : 250 ha exploitables sur une étendue assez plane, sous 10 à 15 cm de terre végétale ou 2 - 4 mètres de colluvions ; extraction à la pelle mécanique.

. production et utilisation : ~ 6 500 t/an, uniquement pour amendement agricole dans les départements du Massif Armoricaïn. Possibilités en industrie car il s'agit d'une dolomie pure.

- Carrière de Chanac (48)

. exploitant : SAMIN (filiale St Gobain)

. contexte géologique : dolomies grises cavernueuses d'origine diagénétiques, du Bathonien supérieur (Jurassique moyen), en grandes masses non stratifiées.

. morphologie : gisement situé sur le Causse de Sauveterre, recouvrement faible.

. production et utilisation : ~ 120 000 t/an dont 90 % broyés pour l'industrie du verre, le reste étant destiné aux amendements magnésiens.

2.3. - Prospection et évaluation

La prospection de gisements de dolomies se conduit de façon similaire à celles des gisements de calcaires :

- étude préalable de documents bibliographiques et cartographiques,
- reconnaissance géologique sur le terrain avec les moyens classiques (marteau, boussole, clinomètre, carte topographique, acide et colorant servant à différencier la calcite de la dolomite).

Après une observation détaillée des coupes et des affleurements, les échantillons représentatifs sont analysés en laboratoire : calcidolomimétrie, mesure de porosité, analyse chimique, confection de lames minces pour étude pétrographique.

Des investigations plus poussées sont nécessaires lorsque l'occurrence à étudier affleure peu, ou pour reconnaître l'intégralité d'un gisement. On utilise alors des moyens plus "lourds" tels que sondages destructifs ou carottés, géophysique etc ...

3 - SECTEURS D'UTILISATION

Les dolomies ainsi que la magnésite, crues ou calcinées, sont employées activement dans de nombreuses branches de l'industrie ainsi que dans le domaine agricole.

3.1. - Définition des produits utilisés

. Dolomies crues : employées après concassage ou broyage plus fin, dans la métallurgie, la verrerie, l'agriculture.

. Charges : dolomie crue de haute qualité (pureté et blancheur élevées) broyée très finement ou micronisée, utilisée dans les industries du plastique, de la peinture, de la pharmacie et du papier.

. Filler : poudre grossière servant dans la fabrication des enrobés routiers.

. Dolomie calcinée, ou chaux dolomitique, ou chaux magnésienne : oxyde mixte CaMgO_2 obtenu par calcination, en four, des dolomies à une température de $1\ 000^\circ$ à $1\ 300^\circ$ C.

. Dolomie frittée : par calcination ($1\ 300 - 2\ 000^\circ\text{C}$) il se produit une fusion partielle de CaMgO_2 qui présente alors un aspect aggloméré + poussé (cette fusion est facilitée par SiO_2).

. Magnésie : oxyde de magnésium MgO obtenu par calcination à température $< 1200^\circ\text{C}$ de la magnésite ou giobertite MgCO_3 , ou à partir de MgCO_3 précipité de l'eau de mer et calciné. Par calcination à plus de $1\ 200^\circ$ C on obtient de la magnésie fritté (appelée aussi périclase).

3.2. - Sidérurgie, fonderie

En complément des calcaires, la dolomie est employée crue, sous forme de castines dans la sidérurgie, comme fondant permettant d'abaisser la température de fusion à $1\ 400^\circ$ C. La meilleure fluidité des laitiers est obtenue avec 6 à 8 % de MgO . Dans les haut-fourneaux, les agglomérés contiennent ~ 1,5 % MgO , incorporé sous forme de dolomie broyée à 0 - 8 mm (moyenne 1 mm).

Lors de l'enfournement l'utilisation de dolomies sous forme calcinée permet la protection des revêtements de fours magnésiens contre l'attaque de la silice produite lors de la fusion du laitier.

Il est ainsi consommé 20 à 25 kg de dolomies par tonne d'acier produit.

La dolomie facilite également la déphosphoration des fontes (formation de phosphate de Mg).

La sidérurgie et la fonderie ne sont plus actuellement le principal consommateur de dolomies (~ 15 %), du fait de la baisse de la production d'acier et de l'utilisation d'autres produits magnésiens (olivine, dunite, forstérite).

3.3. - Réfractaires

La dolomie et la magnésite servent de matière première à la fabrication de réfractaires basiques, avec d'autres constituants (brucite, kiésérite, chromite, forstérite ...).

La dolomie pure est inutilisable en réfractaire à cause de la difficulté de frittage. Il faut y ajouter alors SiO_2 , ou Fe_2O_3 , Mn_2O_3 , Al_2O_3 , Cr_2O_3 etc... Après calcination à 1 600° C, la dolomie frittée est agglomérée par du goudron exempt d'eau pour empêcher la réhydratation du CaO.

La magnésite ou la giobertite, contenant jusqu'à 8 % maximum de Fe_2O_3 , conviennent mieux pour le frittage, qui s'effectue alors à 1 700° C pour former du magnésioferrite (densité 4,5, très grande dureté). Cette opération est réalisée dans des fours coulants de 15 m de hauteur maximale, à deux étages de brûleurs. Pour atteindre de très hautes températures de cuisson (pour magnésie calcinée à mort : 1 900 à 2 000°C) on injecte de l'oxygène par les brûleurs. Après broyage la magnésie passe sur des tambours magnétiques afin d'éliminer les ferrites de chaux $2 \text{CaO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$. On arrive ainsi à obtenir une teneur de 90 à 92 % MgO.

Pour obtenir de la magnésie de haute pureté, on procède à une électrofusion de giobertite dans un four à arc. Trois électrodes sont placées dans la masse du minerai, dont la partie centrale fond à 2800°C, alors que la partie externe sert de réfractaire. Il se produit ainsi une épuration de la matière.

La magnésie fondue de haute pureté est très résistante et entre dans la composition d'éléments réfractaires blindés, de briques réfractaires haute qualité au carbone, d'isolants électriques et de conducteur de chaleur dans les appareils de chauffage.

On constate donc que les magnésies contiennent généralement 90 à 96 % de MgO, plus dans le cas des magnésies électrofondues ou obtenues à partir de MgCO_3 extrait d'eau de mer.

Les impuretés jouent un grand rôle :

- le fer est un minéralisateur énergique de la magnésie c'est pourquoi il est indispensable,
- la chaux doit être éliminée car elle se réhydrate trop facilement,
- la silice SiO_2 donne un produit très réfractaire (forstérite 2MgO SiO_2) mais ne doit pas dépasser une certaine teneur (avec $\frac{\text{CaO}}{\text{SiO}_2} \approx 1,8$),
- l'alumine Al_2O_3 en petite quantité peut améliorer la résistance mécanique des réfractaires.

Les réfractaires magnésiens sont employés sous forme de briques ou de blocs moulés dans de nombreuses industries : en sidérurgie (fonds de convertisseurs, tuyères, revêtements de fours à sole ...), dans la métallurgie des non-ferreux, dans les industries du verre et du ciment.

3.4. - Industries du verre et des isolants

Les verres contiennent 0 à 4 % de MgO . La magnésie joue un rôle de stabilisant (avec le carbonate de calcium et l'alumine), et augmente la résistance à l'eau, aux acides et alcalis, ainsi que les propriétés mécaniques (dureté, résistance à la compression).

Par ailleurs elle contribue à abaisser la température de fusion, et augmente le lustre du verre.

L'apport de MgO se fait donc au niveau de la préparation du bain, conjointement à celui de CaO , par ajout de dolomie.

Dans l'industrie des isolants la dolomie est utilisée pour la fabrication de laines de roches, en mélange avec d'autres roches de nature silicatée (basaltes, diabases).

En effet les laines de roche contiennent 2 à 13 % de MgO , qui peut être cependant fourni par d'autres sources que la dolomie.

3.5 - Charges en peintures, papiers, plastiques

Les dolomies de haute qualité, de blancheur et pureté élevées, sont employées sous forme de poudres très fines comme charges minérales dans les industries des peintures, des papiers, des plastiques, ainsi qu'en pharmacie.

Dans la peinture, la dolomie est préférable aux carbonates de calcium en utilisation extérieure, par exemple pour les peintures silicatées de protection navires, car elle est plus résistante aux attaques acides et à la corrosion. Ses caractéristiques physiques (blancheur, opacité, comportement rhéologique) sont comparables à celles des calcaires ou de la craie, mais elle est beaucoup moins utilisée que ces derniers, sans doute de par son prix de revient plus élevé. Par ailleurs un faible tonnage est probablement utilisé dans les enduits et les mastics (pigments, Blanc de Paris).

Dans l'industrie du papier la dolomie est très peu employée car elle a une dureté supérieure à celle de la calcite et présente de ce fait un risque de rayure des rouleaux.

Les plastiques, contenant jusqu'à 40 % de charges minérales, incorporent des carbonates, de calcium majoritairement, mais aussi de magnésium dans certains cas. En effet les carbonates améliorent l'extrusion et l'isolation électrique ainsi que les propriétés de résistance des plastiques.

3.6 - Métallurgie du magnésium

Le magnésium métal est utilisé dans les alliages, avec l'aluminium ou d'autres métaux, pour la fabrication de pièces mécaniques (automobiles, aviation...)

Il sert également de réducteur dans la métallurgie de certains métaux (titane, zirconium, hafnium, uranium, béryllium) mais surtout dans la fabrication de l'acier (désulfuration). Dans l'industrie pétrochimique il est employé comme catalyseur.

En France, la seule unité de production, du groupe Pechiney Electrometallurgie, se trouve à Marignac (31). Elle utilise la dolomie du Bajocien, exploitée à Thèbes (65), puis à partir du printemps 1989, dans l'Arize (~ 200 kt/an).

Le procédé de fabrication, Magnatherm, a été mis au point dans cette usine dans les années 1960. C'est un procédé thermique non polluant, qui consiste à broyer et agglomérer de la dolomie frittée, du ferro-silicium et de l'alumine; puis à chauffer les briquettes obtenues à 1200° C dans des chaudières tubulaires sous vide. La magnésie calcinée est réduite par la silice, en produisant des vapeurs de magnésium que l'on fait cristalliser dans une chambre de condensation.

Cette opération consomme 12 000 kWh par tonne de magnésium. La production, de l'ordre de 15 000 t en 1987, est en augmentation régulière d'année en année (11 000 t en 1982, 12 000 t en 1985).

3.7. - Batiment, travaux publics, environnement

Dans ces domaines variés, la dolomie est utilisée sous forme crue et sous forme calcinée.

Les variétés massives et colorées servent de pierre de construction ou de pierre pour monument de façon analogue aux calcaires (sujet non traité dans ce mémento). Les dolomies blanches sont employées dans la fabrication d'agrégats, de bordures réfléchissantes, ou de terrazzo et granito.

En construction la dolomie calcinée peut être employée comme chaux à bâtir ou dans la confection d'enduits. Son emploi est également envisagé pour le remplissage des cavités de stockage de déchets radioactifs en milieu granitique par des ciments magnésiens.

La magnésite calcinée entre quant à elle dans la composition du ciment Sorel, en mélange avec une solution de $MgCl_2$, $MgSO_4$ et de la laine de roche, destiné aux planchers isolants antifeu ou aux planchers de wagons

Dans les travaux publics, les dolomies sont employées sous forme de filler dans les enrobés bitumineux pour couche de surface en viabilité, et sous forme de chaux dolomitiques pour la stabilisation des sols argileux, de façon analogue aux chaux calcitiques (c.f. mémento calcaires, craies et marbres à usages industriel et agricole).

Dans le domaine de l'environnement, la dolomie est utilisée en lits filtrants pour l'épuration des eaux, la chaux dolomitique pour le traitement des eaux usées de l'industrie textile, et pour l'élimination de Pb, F, SiO_2 , As et des métaux lourds contenus dans l'eau.

3.8. - Agriculture, alimentation animale

Les dolomies et la magnésite sont de plus en plus utilisées en agriculture dans le traitement des sols acides (plus de la moitié des surfaces agricoles en France).

Le pouvoir neutralisant de MgO est élevé, 1,4 fois celui de CaO , et permet de relever le pH des sols acides. En effet la plupart des plantes ont leur maximum de croissance dans un sol à pH pratiquement neutre (6,5 à 7,5), car dans les sols acides les phosphates et les oligo-éléments se trouvent bloqués.

Le magnésium est donc un des principaux agents fertilisants, mais il ne doit pas être utilisé seul (MgO ou $MgCO_3$) car il y a alors risque de dispersion des argiles et de destruction des sols.

La teneur minimale en Mg échangeable est fonction du taux d'argiles :

Argiles %	Mg échangeable %
10	0,010
15	0,014
20	0,016
25	0,018
30	0,021
35	0,025

Le magnésium est apporté par les composés fertilisants suivants :

	% MgO	% CaO	Valeur neutralisante*
Chaux magnésienne vive	18 à 37	75 à 45	80 à 110
Amendement calcaire magnésien	8 à 17	45 à 25	48 à 56
Dolomies	17 à 21	30 à 20	50 à 58
Amendement mixte magnésien	10 à 30	50 à 30	55 à 75

* base 100 représentée par une chaux à 100 % CaO.

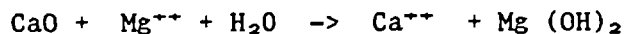
La rapidité d'action des amendements magnésiens dépend de la forme du produit (calciné ou brut) et de sa granulométrie (poudre, concassé). Les formes calcinées (MgO directement disponible), et en poudre, sont les plus rapides.

Dans l'alimentation animale les produits magnésiens rentrent pour 0,01 % à 0,09 % dans la composition des aliments, principalement ceux des bovins et accessoirement des porcins. Au total 23 500 t de ces produits ont été consommés en 1985 (prix moyen 1 200 F/t MgO).

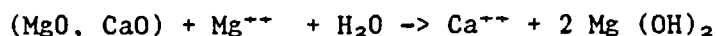
3.9. - Magnésie d'eau de mer

L'eau de mer contient environ 2,1 g/l d'équivalent MgO sous forme ionique Mg^{++} . On obtient une précipitation de la magnésie (sous forme hydratée) en faisant agir de la chaux calcique ou magnésienne sur l'eau de mer. En effet à température ambiante $Mg(OH)_2$ est très peu soluble (9 mg/l).

Avec la chaux calcique la réaction est :



et avec la chaux magnésienne



Le rendement est donc meilleur avec la chaux magnésienne qui permet d'obtenir deux fois plus de magnésie que la chaux calcique. La fabrication d'1 tonne de magnésie d'eau de mer nécessite 1,3 tonne de chaux magnésienne.

Le sel recueilli est calciné après lavage, décantation et séchage. En France une unité de production a été installée récemment dans les Bouches du Rhône. Sa production de 30 000 t/an est en grande partie destinée à l'exportation.

La magnésie d'eau de mer est essentiellement utilisée dans l'industrie des réfractaires.

3.10 - Autres utilisations

. En céramique la dolomie est une matière première très recherchée pour la fabrication des "biscuits de faïence", dans laquelle elle est préférée au calcaire pour des raisons de comportement au feu. Broyée à 100 μm elle entre pour 20 à 30 % dans la composition des pâtes, le pourcentage d'ajout étant fonction de la température de cuisson et du degré de cimentation des constituants de la pâte.

La dolomie est également utilisée comme opacifiant dans la fabrication des glaçures et des émaux.

. Les dolomies, possédant des propriétés d'abrasifs doux, rentrent dans la composition de poudres à récurer, et sont employées pour le polissage des métaux.

. En pharmacie, la dolomie entre dans la composition des pâtes dentifrices comme élément abrasif doux, et la magnésite et les dolomies sont utilisées pour fabriquer du carbonate de magnésium hydraté, $(\text{MgCO}_3)_3 \text{Mg}(\text{OH})_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (ou $3 \text{H}_2\text{O}$) qui rentre dans la composition des médicaments (excipient ou adsorbant).

. Les dolomies (ainsi que des calcaires et marbres) finement broyées sont incorporées dans certaines boues de forage, car solubles dans les solutions acides pour augmenter leur densité. La magnésie sert quant à elle à maintenir à PH 10 les boues saumâtres.

4 - CRITERES D'EXPLOITABILITE ET SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES

4.1. - Critères de sélection et d'exploitabilité liés au gisement et au matériau

Les critères de sélection d'un gisement de dolomies sont liés à sa structure générale, ainsi qu'à la qualité du matériau.

- Critères de sélection liés au gisement

- . exploitation à ciel ouvert, avec taux de recouvrement faible, 1/10 à 1/1 maximum,
- . extension et volume suffisants pour que les réserves couvrent plusieurs décennies d'exploitation,
- . homogénéité et régularité du gisement et des teneurs, structures simples,
- . proximité de voies de communication et de centres de consommation industriels ou agricoles ; toutefois les dolomies à usage industriel valorisant (charges, verrerie, magnésium, réfractaires) peuvent supporter un transport important,
- . contraintes d'environnement, communes à toutes les exploitations à ciel ouvert.

- Critères de sélection du matériau

. qualité chimique, paramètre primordial dans les utilisations industrielles. Les dolomies doivent être de composition chimique la plus régulière possible avec notamment $MgO > 19 \%$, sauf en haut - fourneau (18 %) et en agriculture (teneurs variables). La présence de silice est à réduire au maximum en réfractaires, charges et verrerie, celle du fer à éviter dans presque toutes les utilisations à l'exception des réfractaires,

. qualités physiques, principalement la résistance à la compression ($> 400 \text{ kg/cm}^2$ pour une bonne aptitude à la calcination), un indice de blancheur élevé pour les charges (qui peuvent être friables, ce qui améliore la finesse des poudres).

4.2. - Spécifications industrielles

4.2.1. - Utilisations en sidérurgie et fonderie

En aciérie la dolomie d'enfournement doit avoir la granulométrie suivante :

- . 8 à 40 mm avec moins de 5 % < 2 mm ou
- 5 à 30 mm avec moins de 10 % < 5 mm.

Dans les convertisseurs elle est injectée avec l'oxygène sous forme de poudre broyée à moins de 1 mm. La composition chimique de la chaux magnésienne obtenue doit être la suivante :

MgO > 37 %, CaO > 55 %, SiO₂ < 3 %, Al₂O₃ < 1,6 %
Fe₂O₃ < 1,5 %, P.F. < 2,5 %

Dans la fabrication de la fonte, les composés magnésiens sont incorporés crus ou dans les agglomérés. La dolomie crue doit avoir une granulométrie comprise entre 20 et 80 mm, avec une résistance à la compression à chaud supérieure à 400 kg/cm².

Dans les agglomérés il faut une granulométrie moyenne de 1 mm, et également de la chaux magnésienne de granulométrie < 1 mm.

La composition chimique des dolomies crues est la suivante :
18 % < MgO < 21 %, 28 % < CaO < 31 %, SiO₂ < 6 %, Al₂O₃ < 4 %, pas d'éléments nuisibles (S, P, K, Na, Zn, Cu).

4.2.2. - Utilisations en réfractaires

La magnésite calcinée doit contenir 90 à 96 % MgO avec un pourcentage de Fe₂O₃ (8 % max.), Al₂O₃, SiO₂. Les dolomies doivent contenir une certaine proportion de silice, alumine et fer pour permettre le frittage. La composition des dolomies frittées est la suivante :
26 % < MgO, 56 % < CaO < 59 %, 1 < % Fe₂O₃ + Al₂O₃ < 4 %, 1 < % SiO₂ < 2 %, 1,5 % < PF < 2,5 %.

4.2.3. - Utilisations dans l'industrie du verre et des isolants

Les dolomies utilisées dans l'industrie du verre doivent avoir des spécifications strictes en ce qui concerne les composants infusibles et les éléments colorants.

Leur teneur en minéraux infusibles à 1 300° C (grenat, sillimanite, disthène, andalousite, staurotide, tourmaline, zircon, rutile) doit-être au maximum de :

- 0,30 % pour une taille < 0,4 mm
- 0,05 % pour une taille < 0,1 mm

Les teneurs en éléments colorants (Fe surtout, Cr, Mn, V, Co, Cu) doit être < 0,04 % pour verres très blancs, < 0,1 % pour verres blancs.

Une composition correcte est telle que :

19,5 %	< MgO	< 21 %
29 %	< CaO	< 36 %
40 %	< CO ₂	< 48 %
	SiO ₂	< 0,3 %
	Al ₂ O ₃	< 0,1 %
	Fe ₂ O ₃	< 0,1 %
	SO ₃	< 0,05 %
	TiO ₂	: 0 %

La granulométrie des dolomies crues employées dans le calcin est comprise entre 0,1 et 0,5 mm.

Dans l'industrie des isolants les spécifications concernant les teneurs en minéraux infusibles sont comparables à celles de l'industrie du verre.

4.2.4. - Utilisations en charges pour peintures, papiers, plastiques et pharmacie

Dans ces utilisations les critères déterminants sont liés aux caractéristiques physiques des dolomies :

- indice de blancheur > 90 % au filtre tristimulus (référence à Ba SO₄ précipité : 100 %),
- indice de réfraction de 1,55 à 1,62,
- granulométrie < 100 µm à < 2 µm selon les emplois,
- surface spécifique de 0,2 à 10 m²/g,
- indice d'huile 11 à 25 (en ml d'huile de lin absorbée par 100 g en poudre),
- abrasivité réduite,
- densité réelle 2,85, apparente pouvant aller jusqu'à 0,3.

Une composition chimique moyenne de dolomie blanche des Pyrénées donne :

20 %	< MgO	< 21,7 %
29 %	< CaO	< 31 %
	CO ₂	: 47,5 %
	Al ₂ O ₃	< 0,1 %
	Fe ₂ O ₃	< 0,1 %
	insolubles HCl	< 1 %

4.2.5. - Utilisation dans la métallurgie du magnésium

La dolomie, utilisée en France dans la métallurgie du magnésium, doit avoir des caractéristiques analogues à celle employée en réfractaires.

Les teneurs en Al, Fe, Mn, Cu, Cr, Zn doivent être très faibles, celle en MgO > 19 %.

4.2.6. - Utilisations dans le bâtiment, les travaux publics et l'environnement

Les dolomies blanches utilisées pour la fabrication d'agrégats, de terrazzo et granito et de bordures réfléchissantes doivent posséder une bonne résistance à l'écrasement et aux chocs.

Les chaux dolomitiques pour enduit ou crépis doivent former une poudre homogène, exempte de surcuits qui s'hydratent et provoquent des fissures.

Dans les travaux routiers, les fillers dolomitiques (< 80 μm) sont moins appréciés que les calcitiques, et les granulats doivent posséder une bonne résistance mécanique aux chocs (Los Angeles 30 à 40 maximum selon utilisation). Les chaux dolomitiques utilisées pour stabiliser les sols argileux doivent posséder une granulométrie de 0 - 2 mm (90 % < 200 μm , 50 % < 80 μm pour la chaux vive) afin d'avoir une action rapide.

La dolomie en lits filtrants servant à l'épuration des eaux usées doit avoir une granulométrie < 100 μm , et les chaux dolomitiques utilisées pour le traitement des rejets de l'industrie textile ou pour éliminer les métaux lourds, doivent être exemptes de ces métaux et de SiO_2 .

4.2.7. - Utilisations en agriculture et dans l'alimentation animale

Les dolomies et magnésites (crues et calcinées) entrant dans la composition d'amendements simples ou composés sont employées selon 4 catégories granulométriques :

- . concassé > 5 mm
- . broyé 80 % < 5 mm
- . pulvérisé 99 % < 1 mm, 80 % < 315 μm
- . granulé (pulvérisé aggloméré)

Teneurs en	MgO	MgO + CaO	
	17 %	40 %	dolomies
	16 %	70 %	chaux magnésiennes vives
	12 %	50 %	" " éteintes

Ces valeurs sont faibles car les dolomies exploitées en France titrent généralement plus de 19 % MgO.

La valeur neutralisante de l'acidité des sols est proportionnelle aux teneurs en MgO et CaO, tandis que la rapidité d'action des amendements est liée en grande partie à la granulométrie des produits.

Les produits magnésiens qui entrent dans la composition des aliments pour animaux (magnésite surtout) ne doivent pas contenir d'éléments toxiques (Pb, Cu, Co, Sr, Cd...) et doivent être suffisamment fins (< 100 μm).

5 - MODES DE TRAITEMENT ET DE PREPARATION

5.1. - Produits crus

Après abattage, concassage, broyage et criblage effectués de la même façon que pour les granulats de roches massives, des traitements plus spécifiques dépendant de la qualité du matériau et de son utilisation sont mis en oeuvre.

- . Sidérurgie : mélangée aux castines calcaires la dolomie est concassée à 5 - 100 mm selon les types de four. La dolomie pour agglomérés est broyée à moins de 8 mm (1 mm en moyenne).
- . Réfractaires : la dolomie est broyée (< 2 cm) puis calcinée et frittée.

La magnésite est broyée et tamisée (grains de 4 à 30 mm séparés de la dolomie en liqueur dense et envoyés au four, éléments fins de 0 à 4 mm agglomérés après flottation puis calcinés à 1700° C).

- . Verrerie, isolants : la dolomie utilisée a une texture saccharoïde friable, et subit au broyage assez poussé (0,1 à 0,5 mm) pour être introduite dans les bains de fusion.
- . Charges : dolomie peu indurée subissant un lavage préalable puis un broyage à 0 - 20 µm dans un broyeur sécheur à cyclones et grilles pour séparation des fractions granulométriques, ou dans un broyeur à billes d'acier avec centrifugation et aspiration. Les éléments durs sont alors éliminés.

La poudre obtenue est stockée en silos. Avant son incorporation dans les composés organiques elle est traitée selon des procédés spéciaux (avec adjuvants) pour mieux se mélanger à la phase organique.

- . Agriculture et alimentation animale : la dolomie et la magnésite subissent un broyage fin (< 100 µm) pour être incorporées aux aliments, tandis que celles qui sont destinées à l'agriculture sont livrées avec une granulométrie variable (5 mm à moins de 315 µm) selon la qualité du produit.

5.2. - Produits calcinés

Les dolomies et la magnésite sont soumises à des calcinations plus ou moins poussées, entre 1200 et 2 000°C, selon le produit désiré (calciné ou fritté).

Deux modes de préparations sont réalisés :

- dans le premier le matériau est concassé à 20 - 140 mm et introduit dans des fours verticaux, chauffés au coke (anciens modèles) au fuel lourd ou au gaz (fours droits modernes). Ce type de four est économique, et le rendement énergétique est élevé (900 thermies par tonne de chaux magnésienne à 1200°C).

- dans le second procédé, la dolomie ou la magnésite broyée plus finement (2 à 15 mm) sont injectées dans des fours rotatifs, dont la consommation énergétique est plus élevée.

La dolomie calcinée obtenue dans ces deux types de fours, à une température < 1200°C, a une porosité élevée (50 %).

A 1300°C une dolomie légèrement frittée plus compacte est obtenue.

La dolomie frittée (ou calcinée "à mort") est fabriquée dans les fours verticaux entre 1 800 et 2 000°C ; elle perd alors sa porosité et a une cohésion largement augmentée.

La dolomie légèrement frittée est utilisée en sidérurgie (enfournement), et celle qui est frittée à haute température dans l'industrie des réfractaires car sa cohésion est une qualité nécessaire pour la fabrication de briques ou de pisés.

6 - PRODUITS DE SUBSTITUTION

Les dolomies (et la magnésite) sont des matières premières irremplacables dans certains domaines, alors que dans d'autres secteurs il existe des produits de substitution dont le coût est généralement plus élevé.

. Sidérurgie : dans les haut-fourneaux, l'olivine, la forstérite et la dunite remplacent assez avantageusement la dolomie (surtout pour les aciers manganésifères et pour les minerais peu silicatés).

Leur intérêt technique est :

- perte au feu faible (2 % contre 40 % pour la dolomie),
- amélioration du collage des fines de minerai de fer pour la fabrication des agglomérés,
- neutralisation des alcalins qui provoquent des accrochages et des prises en masse,
- meilleure fluidité.

Cependant ces produits sont plus onéreux (120 - 250 F/t) et sont importés en totalité.

. Réfractaires : les réfractaires magnésiens résistent le mieux à l'acier et à la fonte en fusion. La magnésite donne des produits réfractaires à durée de vie plus longue que la dolomie, et la forstérite peut être utilisée dans les zones les moins chaudes des fours.

L'olivine à 56 % MgO et 5,6 % Fe₂O₃ est de moins en moins employée.

. Verrerie et isolants : d'autres composants que la dolomie peuvent convenir, mais sont plus coûteux. Ce sont la magnésite, la kiésérite Mg SO₄ (H₂O) qui offre l'avantage de fournir SO₃, et la forstérite qui est moins fusible que la dolomie.

Dans la fabrication de laines de roche, d'autres roches magnésiennes (amphibolites, serpentine) peuvent se substituer aux dolomies.

. Charges : la dolomie (celle des Pyrénées par exemple) a une blancheur très élevée, mais la craie et les calcaires blancs sont compétitifs (coûts moins élevés pour blancheurs équivalentes). Les autres charges minérales (kaolin, talc, wollastonite, oxyde de Ti) en général plus chères que la dolomie ont des caractéristiques physiques assez différentes et ne la concurrencent pas directement.

. Métallurgie du magnésium : la dolomie est actuellement la seule matière première utilisée pour obtenir du Mg métal par le procédé Magnatherm. Dans les procédés Norsk Hydro et Dow Chemicals on effectue une électrolyse de saumure ou d'eau de mer.

. Batiment, travaux publics, environnement : les calcaires et la chaux calcitiques sont pratiquement interchangeables avec les dolomies et les chaux magnésiennes dans tous les domaines d'utilisation mentionnés. Leur emploi dépend plutôt de conditions économiques locales.

. Agriculture et alimentation animale : par rapport au calcaire les dolomies et la magnésite ont l'avantage de fournir Mg indispensable à la synthèse de la chlorophylle et au métabolisme animal. Par contre la kiésérite ($Mg SO_4, H_2O$) apporte du soufre mais son coût est élevé (- 600 F/t).

La dolomie et la magnésite n'ont donc pas beaucoup de produits naturels concurrents, hormis en sidérurgie, et leur consommation en France devrait continuer à croître régulièrement dans les années qui viennent, notamment avec l'élaboration de nouveaux produits composites.

LISTE DES FIGURES ET DES TABLEAUX

Figure 1 - Répartition de la production des dolomies à usage industriel et agricole en France.

Tableau 1 - Statistiques des productions, consommations et échanges commerciaux des carbonates magnésiens et produits dérivés en France.

Tableau 2 - Principales sociétés productrices de dolomies en France.

Tableau 3 - Statistiques des consommations moyennes en dolomies et en magnésite (sous formes crues et calcinées) dans les principaux secteurs industriels et agricoles en France (1984 - 1987)

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- BERTON Y. - LE BERRE P. (1981) - Guide de prospection des matériaux de carrière - Méthodes et Manuels B.R.G.M. n° 5.
- Carte Géologique de la France à 1/1.500.000.
Notice explicative.
- C.E.L.A.C. - Les amendements calcaïques et magnésiens - Paris.
Statistiques des livraisons d'amendements calcaïques et magnésiens - 1986.
- CERIPEC - Centre d'Etude et de Recherche des Industries de Peintures, Encres et Couleurs fines.
- Chambre Syndicale de la Sidérurgie française - Bulletin statistique 1986 - n° 866.
- D.A.T.A.R. (Délégation à l'Aménagement du Territoire et à l'Action Régionale) B.R.G.M. (Service Géologique Régional Languedoc Roussillon) 1984 - Atlas des ressources du sous-sol : Lozère - Pyrénées Orientales - Aude.
- EULRY M. (1987) - Données économiques et techniques sur quelques matériaux de carrière en Languedoc - Roussillon. Les dolomies, les calcaires, le gypse et les minéraux alumineux - Rapport B.R.G.M. 87 LRO 715 PR.
- Fédération des chambres syndicales de l'Industrie du Verre - Rapports d'activité (1985 - 1984 - 1983 - 1980 - 1979).
- GRES M. (1979) - Mémento substances utiles - (Matériaux de Carrière) - Dolomies Industrielles - Rapport B.R.G.M. 79 SGN 146 MTX.
- Industrial Minerals - Applications of dolomite - Octobre 1984
- Industrial Minerals - Mineral for paint - Décembre 1985.
- Industrial Minerals - White carbonate fillers - An ocean of difference - Aout 1987.
- Industrial Minerals - Minerals in pharmaceuticals - Aout 1988.
- Industrial Minerals and Rocks - 5th Edition Vol. 2. Society of mining engineers NY 1983.

INRA - Documentation inédite.

MARTEAU P. (1988) - Mémento roches et minéraux industriels - Les calcaires, craies, marbres et produits dérivés à usage industriel et agricole.

Minerals Year book - Vol. 1 - US Department of the interior - 1986.

Statistiques du commerce extérieur de la France - Ministère de l'Economie, des Finances et du Budget. 1982 - 1983 - 1984 - 1985 - 1986.

Syndicat national des fabricants de ciments et de chaux - Annuaire 1982
- Annuaire 1986.
- La chaux dans les techniques routières.

UNICEM - Matériaux de construction et produits de carrières.
Statistiques 1983 - 1984 - 1985 - Annuaire 1987.