



mémento roches et minéraux industriels

les pierres ornementales





mémento roches et minéraux industriels

les pierres ornementales

B.E. Odent

novembre 1987
87 SGN 763 GEO

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

SOMMAIRE

Pages

INTRODUCTION

1 - ECONOMIE ET MARCHE	1
1.1. - MARCHE FRANCAIS	2
1.1.1 - Localisation des zones de production	2
1.1.2 - Production nationale	6
1.1.3 - Exportations - Importations	10
1.1.4 - Prix - Mercuriales	17
1.1.5 - Structure professionnelle	21
1.2 - LE MARCHE MONDIAL	22
1.2.1 - Les pays producteurs	22
1.2.2 - Les échanges internationaux	26
1.2.3 - Pays consommateurs	26
2 - GEOLOGIE	28
2.1 - TYPES ET ORIGINES DES PIERRES ORNEMENTALES	28
2.2 - MORPHOLOGIE DES GISEMENTS	28
2.2.1 - Les bassins sédimentaires	28
2.2.2 - Les massifs éruptifs	31
2.2.3 - Les massifs métamorphiques	32
2.3 - GUIDE DE PROSPECTION	32
2.3.1 - Phases préliminaires	32
2.3.2 - Etude du marché	33
2.3.3 - Etude de faisabilité d'un projet d'exploitation sur un ou deux sites sélectionnés	33
2.4 - PRINCIPAUX GISEMENTS	36
2.4.1 - En France	36
2.4.2 - A l'étranger	39
3 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES	41
3.1 - CARACTERISTIQUES COMMUNES AUX PIERRES CALCAIRES	41
3.2 - CARACTERISTIQUES DES AUTRES PIERRES ORNEMENTALES	45
3.3 - CARACTERISTIQUES APORTEES PAR LE TRAVAIL EN SURFACE DE LA PIERRE	45

	Pages
4 - SECTEURS D'UTILISATION	47
4.1 - BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS	47
4.1.1 - Pierre calcaire et marbrerie de bâtiment	47
4.1.2 - Grés de construction	47
4.1.3 - Granites et "roches similaires"	48
4.1.4 - Ardoiserie	48
4.1.5 - Lave	48
4.2 - LES MONUMENTS FUNERAIRES	48
5 - CRITERES DE SELECTION ET SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES	49
5.1 - CRITERES DE SELECTION ET D'EXPLOITABILITE DES GISEMENTS	49
5.1.1 - Critères liés aux qualités de la pierre	49
5.1.2 - Critères liés aux gisements	50
5.2 - SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES	54
5.2.1 - En France	54
5.2.2 - Aux Etats-Unis	56
6 - TECHNIQUES D'EXTRACTION ET DE TRANSFORMATION	57
6.1 - EXTRACTION EN CARRIERE	57
6.1.1 - Découverte	57
6.1.2 - Méthodes traditionnelles d'extraction	57
6.1.3 - Techniques moderne d'extraction	61
6.1.4 - Débitage secondaire	66
6.1.5 - Equarrissage des blocs	66
6.2 - LA TRANSFORMATION EN USINE	67
6.2.1 - Sciage industriel	67
6.2.2 - Polissage industriel	75
6.2.3 - Chaîne de transformation automatisée	80
7 - PRODUITS DE SUBSTITUTION	80
BIBLIOGRAPHIE	83
Annexe 1 - Index alphabétique des carrières de Pierres ornementales et dimensionnelles en France	84
Annexe 2 - Cartes de localisation des gisements mondiaux de Pierres Ornementales	92

LISTE DES FIGURES

	Pages
Fig. 1 - Les bassins de production dans le contexte géologique de la France	3
Fig. 2 - Les carrières Rocamat en France (1985)	37
Fig. 3 - Les usines Rocamat en France (1985)	38
Fig. 4 - L'extraction en carrière	58
Fig. 5 - Schéma d'installations en carrière de granites	59
Fig. 6 - Plan d'équipement de carrière de marbre	60
Fig. 7 - Contrôle hydraulique de transmission de puissance dans une installation de sciage par câble diamanté.	62
Fig. 8 - Exemples de découpage de masses rocheuses au câble diamanté	63
Fig. 9 - Chaîne de transformation sciage - polissage - débitage	68
Fig. 10 - Schéma général d'un châssis à lames d'acier	70
Fig. 11 - Polissoir à plat pour granit et marbre	76
Fig. 12 - Polissoir à genouillère pour granit et marbre	77
Fig. 13 - Machine combinée pour tous matériaux : Moulureuse - Fraiseuse - Polisseuse - Perceuse.	78
Fig. 14 - Chaîne de transformation des Pierres Ornementales	82

LISTE DES TABLEAUX

	Pages
Tableau 1 - Pétrographie et stratigraphie - Répartition régionale	4
Tableau 2 - Echelle stratigraphique et matériaux	5
Tableau 3 - Production de pierre calcaire et de marbre en France de 1980 à 1986	9
Tableau 4 - Production de "granit" en France de 1980 à 1986	11
Tableau 5 - Production de grés de construction en France de 1980 à 1986	13
Tableau 6 - Production de laves en France de 1980 à 1986	14
Tableau 7 - Exportations de pierres de construction et d'ornementation en France ... de 1980 à 1986.	15
Tableau 8 - Importations de pierres de construction et d'ornementation en France ... de 1980 à 1986.	16
Tableau 9 - Produits de carrière - Mercuriales des blocs de pierre de taille	18
Tableau 10 - Produits de carrière - Mercuriales des blocs de granite et de ... marbres français.	19
Tableau 11 - Produits de carrière - Mercuriales des tranches de marbres français - ... Pierres marbrières, travertins, onyx et tranches de marbres étrangers.	20
Tableau 12 - Le marché mondial de la pierre ornementale en 1984	23 24 25
Tableau 13 - Classification des Pierres Ornementales	30
Tableau 14 - Principaux producteurs mondiaux de pierres dimensionnelles	40
Tableau 15 - Principales caractéristiques des roches consistantes	42
Tableau 16 - Divers modes de taille de la pierre	46
Tableau 17 - Principaux défauts des pierres limitant leur utilisation	51
en ornementation.	
Tableau 18 - Normes AFNOR relatives aux Pierres Ornementales	55
Tableau 19 - Normes ASTM	56
Tableau 20 - Les principales caractéristiques physiques des matériaux	56
de construction (normes ASTM)	
Tableau 21 - Coûts comparés de différentes méthodes de découpage du	65
marbre en carrière.	
Tableau 22 - Découpage de bancs marbriers - Indice de production	65
Tableau 23 - Coûts composés de méthodes de sciage du granite (multitraits)	71
Tableau 24 - Caractéristiques des différents types de disques diamantés	73
Tableau 25 - Coûts comparés des méthodes de sciage du granite (monotrait)	74
Tableau 26 - Coût du polissage à plat du granite	79

INTRODUCTION

L'Industrie de la Pierre en France occupe encore, en 1986, une place importante dans le secteur des matériaux de construction puisqu'elle réalise un chiffre d'affaires, tous matériaux confondus, de près de 3 milliards de francs pour un effectif de 9.500 salariés.

La seule industrie extractive du granit représente plus de la moitié de cette somme, fournissant 80 % de la matière première pour les monuments funéraires.

La pierre calcaire et le marbre constituent l'autre secteur important de cette industrie, réalisant 1,1 milliard de francs de chiffres d'affaires en 1986 (177.000 m³ de blocs bruts).

1 - ECONOMIE ET MARCHE

1.1 - MARCHE FRANCAIS

1.1.1 - Localisation des zones de production

La production française est très diversifiée en nature et dispersée en localisation (fig. 1). Elle comprend essentiellement :

- des calcaires et des pierres marbrières,
- des marbres (calcaire métamorphisé, recristallisé),
- des granites,
- des grès,
- des laves.

Le tableau n° 1 résume la répartition régionale des points d'extraction en fonction de leur faciès pétrographique et de leur stratigraphie sommaire.

Les roches cristallophylliennes, représentées par les granites, affleurent dans les massifs anciens tels que le Massif Central, le Massif Armoricaïn et les Vosges.

Les roches sédimentaires sont localisées dans le Bassin Parisien, le Bassin Aquitain et quelques petits bassins de moindre importance.

Les bassins de production de roches métamorphiques sont situés dans les régions fortement tectonisées telles que les bordures du Massif Central, des Vosges et des Pyrénées ou encore le Boulonnais.

Dans le tableau n° 2, les principaux bassins de production sont positionnées sur l'échelle stratigraphique. Les pierres calcaires et marbrières ont pour origine les Eres Secondaire et Tertiaire.

Par contre, les marbres, les grès et les granites appartiennent exclusivement aux terrains anciens de l'Ere Primaire.

Fig. 1 - Les bassins de production dans le contexte géologique de la France

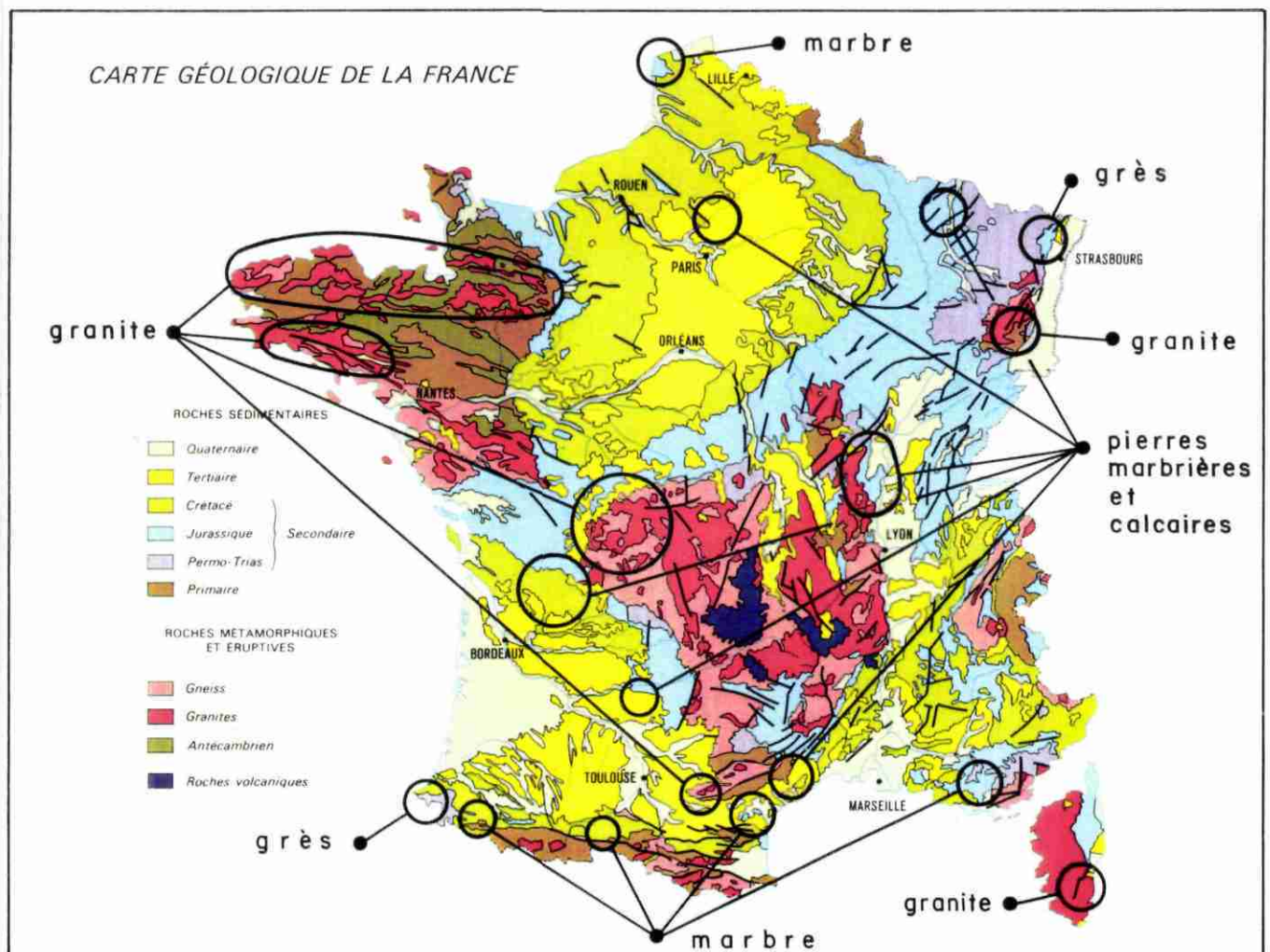


TABLEAU I
Pétrographie et stratigraphie
Répartition régionale

Régions	Roches			
	Cristallophylliennes	Métamorphiques		Sédimentaires
	Granites	Grès	Marbres	
Nord - Pas-de-Calais Picardie Normandie Champagne-Ardenne Lorraine Alsace Bretagne - Pays-de-la-Loire Centre	Cotentin (P) Vosges comtoises (P) Massif armoricain (P)	Vosges gréseuses (S) Maine (S)	Boulonnais (P)	Valois/Soissonnais (T) * Côtes de Meuse (S) * (Côte-d'Or (S) Châtillonnais (S) Mâconnais (S) Dombes (S) Seuil du Poitou (S) Comfentais (S)
Bourgogne				
Poitou-Charentes				
Limousin/Auvergne	Monts du Limousin (P) NW Massif central (P) Millevalches (P)			
Rhône-Alpes Aquitaine		Pays basque	Pyrénées-Atlantiques (S) Pyrénées centrales (S)	Lyonnais (S) Dordogne (T)
Midi-Pyrénées	Sidobre Montagne noire (N) (P)			
Provence - Côte d'Azur				Var (S) Vaucluse (T)
Corse	*			
Languedoc-Roussillon			Cévennes Montagne noire (P) Bas-Languedoc (S) Pyrénées-Orientales (S)	Gard (T)

Ere géologique : (P) Primaire.
(S) Secondaire.
(T) Tertiaire.

* Présence de carrières à production locale.

TABLEAU II
Echelle stratigraphique et matériaux

Age	Ere	Période	Etage	Pierres calcaires	Pierres marbrières	Granites	Grès	
Millions An								
2	Tertiaire (Cénozoïque)	Pliocène	Villafranchien	S.E. Massif central				
12		Miocène	Pontien Tortonien Helvétien Burdigalien	Pont du Gard Vers. Brouzet. Espail Estailade Rognes				
25		Oligocène	Aquitanién Stampien Sannoisien					
37		Eocène	Bartonien Lutétien	Bassin de l'Oise (Noyant, St-Leu)				
65			Yprésien Sparnacien Thanétien Montien					
225	Secondaire (mésozoïque)	Crétacé	Crétacé supérieur	Danien Sénonien Turonien Cénomanién	Bassin des Charentes (Richemont, St-Même)	Pyrénées occidentales Arudy Izeste		
				Albien Aptien Barrémien Néocomien Portlandien Kimméridgien Oxfordien	Bassin lorrain (Euville)			
		Jurassique	* Jurassique supérieur - Malm - * Dogger moyen	Callovien Bathonien	Bassins : du Poitou Chauvigny Vilhonneur Sireuil du Châtillonnais Chamesson Ravières Buffon Massangis Anstrude			Comblanchien Corgolin Chassagne Premeaux
			Lias inférieur	Bajocien Aalénien Toarcién Pliensbachien Sinémurien Bettangien Rhétien	du Mâconnais Montalieu Farges			St-Martin-Belleroche
			Trias	supérieur moyen inférieur	Keuper Muschelkalk Buntsandstein			
300	Primaire (paléozoïque)	Permien	Stéphanien	Marbres Pyrénées Boulonnais Montagne noire (Sud Massif central) St-Laurent Languedoc Antique Ste-Anne Lunel	NW du Massif central et Massif armoricain	Grès à volzia des Vosges et du Pays basque		
375		Carbonifère	Westphalien					
600		Dévonien Silurien Ordovicien Cambrien	Namurien Viséen Tournaisien					
1 000	Précambrien	Cadonien						
2 500		Infra-cambrien	Briovérien					
4 100		Protéozoïque archéen						

1.1.2 - Production nationale

Les statistiques de l'UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de Construction) sont actuellement les seules à répertorier les productions françaises de pierres ornementales.

Les tableaux ci-après regroupent par type de roche de 1980 à 1985 :

- le cubage à l'extraction des blocs bruts "marchands" et des moellons,
- la surface de produits semi-ouvrés ($2\text{ cm} < \text{épaisseur} < 25\text{ cm}$),
- la surface de produits ouvrés, finis qu'ils soient sciés ou polis.

Les tableaux 3, 4, 5 et 6 présentent respectivement les productions de :

- pierre calcaire et de marbre,
- granites" (granites au sens géologique, gabbros, norites...),
- grès de construction,
- laves.

En annexe 1, un index alphabétique regroupe les carrières de pierres ornementales et de construction par département et par matériau. Il faut remarquer que l'activité d'extraction est fortement concentrée sur cinq régions : Bourgogne, Languedoc, Boulonnais, Charentes et Provence (cf. fig.1 et tabl.1)

1.1.2.1 - Les Pierres de construction

Ce sont des pierres qui ne prennent pas le poli et qui sont utilisées pour leurs aspects décoratifs. Traditionnellement utilisées comme pierres massives de construction, découpées à dimensions ("dimension stones" ou pierres de taille"), elles peuvent être utilisées comme pierres de revêtement en dalles épaisses lorsque leurs résistances mécaniques aux attaches le permettent.

Proches de 220 000 m³ de 1968 à 1970, la production de pierres de construction a chuté à 166 000 m³ en 1972, 150 000 m³ en 1974, 135 000 m³ en 1980 et 1981.

Elle paraît être stabilisée aux environs de 120.000 m³ depuis 1982. Durant la période étudiée, il apparaît que l'extraction de pierres tendres a lentement diminué au profit de la pierre ferme.

1.1.2.2 - Les Pierres marbrières

Ce sont des pierres généralement à grains fins qui ont une bonne aptitude au polissage qui s'ajoutent à des qualités esthétiques. La densité est souvent élevée avec une porosité moyenne à faible. Elles sont parfois qualifiées de pierres "dures", de pierres "froides" et elles sont souvent sonores sous le marteau. Leurs emplois sont diversifiés, de la pierre massive "dimensionnelle" à la dalle traditionnelle de 2 centimètres, sans oublier les tranches épaisses de 5 à 10 cm pour la construction et le funéraire.

De 21.000 m³ en 1980, la quantité extraite a progressé à 37.000 m³ en 1982 pour se stabiliser ensuite aux environs de 35 000 m³.

1.1.2.3 - Les Marbres

Au sens géologique du terme, un marbre* est un calcaire ayant subi un faible métamorphisme, ce qui a entraîné une recristallisation plus ou moins complète. Les cristaux de calcite sont alors visibles. Ils donnent un aspect chatoyant à la roche après le polissage qui est souvent de bonne qualité.

Cette pierre est souvent parcourue de veines et veinules de teinte très variable (du gris pâle au rouge vif) lui donnant un aspect "marbré" typique.

La production marbrière en France est faible par rapport à des pays comme l'Italie ou le Portugal. De plus, elle est en constante régression, passant de 7500 m³ en 1980 à 4000 m³ en 1985.

1.1.2.4 - Autres produits (non sciés)

Les produits non sciés tels que les moellons, les pavés, les balustres, les pierres de parement.... représentaient un volume très important, voisin de 220.000 m³ en 1980. Depuis la quantité produite a constamment regressé jusqu'à 130.000 m³ en 1985.

1.1.2.5 - Les "granites"

Sous cette rubrique sont généralement regroupés les granites au sens géologique du terme mais aussi des roches basiques telles que des gabbros, des granites gneissiques...

Ce sont toujours des roches grenues, à grains de taille variant de fins à grossiers. Elles prennent un très bon poli, généralement plus durable que celui des marbres et des pierres marbrières.

L'extraction se fait essentiellement dans trois régions : Bretagne/Normandie, Tarn et Vosges (cf. fig.1 et annexe I).

La production de "granits" en France a décru progressivement de 106 000 m³ de blocs en 1980 à 94 700 m³ en 1986. La quantité de moellons a fortement chuté de 83 900 m³/1980 à 46 400 m³/1986. La production de tranches sciées est stabilisée à environ 440 000 m²/an. Les revêtements et les dallages ont nettement progressé, de 147 200 m²/1980 à 272 400 m²/1986.

* Les professionnels de la Pierre qualifient de "Marbre" une roche, calcaire ou non, pouvant prendre un beau poli.

TABLEAU N° 3
Production de pierre calcaire et de marbre en France de 1980 à 1986
(d'après UNICEM)

PRODUIT	UNITE	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
1) EXTRACTION (blocs bruts équarris marchands)	.							
- Pierre tendre	m ³	} 135 700	72 900	66 000	54 000	59 500	64 200	72 900
- Pierre ferme	m ³		63 500	57 200	63 500	62 700	63 000	64 200
- Pierre marbrière	m ³	21 650	34 700	37 300	35 200	31 600	32 600	35 300
- Marbre	m ³	7 450	5 910	5 200	6 000	5 200	4 200	4 400
- Autres produits (moellons, chutes...)	m ³	} 216 000	187 200	207 000	189 700	135 800	118 000	108 900
- Produits non sciés	m ³		10 500	7 800	9 800	25 700	11 300	14 000
2) SCIAGE (tranches sciées marchandes)								
- épaisseur < 5 cm	m ²	} 893 600	1 538 100	1 525 200	1 567 700	1 498 200	1 457 100	1 650 700
- épaisseur ≥ 5 cm	m ²		294 000	221 800	211 000	210 000	172 000	190 800
- autres produits sciés (opus)	m ²	907 800	951 500	968 900	695 800	738 500	628 800	671 800
3) TRANSFORMATION								
- Produits minces < 5 cm	m ²	} 1 932 800	1 110 300	1 088 500	929 900	1 094 300	1 077 600	1 230 000
- Produits pré-sciés ≥ 5 cm	m ²		356 700	325 100	285 500	235 000	173 200	190 900
- Moellons taillés ou éclatés	m ²	130 900	151 700	131 400	106 900	85 700	72 400	64 000
- Granulés et éclats (granitos)	t		162 100	176 900	166 700	142 200	74 000	74 700

1.1.2.6 - Les grés

La production de blocs marchands (tabl. 5) paraît être stabilisée autour de 14 000 m³ par an de 1980 à 1985 auxquelles s'ajoute 3 000 m³ de pierre taillée et 9000 m³ de moellons sciés pour la construction. La distribution de moellons bruts et de dalles en "*opus incertum*" a nettement diminué de 1980 à 1986, peut être due à une diminution des chantiers des secteurs piétonniers.

Les centres d'extraction sont localisés dans les départements des Pyrénées Atlantiques, Meurthe-et-Moselle - Haut Rhin, Allier - Hte Saône - Saône-et-Loire, Ardèche - Aveyron - Corrèze et Loire-Atlantique (cf. annexe 1).

1.1.2.7 - Les laves

La production de ce type de roche (tabl. 6) reste modeste avec environ 1000 m³ de blocs bruts par an.

La fabrication de produits ouvrés a constamment diminué de 1980 à 1983 et le volume de production est depuis couvert par le secret statistique.

Les centres d'extraction sont localisés dans le Cantal, le Puy-de-Dôme et l'Hérault (Agde).

1.1.3 - Exportations - Importations

Les exportations françaises de marbres, pierres marbrières et de granite ont progressé à partir de 1980 (cf. tabl. 7) pour atteindre un maximum en 1982-1983. 32.422 t de blocs de marbres et 38.065 tonnes de blocs de granites.

Les exportations 1986 avoisinaient 20.000 tonnes en blocs pour les marbres et 35.000 t pour les granites (sources : UNICEM).

D'après Minerals Yearbook, 1985, l'ensemble des exportations françaises de pierres ornementales se décomposaient ainsi : (chiffres 1984) :

*105 217 t de produits bruts vers :	{	Benelux	41 082 t
		RFA	26 316 t
		Suisse	12 608 t
*56 867 t de produits travaillés vers :	{	Benelux	21 157 t
		RFA	14 897 t
		Arabie Saoudite	5 767 t

TABLEAU N° 4
Production de "granit" en France de 1980 à 1986
(d'après UNICEM)

PRODUIT		ANNEE UNITE	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Blocs bruts extraits		m ³	106 000	106 700	107 600	102 600	96 500	90 700	94 700
Moellons tout-venant		m ³	83 900	75 200	58 300	64 200	49 700	46 000	46 400
Moellons équarris		m ²	34 800	23 000	21 200	17 000	13 700	10 000	12 600
Tranches sciées		m ²	427 900	425 400	444 100	461 300	462 500	476 300	443 600
Revêtements et dallages		m ²	147 200	163 000	170 500	154 600	148 300	199 500	272 400
Monuments funéraires		t	190 779	196 003	202 785	211 453	199 009	?	?
Pavés d'échantillon et Boutisses		t	7 290	4 620	5 680	4 900	4 100	4 700	5 500
Pavés mosaïque		t	12 340	14 700	11 300	15 100	11 400	11 400	13 500
Bordures de trottoirs	ébauchées ou éclatées	ml	97 700	86 900	71 500	98 900	93 400	61 600	62 400
	smilées	ml	68 000	68 200	69 000	61 800	64 900	47 300	55 500
	bouchardées	ml	30 150	31 200	28 500	31 500	29 700	38 700	37 500
Dalles de trottoirs ou caniveaux	smilées	ml	*	*	*	*	*	*	*
	bouchardées	ml	*	*	*	3 240	6 300	14 500	4 300
Autres produits pour la voirie		t	800	1 700	1 560	1 450	1 800	3 300	3 100

* Secret statistique

? inconnus

Les importations françaises de pierres ornementales représentent des quantités importantes, en particulier les granites avec 166.000 tonnes de blocs en 1985-1986, pour une valeur approchant 200 millions de F (cf. tabl. 8).

Les importations de blocs de marbre et de calcaire marbrier sont en diminution : 13 000 t en 1980 et 6 000 t en 1986 ; par contre les produits ouvrés ont nettement progressé en 1986 passant de 60.000 t en 1985 à 115.000 t en 1986 (valeur 400 millions de F).

Les importations françaises, citées dans "Minerals Yearbook, 1985", se décomposaient ainsi :

*266 799 tonnes de produits bruts provenant de :	{	RFA :	59 041 t
		Afrique du Sud :	50 755 t
		Italie :	41 400 t
*286 837 tonnes de produits travaillés provenant de :	{	Espagne :	177 520 t
		Italie :	74 387 t
		RFA :	21 748 t

(Il est probable que des importations provenant d'Espagne concernent les ardoises de couverture).

TABLEAU N° 5
Production de grés de construction en France de 1980 à 1986
(Source UNICEM)

PRODUIT	ANNEE UNITE	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Blocs bruts extraits	m ³	13 130	14 100	11 900	14 800	15 200	14 600	17 400
Pierres taillées pour la construction	m ³	3 230	3 690	3 940	4 940	3 000	2 200	4 900
Moellons taillés pour la construction	m ³	6 150	6 750	4 020	3 840	9 700	9 000	7 700
Tranches sciées	m ²	87 000	91 600	89 700	90 100	78 500	87 300	97 200
Moellons bruts de construction	t	15 530	11 100	9 100	5 700	4 700	3 300	4 400
Dalles brutes en <i>opus incertum</i>	m ²	341 100	305 300	184 700	173 000	125 900	141 800	110 700

TABLEAU N° 6
Production de laves en France de 1980 à 1986
(Source UNICEM)

PRODUIT	ANNEE UNITE	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986
Blocs bruts	m ³	860	800	790	770	1160	1010	990
Morceaux ouvrés y compris moellons taillés	m ³	660	630	460	230	*	*	*
Moellons bruts pour la construction	t	*	*	1210	*	*	*	*
Divers	t	920	1000	1580	*	*	*	*

* Secret statistique

TABLEAU N° 7

**Exportations de pierres de construction et d'ornementation
en France de 1980 à 1986 (Source UNICEM "Le Mausolée")**

PRODUITS	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986	
	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeur en 1000 F
1503 - Pierre de construction														
Marbres et pierres marbrières														
Blocs et moellons	10 448	5 754	9 469	10 173	22 984	13 509	32 422	20 830	15 499	22 877	19 350	23 629	19 961	26 074
Sciés	3 918	4 972	3 726	6 127	4 001	7 254	4 242	9 034	3 867	6 263	5 275	9 344	7 510	12 534
Ouvrés	6 057	41 986	5 621	42 640	8 531	90 192	9 051	85 391	8 488	92 471	9281	116 989	29 441	179 770
Granit, lave, grès														
Blocs et moellons	10 128	7 957	8 765	8 112	38 065 +	22 283	36 220	18 428	33 228	23 420	27 462	23 114	35 338	24 968
Sciés	1 504	2 329	1 725	3 136	2 819	6 126	2 394	5 254	2 871	6 652	4 520	9 352	22 052	22 435
Pavés et bordures	12 295	18 614	8 139	13 839	6 146	12 784	8 775	19 385	8 344	18 568	7 806	20 753	28 951	154 657
Autres pierres de construction														
Blocs et moellons	43 177	19 734	35 152	16 535	+									
Sciés	12 178	10 225	12 777	13 132	13 167	15 921	13 820	16 979	13 701	20 304	17 880	15 615	NC	NC
Ouvrés	30 138	119 723	30 725	137 158	26 979	136 079	32 885	173 083	36 557	211 711	40 562	236 371	NC	NC

+ A partir de 1982, blocs et moellons de diverses origines sont regroupés dans cette rubrique

* Source "Le Mausolée" (02/1987)

TABLEAU N° 8

**Importations de pierres de construction et d'ornementation
en France de 1980 à 1986 (Source UNICEM "Le Mausolée")**

PRODUITS	1980		1981		1982		1983		1984		1985		1986	
	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F	Tonnes	Valeurs en 1000 F
1503 - Pierre de construction														
Marbres et pierres marbrières														
Blocs et moellons	13 743	11 301	11 281	9 773	10 259	10 209	9 572	10 391	9 312	11 865	9 104	12 290	6 053	8 165
Sciés	80 433	74 608	88 881	85 220	86 480	83 485	84 744	85 000	73 725	77 002	77 848	85 053	70 807	86 807
Ouvrés	92 376	192 996	78 918	197 501	69 283	203 821	58 594	187 037	59 381	211 587	60 680	247 860	115 231	402 232
Granit, lave, grés														
Blocs et moellons	157 817	123 668	161 353	155 083	147 231 +	162 004	161 723	182 637	157 855	189 249	167 999	203 486	166 352	191 822
Sciés	20 234	7 821	24 960	8 707	11 573	8 200	8 035	8 035	6 495	7 283	4 693	7 786	26 237	23 972
Pavés et bordures	30 048	20 319	28 648	21 176	34 191	26 444	33 024	33 024	39 321	35 580	36 027	33 341	17 717	59 245
Autres pierres de construction														
Blocs et moellons	3 300	2 313	2 902	2 334	+									
Sciés	13 788	7 433	11 242	6 371	17 472	10 755	16 126	11 882	18 084	13 675	20 674	15 300	NC	NC
Ouvrés	11 818	42 506	11 425	44 655	13 665	53 063	13 721	55 188	14 001	63 987	15 576	75 658	NC	NC

+ A partir de 1982, blocs et moellons de diverses origines sont regroupés dans cette rubrique

* Source "Le Mausolée" (02/1987)

1.1.4 - Prix - Mercuriales

Des mercuriales (tabl. 9, 10 et 11) sont régulièrement publiés par les Syndicats des Professionnels de la Pierre. Elles sont la base des transactions commerciales. Les prix indiqués pour les blocs s'entendent au m³ pour blocs de 2 à 2,49 m de long, hors taxes, en francs, sur sol carrière.

L'épaisseur standard des tranches est de 20 mm. A titre indicatif, il est intéressant de noter les chiffres moyens suivants (1985).

	Prix à Exportation		Prix à Importation	
	Blocs (F/m ³)	Tranches sciées/F/m ³	Blocs (F/m ³)	Tranches sciées (F/m ³)
Marbre	3 000	4 400	3 400	2 700
Granit	2 300	5 600	3 300	4 500

Tableau 9.

Produits de carrière

LE MONITEUR-N°25-21 JUIN 1985

MERCURIALE DES BLOCS DE PIERRE DE TAILLE (qualité construction)

Origine de la documentation :
information syndicale.

Précédente référence :
supplément n° 2 225 du 01-03-85.

Date d'application : 15 mars 1985.

Cette mercuriale constitue une mise à jour
et remplace la précédente du 15 sep-
tembre 1984.

Les prix indiqués ci-après s'entendent
départ sur sol carrière, au m³, en blocs
équarris à dimensions courantes et
assorties, hors taxes, en francs.

Ampilly le sec jaune.....	2 630
* Ancy le franc marbré.....	non coté
* Anstrude roche claire.....	1 920
* Anstrude roche jaune.....	2 700
Artiges roche franche.....	2 200
Beauval.....	2 630
Beauvillon rubané.....	1 974
Belfont banc franc.....	300
Belle-Roche.....	504
Billy banc royal.....	465
Billy banc franc.....	530
Bonnillet clair.....	650
* Brauvilliers doux demi fin.....	non coté
* Brauvilliers doux demi fin choix.....	non coté
Brauvilliers doux fin.....	1 960
* Brauvilliers liais.....	2 240
* Brauvilliers liais marbrier.....	2 390
Brétignac doré.....	1 300
Brétignac crème.....	1 380
Brétigny roche perlée.....	2 550
Brétigny roche beige.....	1 850
Brouzet granité.....	non coté
Brouzet fin.....	non coté
Buffon roche claire.....	1 080
* Buxy.....	3 200
Buxy rubané.....	3 183
Cabéran.....	non coté
Castillon du Gard.....	1 200
Chamesson roche.....	3 060
Chamesson demi roche.....	2 310
Champdoré.....	non coté
Chancelade.....	
demi roche coquillière.....	768
Chancelade roche.....	2 270
* Chandolin.....	3 729
* Chanteuil jaune et bleu.....	3 540
* Charentenay.....	820
* Chassagne gris.....	2 265
* Chassagne rose.....	3 046
Chassignelles roche.....	non coté
* Chassignelles liais.....	non coté
Château Gaillard.....	504
Château Landon.....	non coté
* Chauvigny roche.....	2 050
* Chauvigny marbrier.....	2 350
* Chomérac fleuri.....	1 745
Combe brune.....	2 500
* Comblanchien clair.....	4 020
* Comblanchien ramagé.....	2 860
* Comblanchien.....	
légèrement moucheté.....	3 325
Corton violet.....	2 934
Corton beige.....	2 165
Courville demi roche.....	1 524
Courville roche.....	1 663
Espeil roche.....	704
* Estailades.....	491
Etrochey jaune.....	2 101
Etrochey bleu.....	2 101
* Euville roche.....	2 500
* Euville marbrier.....	2 380

* Farges.....	2 220
Fontvieille banc royal et doux.....	non coté
Frontenac dure.....	1 827
Frontenac demi dure.....	962
Garchy.....	940
* Goulot uni.....	2 513
* Grand Corent.....	non coté
* Grand Corent clair.....	non coté
* Hauteville.....	4 340
* Hauteville perlé.....	4 440
Hydrequent clair.....	3 092
Jaumont.....	1 350
La Bouloye banc franc.....	550
Lacoate.....	non coté
* Ladoix.....	2 165
La Rochebeaucourt.....	non coté
Larrys roche blanche.....	1 630
Larrys liais blanc.....	1 720
larrys sous-moucheté.....	2 060
larrys moucheté.....	2 400
* Larrys liais moucheté.....	2 450
* Las Fons.....	5 758
La Turbie.....	3 500
Lavoux fin construction.....	non coté
Lavoux fin sculpture.....	non coté
Lavoux à grains.....	2 200
* Lens.....	non coté
Le Puley Saint-Gengoux.....	1 050
Lérrouville roche.....	non coté
Lérrouville banc gris.....	non coté
* Lompnes.....	3 060
* Lompnes rubané.....	3 880
Magny roche.....	2 630
Magny doré, rosé.....	3 060
Malvaux.....	820
Massangis liais blanc.....	non coté
Massangis liais jaune.....	non coté
* Massangis roche jaune.....	2 710
* Massangis roche jaune choix.....	2 810
* Massangis marbrier.....	3 050
Ménerbes.....	491
Méry banc royal.....	235
Méry banc franc.....	314
Migné les Lourdes.....	504
Miremont.....	1 150
* Montcaume clair.....	3 230
Montcaume ramagé.....	2 160
Montmoyen.....	1 974
Nersac.....	non coté
Noyant banc franc.....	540
Noyant banc royal.....	465
Pausac.....	613
* Peuron roche franche.....	2 100
Pondres.....	945
Pont du Gard.....	1 200
* Pouillenay rose, beige, gris.....	4 300
* Prémieux rose.....	4 200
* Ravières.....	1 850
* Revermont.....	3 687
* Richemont.....	1 530
* Roc Argent.....	5 153
Rochefollet.....	613
* Rocheret.....	4 836
* Rocherons.....	4 050
Rocheval.....	3 200
Rognes.....	non coté
* Romanèche.....	non coté
* Roquemaière.....	non coté
* Rose de Bugy.....	4 641
Ruoms.....	1 745
* Saint-Corneille.....	2 670
St-Leu banc royal.....	non coté
St-Leu banc franc.....	non coté
* St-Martin Belle Roche.....	3 466
* St-Maximin.....	
demi roche construction.....	780
* St-Maximin demi roche fine.....	1 290

* St-Maximin roche construction.....	1 310
* St-Maximin roche fine.....	2 080
* St-Maximin.....	
roche franche construction.....	2 450
* St-Maximin roche franche fine.....	2 900
* St-Maximin liais.....	3 150
Saint-Même.....	non coté
Saint-Même choix.....	600
St-Pierre Aigle roche demi dure.....	1 640
St-Pierre Aigle.....	
roche dure éveillée.....	2 430
St-Pierre Aigle.....	
roche dure coquillée.....	2 430
St-Pierre Aigle roche dure fine.....	2 820
St-Vaast.....	
roche douce construction.....	630
St-Vaast roche douce fine.....	800
St-Vaast demi roche fine.....	950
St-Vaast demi roche construction.....	770
Saint-Vivien.....	719
* Savonnières demi fine.....	1 540
* Savonnières demi fine choix.....	1 740
Sireuil.....	780
Souppes.....	non coté
Tavel blanc, bleu.....	2 250
Tavel ivoire.....	2 480
Tavel rosé.....	3 115
Tercé construction.....	885
Tercé sculpture.....	1 050
Tercé jaune.....	1 130
Tercé à grains.....	1 170
Tervoux construction.....	790
Tervoux sculpture.....	1 000
Tuffeau de Touraine.....	752
* Val de Nod.....	2 390
* Valreuil.....	2 000
Vassens banc franc.....	500
Vassens banc royal.....	450
Vaurion liais jaune.....	non coté
* Vaurion roche jaune.....	2 710
* Vaurion roche choix.....	2 810
* Vaurion marbrier.....	3 050
* Vauvois.....	2 000
Verger non marbré.....	1 240
Vernon gros lien.....	non coté
Vernon banc franc.....	non coté
Vierzy.....	non coté
Vilhonneur roche.....	1 910
Vilhonneur marbrier liais.....	2 590
* Villebois.....	3 075
Villiers-Adam.....	745
Grès ferme d'Alsace.....	1 645
Grès d'Alsace gros grains.....	2 160
Grès dur de Champenay.....	
et Labaroche.....	2 782

- Les pierres et qualités qui ne sont pas
mentionnées à cette mercuriale seront assi-
milées à celles qui y figurent par la Fédéra-
tion de la Pierre et du Marbre.

- Les autres qualités non dénommées de
marbrerie, monuments, etc... seront vendues
avec leur écart habituel par rapport à la
qualité construction.

- Plus-values de longueur (ces plus-values
s'appliquent aux pierres marquées d'un asté-
risque *).

- Les longueurs des blocs supérieurs à
1,49 m seront majorées de 20 % par tranches
de 0,50 m.

Tableau 10.

Produits de carrière

BLOCS DE GRANITS FRANÇAIS

Origine de la documentation :	Bleu de Vire.....	3 180
Information syndicale.	Bleu de Louvigné.....	2 105
Précédente référence :	Feuille morte des Vosges.....	2 700
supplément n° 2 256 du 21-06-85.	Gris bleu des Vosges.....	3 000
Date d'application : 15 septembre 1985.	Gris noir de Lorraine.....	2 900
	Lanhelin.....	3 680
	Rose de la Clarté.....	2 790
Cette mercuriale constitue une mise à jour et remplace la précédente du 15 mars 1985.	Rose de Sénones.....	3 140
Les prix indiqués ci-après s'entendent au m³ pour blocs bruts de fente, départ sur sol carrière, hors taxes, en francs.	Rouge corail des Vosges.....	3 635
Ils sont applicables aux blocs d'une longueur au plus égale à 2 m et d'une largeur au plus égale à 1 m. Pour les dimensions supérieures, il est prévu des suppléments de 15 à 30 %.	Tarn petits éléments :	
	- clair.....	1 516
	- foncé.....	1 696
	Tarn gros éléments :	
	- clair.....	1 577
	- foncé.....	1 820

LE MONITEUR-N°2-10 JANVIER 1986

BLOCS DE MARBRES FRANÇAIS

Origine de la documentation :
information syndicale.
Précédente référence :
supplément n° 2 218 du 14-12-84.
Date d'application : 15 mars 1985.
Cette mercuriale constitue une mise à jour et remplace la précédente du 15 septembre 1984.
Les prix indiqués ci-après s'entendent au m³ pour blocs de 2 à 2,49 m, sur camions ou wagons départ, hors taxes, en francs.

Balacet.....	5 040
Brèche nouvelle.....	4 641
Brocatelle jaune.....	9 500
Brocatelle mélangée.....	10 300
Brocatelle violette.....	10 900
Brun fleuri.....	5 296
Campan rose et vert.....	7 250
Cevenol.....	4 890
Gris Cihigue.....	3 000
Incarnat Turquin.....	4 631
Languedoc A.....	7 800
Languedoc B.....	6 500
Languedoc C.....	3 750
Loupinnes clair.....	7 120
Lunel fleuri ou rubané véritable.....	6 380
Lunel Notre-Dame A et B.....	4 180
Napoléon grand mélange.....	11 650
Napoléon tigré.....	9 560
Noir Cihigue.....	6 200
Noir fleuri.....	3 840
Noir d'Izeute.....	5 697
Noir Saint-Laurent.....	6 550
Paloma.....	4 950
Payolle Jumbo Appolo.....	4 100
Payolle irisé.....	4 710
Rose de Brignoles.....	7 461
Rouge antique.....	7 200
Rouge incarnat.....	6 512
Sainte-Anne Alpha A.....	6 500
Sainte-Anne Basque.....	5 020
Sainte-Anne granité.....	5 100
Sainte-Anne petit mélange.....	4 850
Saint-Jean fleuri ou mille fleurs.....	5 290
Vert d'Estours.....	4 331

LE MONITEUR-N°26-28 JUIN 1985

Tableau 11.

Produits de carrière

TRANCHES DE MARBRES FRANÇAIS

Origine de la documentation :
information syndicale.

Précédente référence :
supplément n° 2 218 du 14-12-84.

Date d'application : 15 mars 1985.

Cette mercuriale constitue une mise à jour
et remplace la précédente du 15 sep-
tembre 1984.

Les prix indiqués ci-après s'entendent au
m² pour tranches de 2 à 2,49 m, en épaisseur
de 20 mm sur sol carrière, hors taxes, en
francs.

Balacet.....	186
Brèche nouvelle.....	219
Brocatelle jaune.....	384
Brocatelle mélangée.....	398
Brocatelle violette.....	475
Brun fleuri.....	192
Campan rose et vert.....	295
Cevenol.....	228
Gris Cibique.....	145
Incarnat Turquin.....	228
Languedoc A.....	298
Languedoc B.....	250
Languedoc C.....	180
Loupinnes clair.....	240
Lunel fleuri ou rubané véritable.....	231
Lunel Notre-Dame A et B.....	172
Napoléon grand mélange.....	366
Napoléon tigré.....	312
Noir Cibique.....	220
Noir fleuri.....	165
Noir d'Izeste.....	244
Noir Saint-Laurent.....	280
Paloma.....	220
Payolle Jumbo Appolo.....	157
Payolle irisé.....	183
Rouge antique.....	322
Rouge incarnat.....	280
Sainte-Anne Alpha A.....	262
Sainte-Anne Basque.....	202
Sainte-Anne granité.....	204
Sainte-Anne petit mélange.....	203
Saint-Jean fleuri ou mille fleurs.....	234
Vert d'Estours.....	151

LE MONITEUR - N° 26-28 JUIN 1985

PIERRES MARBRIERES, TRAVERTINS, ONYX ET TRANCHES DE MARBRES ETRANGERS

Origine de la documentation :
information syndicale.

Précédente référence :
supplément n° 2 218 du 14-12-84.

Date d'application : 15 mars 1985.

Cette mercuriale constitue une mise à jour
et remplace la précédente du 15 sep-
tembre 1984.

Les prix indiqués ci-après s'entendent au
m² pour tranches de 2 à 2,49 m, en épaisseur
de 20 mm rendus sur sol scierie française,
hors taxes, en francs.

Arabescato (5).....	406
Bardiglio clair (5).....	390
Bardiglio foncé (5).....	430
Blanc Carrare C (5).....	430
Blanc Carrare D (5).....	440
Blanc Civec (10).....	1 200
Blanc Naxos (3).....	690
Blanc « P » (5).....	1 400
Blanc du Pentelique (3).....	560
Botticino (5).....	290
Calacatta (5).....	530
Calacatta Vagli (5).....	950
Crème Marfil (2).....	215
Ecaussine (petit granit belge) (1).....	215
Imperator foncé (2).....	270
Jaune de Sienna (5).....	485
Lasa blanc veiné (5).....	1 450
Noir belge grandes dimensions (1).....	1 280
Noir Marquina (2).....	245
Onyx Pakistan (7).....	1 380
Onyx Persan (4).....	1 050
Perle de Sicile (5).....	485
Portor Corrente (5).....	1 250
Portor Extra (5).....	1 380
Rose Aurore Extra (8).....	430
Rose Aurore A (8).....	367
Rose Aurore B (8).....	317
Rose de Norvège (6).....	842
Rouge Alicante (2).....	282
Rouge antique (5).....	396
Rouge Belge (1).....	424
Rouge de Verone (5).....	305
Serpeggiante (5).....	490
Serpentine (5).....	554
Trani clair (5).....	198
Travertin romain clair (5).....	162
Travertin rouge (2).....	215
Vert Accoglio (5).....	412
Vert Patricia (5).....	460
Vert de Suède (9).....	non coté
Vert Tinos (3).....	582

Provenances : (1) Belgique — (2) Espagne —
(3) Grèce — (4) Iran — (5) Italie — (6) Norvège
— (7) Pakistan — (8) Portugal — (9) Suède —
(10) Yougoslavie.

1.1.5 - Structure professionnelle

Une grande partie des producteurs et transformateurs de pierres, marbres et granites sont regroupés au sein de l'UNICEM (Union Nationale des Industries de Carrières et Matériaux de construction, 3 rue Alfred Roll - 75 849 - Paris Cedex 17).

Deux groupes peuvent être distingués en fonction du type de roche :

- les entreprises granitières, travaillant essentiellement le granite et les roches similaires (gabbros, norite...). L'activité de ce secteur est répartie dans de multiples petites unités.
- Les catégories marbrières, travaillant essentiellement les pierres calcaires et les marbres. L'activité est dominée par trois grands groupes, accompagnés de nombreuses entreprises moins importantes.

. Les granitiers

En 1986, 504 entreprises granitières étaient affiliées à l'UNICEM (555 entreprises en 1977).

Les trois quarts de l'activité granitière sont regroupés dans trois régions :

- la Bretagne,
- Le Tarn,
- Les Vosges.

Il faut noter qu'environ 80 % de la production granitière est utilisée dans la Marbrerie Funéraire.

. Les entreprises de marbres et de pierres marbrières

Si en 1986, 293 Sociétés produisent ou transforment ces matériaux, une grande partie des activités de ce secteur est concentrée sur quelques grandes entreprises dont les principales sont :

- Le groupe ROCAMAT (cf. carrières et usines, fig. 2 et 3). ROCAMAT S.A., 58, quai de la Marine, 93450 - ILE-SAINT-DENIS.
- Le groupe des marbres du CONDADO France (120 millions de F de chiffre d'affaire en 1986) - 110, rue de la Louvière - BP 16 - 78511 - Rambouillet Cedex.

- La Société des Carrières du Boulonnais (18 millions de francs de C.A. en 1986) - SA des Carrières du Boulonnais. - Ferques - 62 250 MARQUISE.

1.2 - LE MARCHE MONDIAL

Dès l'Antiquité, un commerce des blocs de marbre et de granite s'est établi par bateaux, en particulier sur le pourtour de la Mer Méditerranée (Obélisques et Statues en granite d'Assouan, calcaire des pyramides d'Egypte, marbres grecs et romains sur l'étendue de leurs Empires...).

Depuis quelques années, le marché de la pierre ornementale se situe à une échelle internationale, en particulier par la venue de nouveaux pays producteurs tels que le Brésil, les Indes et la Chine... Les roches qu'ils exportent sont, soit des pierres aux teintes particulières qui n'existent pas sur le marché actuel, soit des roches communes mais proposées à des prix très compétitifs.

Le tableau n° 12 regroupe les données du marché mondial de la pierre ornementale en 1984 (d'après "Minerals Yearbook", 1985 - modifié). Les échanges se répartissent entre 68 pays, aux potentiels économiques très variables.

1.2.1 - *Les pays producteurs*

La production mondiale de pierre ornementale peut être estimée d'après les données du tableau n° 12 à 7,6 millions de tonnes en 1984 (incluant granites, marbres, calcaires marbriers, grès et laves parfois ardoises).

Le principal pays pays producteur est l'Italie avec 2,1 millions de tonnes, puis les USA avec 1,06 millions de tonnes, la France et le Portugal avec 330 000 tonnes environ puis la Grèce (270 000 t), l'Afrique du Sud (210 000 t), etc...

TABLEAU N° 12
Le marché mondial de la pierre ornementale en 1984 adapté d'après les données
"Minerals Yearbook"
(unité : tonne métrique)

	Production	Exportations	Importations
Albanie	NC	NC	125
Argentine	101 450	4840	2910
Australie	100	-	-
Autriche	12 600	150 706	100 413
Belgique	15 000*	463	367
Brésil	210 000	155 844	15
Bulgarie	NC	11 599	3716
Canada	NC	220 691	89 000*
Chili	1440	-	-
Chine	NC	115 973	5133
Colombie	-	-	3362
Chypre	87 500	1000*	6000*
Tchécoslovaquie	86 400	14 517	18 826
Danemark	NC	88 484	308 941
Egypte	118 280	NC	NC
Finlande	NC	252 468	3622
France	332 510	162 084	553 636
Gabon	-	-	133
RDA (Est)	-	63	20 119
RFA (Ouest)	254	1172	1493
Grèce	270 000	132 848	1431
Hongrie	6000*	16 804	18 361
Indes	NC	NC	NC
Indonésie	NC	1464	5152

	Production	Exportations	Importations
Iran	NC	NC	959
Irlande	NC	8961	11 210
Israël	13 000*	NC	NC
Italie	2 100 000*	1 201 000	894 898
Japon	NC	196 604	760 399
Jordanie	14 600*	120 615	15 603
Corée	NC	196 604	29 658
Libéria	-	-	624
Malaisie	NC	627 071	2601
Mexique	NC	2 081	59
Maroc	NC	1977	12
Netherlands (Hollande)	-	66 983	2216
Nouvelle Zélande	35 000*	180	6400*
Norvège	NC	111 987	23 213
Pakistan	60 000*	8823	11 981
Pérou	21 000*	NC	NC
Philippines	4900*	9068	11 165
Pologne	NC	23 347	NC
Portugal	NC	367 621	606
Saudi Arabia	NC	NC	669 157
South Africa	210 582	662 000	7539
Spain (Espagne)	NC	601 377	132 932

	Production	Exportations	Importations
Sweden	145 000*	203 000*	14 186
Suisse	NC	37 125	256 000
Taiwan	NC	54 226	52 168
Thaïlande	NC	1 250	5 971
Tunisie	NC	90	23 100
Turquie	NC	55 963	376
URSS	NC	12 532	10 415
USA	1 063 000*	140 000*	451 500
United Kingdom	NC	15 977	196 913
Vénézuela	NC	1266	6678
Yugoslavie	87 000*	65 720	1050
Zimbabwe	NC	255	-
- Other African countries			
Mozambique	575	NC	NC
Kenya	NC	36	113
- Other countries			
Hong Kong	NC	11 329	29 576
Singapour	NC	5021	64 145
Syrie	71 000*	NC	NC
Oman	37 000*	30*	9863
Qatar	-	-	18 978
Paraguay	65 000*	NC	NC
Equateur	4000*	NC	NC
Uruguay	8000*	NC	NC

NC : non communiqué

* : estimation

1.2.2 - Les échanges internationaux

. Les exportations

Généralement les exportations proviennent des principaux pays producteurs. Elles étaient estimées à 6,9 millions de tonnes en 1984, en provenance d'Italie (supérieur à 1,2 millions de t), d'Afrique du Sud et d'Espagne (0,6 millions de t), du Portugal (0,3 Mt), de France (0,16 Mt), de Grèce (0,13 Mt), etc...

Ces chiffres doivent parfois être relativiser car, certains pays exportent des produits transformés issus de blocs importés tels que l'Italie, la Malaisie, la Hollande...

. Les Importations

Les importations de pierre ornementale étaient estimées à 4,7 millions de tonnes en 1984. Les pays importent soit des tranches polies pour leur propre consommation, soit des blocs bruts transformés pour l'exportation.

Par exemple, l'Italie leader mondial de la pierre ornementale, importait 900 000 t/1984 de blocs de roches non extraites sur le sol italien. Une partie des tranches polies était utilisée sur place mais la quantité la plus importante était exportée.

Le Japon (760 000 t/1984) importe surtout des blocs de granites qui sont transformés pour la consommation locale. Au contraire, l'Arabie Séoudite s'importe que des tranches polies et des carrelages pour les bâtiments (670 000 t).

La France (553 000 t/1984) et les USA (451 000 t/1984) importent à la fois des blocs et des produits ouvrés, à la fois pour leurs consommations et pour les ventes à l'export.

Il est important de noter que de nombreux pays ont une faible production suffisante pour leurs besoins propres. Parfois ils importent les quantités nécessaires.

1.2.3 - Pays consommateurs

Dans la plupart des pays, les pierres ornementales continuent à être considérées comme des produits de luxe. Elles sont donc très utilisées dans les pays à haut niveau de vie tels que les pays européens (environ 2,8 millions de tonnes utilisés en 1984) et les USA (environ 1,25 millions de tonnes/1984).

Si une "hiérarchie" peut être établie dans l'utilisation des pierres ornementales de revêtement, il apparaît que le premier stade est celui de "granitos" (ou Terrazzo Tiles) ; puis avec un niveau de vie plus élevé, sont produits des marbres reconstitués, des marbres (au sens strict) et des calcaires marbriers. Le revêtement en dalles de "granits" (au sens large) est souvent considéré comme le "haut de la gamme".

Cette évolution a été significative aux USA, en particulier en Californie où le niveau de vie actuel est très élevé.

La consommation de granites y est grandissante (+ 42 % de l'importations de tranches polies de 1984 à 1985) au détriment des produits marbriers.

Ayant une faible production locale, l'Italie importe de plus en plus des blocs de granits de toute provenance pour les transformer et pour satisfaire la demande mondiale.

2 - GEOLOGIE

2.1 - TYPES ET ORIGINES DES PIERRES ORNEMENTALES

La nature des pierres pouvant être utilisées en décoration est très variable (cf. tableau n°13). Les trois groupes de roches sont concernées : sédimentaires, métamorphiques et ignées.

Elles doivent posséder plusieurs qualités permettant cette utilisation :

- avoir une valeur esthétique par la couleur, la texture, la dimension des grains, la présence des fossiles... Toutefois cette notion est suggestive et elle peut être appréciée différemment selon les coutumes de chaque pays utilisateur ;
- posséder une certaine homogénéité permettant de recouvrir de grandes surfaces sans que ses qualités esthétiques et mécaniques varient ;
- avoir des propriétés de résistance mécaniques et physico-chimiques appropriées à son usage. Par exemple, une roche tendre et très poreuse (comme des formations coralliaires) pour décorer un mur . Son utilisation en dalles de sol est à exclure.
- Si possible, posséder une bonne aptitude au sciage valorisant son aspect esthétique et permettant son usage dans la plupart des utilisations.

2.2 - MORPHOLOGIE DES GISEMENTS

Les gisements de pierres ornementales sont généralement de trois types différents, liés à l'origine géologique de la roche :

- bassins sédimentaires,
- massifs éruptifs,
- massifs métamorphiques.

Les caractéristiques des gisements français (décrites ci-après) sont extrapolables aux gisements étrangers de même type.

2.2.1 - Les bassins sédimentaires

L'examen de la géologie du sous-sol français (cf. fig. 1) montre qu'il existe trois grands bassins sédimentaires (bassins de Paris, d'Aquitaine et du Rhône) où se sont déposés, en autres, des formations calcaires et gréseuses.

Tableau 13 - Classification des pierres ornementales

ROCHE IGNEES (au PLUTONIQUE)			ROCHES SEDIMENTAIRES	ROCHE METAMORPHIQUES	
Solidification des masses en fusions (magma) à l'intérieur ou à la surface de la croûte terrestre			Les sédiments se sont déposés dans les vallées, au fond des lacs ou de mers et, sur les côtes, entraînés par les courants. Ils résultent de la désagrégation et de l'érosion de roches préexistantes	Roches sédimentaires ou ignées enfouies en profondeur et qui se sont transformées sous l'effet de la pression de la température ou de circulations hydrothermales. Leur litage dû à la sédimentation subsistent mais elles recrystallisent avec un changement dans la nature des minéraux et l'apparition d'une foliation	
Peu ou pas cristallisées — Roches volcaniques	Cristallisations de forme particulière Roches intrusives	Cristallisées à gros grains	CONGLOMERATS Galets arrondis par les eaux et cimentés par des éléments fins	Les Grès →	QUARTZITES Les grains de quartz sont soudés très fermement donnant une roche très dure
OBSIDIENNE Roche vitreuse sans cristallisation de minéraux, riche en silice	PORPHYRES Roches cristallines Cristaux de feldspath dans une pâte fine DOLERITES (1) Cristaux allongés de feldspath dans une pâte sombre	GRANITES Quartz, feldspaths et minéraux foncés : micas, amphiboles pyroxènes etc...	BRECHES Même structure que les conglomérats mais les éléments sont anguleux. Elles peuvent résulter de mouvements de la croûte terrestre qui brisent les roches en fragments	Les Argiles →	SCHISTES et ARDOISES Les minéraux argileux sont orientés parallèlement à une direction ce qui donne à la roche un aspect feuilleté
FELSITE Roche à cristaux fins non discernables à l'oeil nu		DIORITES Texture du granite, peu de quartz, roche sombre	GRES Sable de quartz sont les grains sont cimentés entre eux et souvent teintés par des oxydes de fer (bruns à rouges). Ils peuvent aussi être blancs, jaunes, gris.	Les Arkoses Les Granites et Diorites } →	MICASCHISTES Métamorphisme plus important des schistes, apparition de paillettes de micas
BASALTES Laves noires à grain fin		GABBROS (1) Roche très sombre sans quartz	ARKOSES Composées de grains de quartz et de feldspath cimentés entre eux	Les Calcaires et Dolomies } →	GNEISS Ultime transformation de la roche avec apparition de cristaux orientés de feldspath
		PERIDOTITES PYROXENITES (1) Roches très sombres pauvres en silice constituées surtout de péridotes, de pyroxènes	ARGILES Dépôts de boue qui ont pu se déposer lentement	Les Brèches calcaires ou dolomitiques } →	MARBRES La calcite originelle a recrystallisée ; les impuretés conditionnent la couleur et le veinage
			CALCAIRES Formés de carbonate de calcium (calcite) déposé au fond des lacs ou des mers. Comportent souvent des restes d'organismes : les fossiles. (Lorsqu'ils prennent le poli, on les désigne commerciallement par le terme "pierres marbrières")	Les Basaltes Les Gabbros } →	MARBRES BRECHTIQUES
		DOLOMIES Dépôts de carbonate double de calcium et de magnésium (dolomite)	Les Pyroxénites Les Péridotites } →	AMPHIBOLITES Roches sombres constituées essentiellement de cristaux allongés d'amphiboles	
		TRAVERTINS Carbonate de calcium déposé par les eaux "encroûtantes", dans le sol ou à la surface		SERPENTINES Roches de couleur vert sombre et souvent tachetées ce qui leur donne l'aspect d'une peau de serpent	
		ONYX (Siliceux) Variété de quartz très finement cristallin, en couches alternées de couleurs variées			
		ONYX (Calcaire) ou MARBRE-ONYX Carcite colorée, rubannée ayant un aspect analogue à l'ONYX			
		ALBATRE Forme massive et finement cristalline du gypse (sulfate de calcium) EVAPORITES : Sel gemme - Potasse - Gypse Dépôts organiques : Tourbe - Charbon - Pétrole			
(1) Terme commercial "granit noir"					

Couvrant toutes les ères géologiques, ces dépôts ont une caractéristique constante : la formation de bancs stratiformes d'épaisseur métrique sur des surfaces pouvant dépasser les 100 km².

Cette caractéristique géométrique présente un grand intérêt pour l'exploitation d'un gisement de ce type. Un banc déterminé présente une homogénéité latérale très grande permettant de commercialiser un produit aux propriétés constantes. De plus, un front de taille recoupe plusieurs bancs de faciès différents, ce qui élargit la "gamme" des pierres commercialisables.

Autre avantage, l'extraction de couches dont l'épaisseur est voisine du mètre est techniquement facile, permettant la découpe de blocs marchands directement sur le banc.

2.2.2 - Les massifs éruptifs

Ce sont en général des roches éruptives des massifs anciens correspondant en France au cycle orogénique hercynien, essentiellement :

- le massif Armoricaïn,
- le massif Central,
- les Vosges,
- les massifs anciens de Corse (cf. fig. 1).

Ces granites forment des intrusions ayant traversées des roches sédimentaires et métamorphiques existantes. Ce sont des roches grenues contenant des proportions variables de quartz (silice), de feldspaths calciques (plagioclases), de feldspaths potassiques (orthose) et de minéraux accessoires : biotite, muscovite, cordiérite...

Les intrusions granitiques ont généralement la forme de dômes massifs ou batholites parfois recoupées par des filons de roches de nature différente (dykes).

La fracturation et l'altération peuvent fortement modifier un gisement granitique en surface en le transformant en un chaos de blocs arrondis (débit dit "en boules"). L'extraction dans ce type de gisement (région du Sidobre) est différente de celle d'un batholite massif peu fracturée.

L'homogénéité de teinte et de texture du granite est également recherchée, l'exploitant cherchant à localiser dans sa carrière les différents faciès de roche (granite "gros éléments" et petits éléments" du Tarn).

2.2.3 - Les massifs métamorphiques

Le métamorphisme peut avoir plusieurs origines qui modifient les roches encaissantes. La plus commune est la pression des terrains sur-incombants qui peut modifier fortement la texture d'origine de la roche. L'exemple le plus commun de cette transformation est le marbre au sens géologique strict, c'est-à-dire un calcaire ayant subi un métamorphisme qui a amené une recristallisation plus ou moins complète de la calcite (marbres carbonifères et dévonien du Boulonnais).

2.3 - GUIDE DE PROSPECTION

Le but est de mettre en évidence dans une zone déterminée (région ou pays) des gisements de roches ornementales susceptibles d'être mis en exploitation.

2.3.1 - Phases préliminaires

- Examen de la documentation géologique : cartes, rapports... sur la région concernée.
- Etude sur photographies aériennes des zones "*a priori*" favorables : roches affleurantes, fracturation apparente...
- Examen des échantillons qui ont été déjà prélevés,
- Travaux sur le terrain :
 - . analyse systématique des affleurements de roches pouvant présenter un intérêt ; étude de la fracturation, de l'altération superficielle, du recouvrement éventuel, de l'extension et de la variabilité des faciès, de l'accès.
 - . prélèvement d'échantillons : 2 blocs cubiques de 25 cm de côté par point d'échantillonnage.
 - . examen éventuel d'anciennes carrières ou excavations.
- Préparation des échantillons - analyses et tests en laboratoires :
 - . sciage d'un bloc pour préparation de plaquettes et carottage de l'autre pour tests de compression,
 - . examen pétrographique en lame mince,
 - . mesure de la porosité, de la masse volumique et de l'absorption d'eau,
 - . mesure de la résistance à la compression,
 - . essai de polissage,
 - . essai d'attrition au disque métallique,
 - . mesure de la vitesse de propagation du son.

A l'issue de ces phases préliminaires, des éléments d'ordre techniques ont été déterminés :

- les qualités de la pierre : esthétique, aptitude au polissage, caractéristiques physico-chimiques,
- la taille et l'homogénéité du gisement.

2.3.2 - Etude du marché

- Etude de la production existante dans le pays : matériaux concurrentiels, qualités et quantités produites,
- Echanges commerciaux :
 - . exportation : sous quelle forme (blocs, tranches sciées...) ? les clients ? les distances de transports ?
 - . importation : qualité et quantité ? Sociétés importatrices ? Clients ?
- La consommation locale : dans le passé : quels sont les monuments ou immeubles anciens bâtis en pierre ?
Les utilisations actuelles ? Dans le futur : les grands projets prévus dans le Plan de Développement du pays ?
- De l'interprétation de ces données : déduction de la demande future. Place du produit proposé face à ce marché : vente locale sous forme de produits finis, place du produit sur le marché mondial : possibilité d'exporter des blocs ou des tranches polies - Pays destinataires.

2.3.3 - Etude de faisabilité d'un projet d'exploitation sur un ou deux sites sélectionnés

Cette étude vise à évaluer les conditions d'ouverture d'une carrière et le profit que l'on peut tirer de son exploitation.

Différents points sont à aborder :

- * Etude détaillée du gisement
- * Essais de travail de la pierre
- * Ingénierie de la carrière
- * Ingénierie de l'usine de transformation
- * Faisabilité économique et financière.

Seules les deux premiers points seront ici détaillés.

2.3.3.1 - Etude géologique détaillée du gisement

Elle comporte généralement :

- . un levé topographique à grande échelle (1/1000 par exemple)
- . un levé géologique à la même échelle avec un relevé précis de la fracturation de surface

Ces deux cartes permettent de focaliser les zones favorables et de positionner les sondages de reconnaissance :

- implantation des sondages,
- réalisation de sondages carottés (et si possible orientés) permettant un examen en profondeur de l'homogénéité de la roche et le recensement des fractures.

Selon le degré d'affleurement de la pierre, deux à dix sondages par hectare seront nécessaires :

- tests de laboratoire identiques à ceux réalisés sur les échantillons de surface, plus éventuellement :
 - . mesure de la dureté superficielle,
 - . essai de gélivité,
 - . mesure de dilatation thermique,
 - . mesure d'abrasivité.
 - . etc...

L'ensemble de ces travaux permet de connaître la géométrie du massif, la fréquence des fractures, les épaisseurs du recouvrement et de l'altération. Il est donc possible de calculer les réserves exploitables et d'estimer un rendement-carrière, c'est-à-dire le rapport du volume des blocs marchands extraits au volume de roche en place. Il est alors possible de définir une méthode d'exploitation et le matériel d'extraction à mettre en oeuvre.

La densité des travaux effectués sera directement proportionnelle à la complexité du gisement, c'est-à-dire la présence d'une épaisse couverture de stériles, une fracturation très aléatoire et une homogénéité toute relative.

2.3.3.2 - Essais de travail de la pierre

Les essais de résistance mécanique effectués sur les échantillons et la comparaison avec des roches de composition analogue permettent d'ébaucher les conditions d'exploitation de la pierre considérée.

Néanmoins, il est toujours très utile de réaliser des essais en vraie grandeur. Pour cela un bloc de 1 à 3 m³ doit être extrait. Sur celui-ci, sera réalisé, un essai de sciage en tranches, de polissage et de débitage secondaire.

Ce test permet de préciser le rendement-machine et le rendement-usine (rapport du volume des produits vendus sur le volume des blocs marchands entrés à l'usine). Il permet en outre d'obtenir des échantillons "commerciaux", représentatifs des produits qui seront introduits sur le marché. L'avis des professionnels de la pierre sur la qualité de ces dalles permettra de mieux cerner la valeur du produit obtenu.

2.3.3.3. - Ingénierie et faisabilité

La synthèse d'une équipe comprenant un géologue, un producteur de matériel spécialisé et d'un économiste, permet de "monter un projet" réaliste en y incorporant toutes les données obtenues.

La conception de l'extraction et de la chaîne de transformation doit prévoir le matériel et le personnel nécessaire à chaque poste en s'efforçant de minimiser les temps-morts, les stocks-tampons et d'améliorer la productivité.

A partir de ces impératifs, sont déterminés les investissements nécessaires et les amortissements financiers adaptés. A partir du coût de revient calculé/mètre carré produit, il est possible d'évaluer le chiffre d'affaire prévisionnel, de calculer les frais fixes de structure et les coûts prévisionnels d'exploitation pour déterminer le seuil de rentabilité au-delà duquel l'entreprise devient bénéficiaire. Plusieurs solutions doivent être proposés afin de permettre aux investisseurs de choisir la mieux appropriées.

2.4 - PRINCIPAUX GISEMENTS

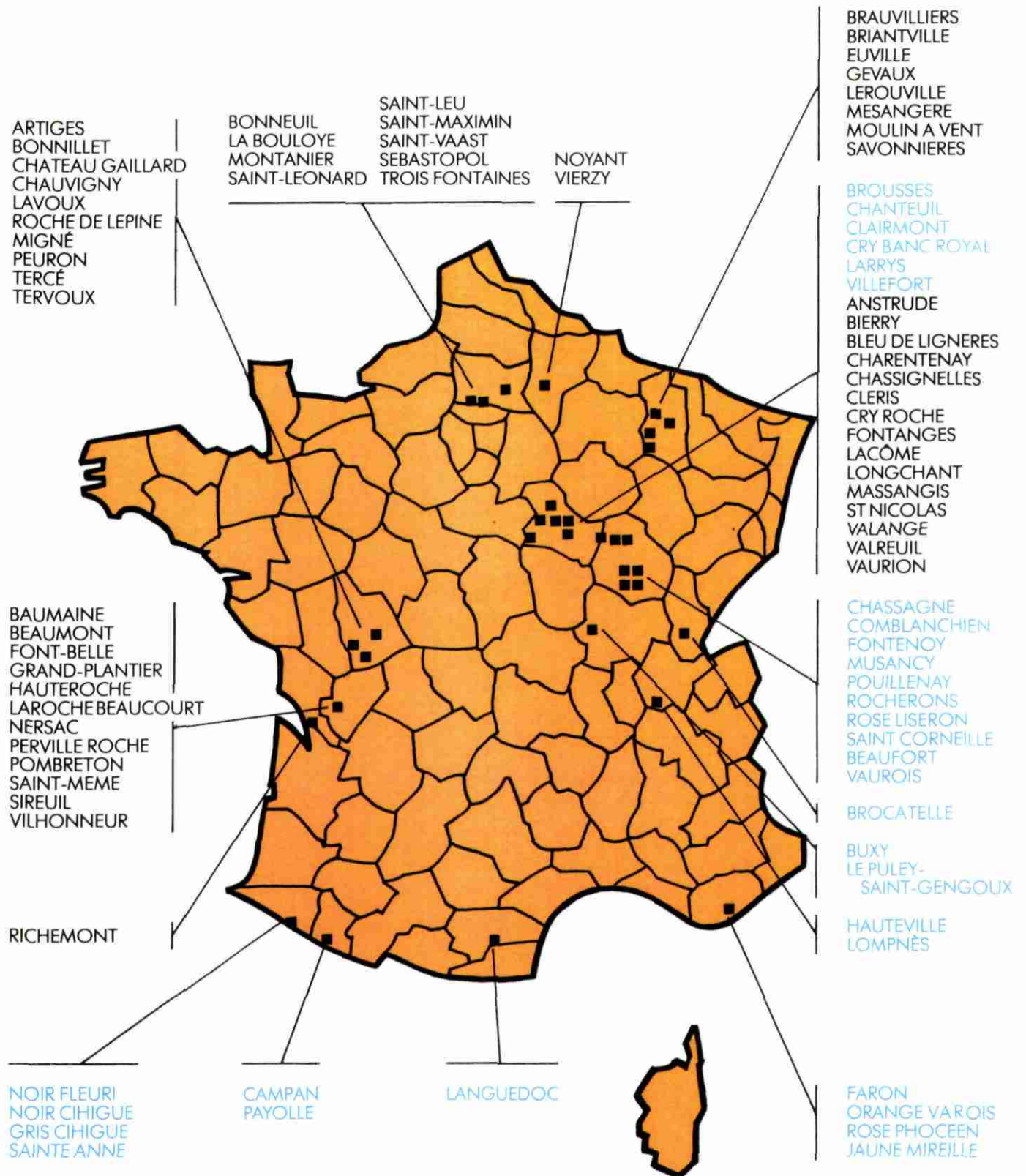
2.4.1 - *En France*

La fig. n° 2 regroupe les carrières appartenant à ROCAMAT, 1er groupe marbrier français. Cette société propose une gamme très diversifiée de pierre calcaire, de pierre marbrière et de marbre.

La fig. n° 3 localise les usines de la même société. Il faut remarquer que les unités de transformation se trouvent à proximité des lieux d'extraction et que certaines usines transforment des blocs de granites importés.

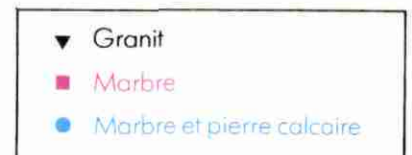
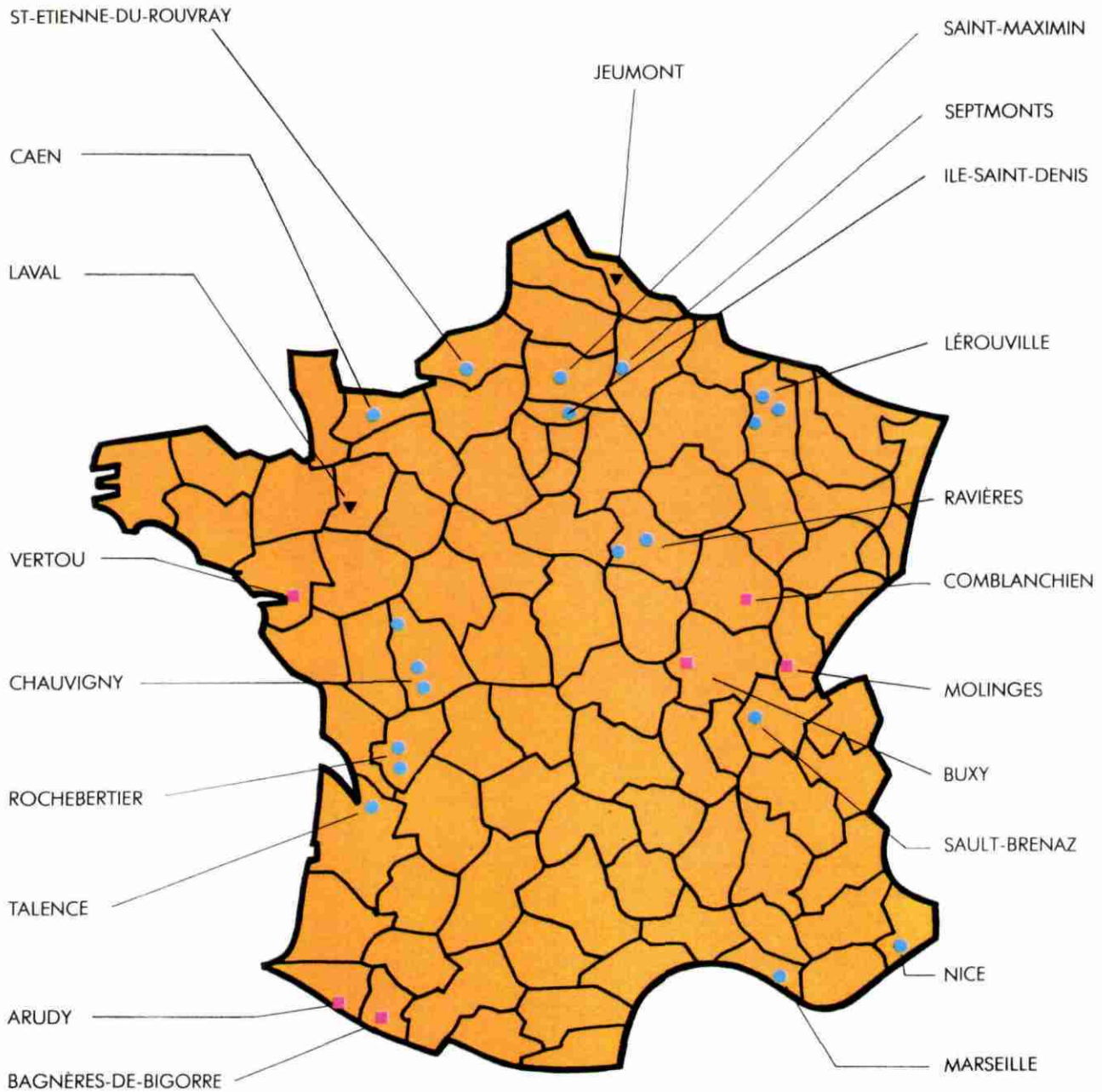
L'annexe n° 1 regroupe toutes les carrières principales du territoire français, qu'elles soient exploitées ou abandonnées (environ 800 points d'extraction).

CARRIERES ROCAMAT



- pierre calcaire
- marbre et pierre marbrière

USINES ROCAMAT



2.4.2 - A l'étranger

Il existe de très nombreux gisements de pierre ornementale et dimensionnelle à travers le Monde, des carrières abandonnées de l'Antiquité aux centres d'extraction nouvellement ouverts.

Des cartes de localisation sont fournies en annexe 2 pour quelques pays producteurs.

Le tableau 14 ci-après indique quelques producteurs mondiaux de pierres de taille (dimensionnelles) répertoriés dans "Industrial Minerals Directory" (-1ère Edition, 1987). Il est facile de constater que cette liste est très limitée car les sociétés produisant de la Pierre Ornementale ou Dimensionnelle se comptent par dizaines en France et par centaines en Italie (cf. annexe 2 - région de Toscane).

**Tableau 14 - Principaux producteurs mondiaux de pierres dimensionnelles
(d'après Industrial Minerals Directory - 1987)**

AUSTRALIA

Monier Ltd, Construction Materials
Division
The Readymix Group

BELGIUM

SA Carrières Gauthier & Wincqz
SA Carrières du Hainaut
Jos Vandenbroucke-Detollens NV
Carrières de Mont & van den
Wiidenberg SA

BRAZIL

Marbrasa Mármore do Brasil SA

CANADA

Barmin Inc, William R. Barnes Co
Division
Kootenay Stone Centre, Division of
Porcupine Mines Ltd

DENMARK

Farum Sten- & Gruskompagni A/S

FRANCE

SA Carrières du Boulonnais
Carrières de Chancelade - Entreprise
Marquet

GREECE

Hellenic Chemical Products &
Fertilisers SA
Apostolos C. Papathanassiou
Tsaimas Marble SA

INDIA

Evershine Granites
Granites (India)
Mysore Minerals Ltd

INDONESIA

PT Karimun Granite

IRAN

Iran Barite Co

IRISH REPUBLIC

Connemara Marble Products Ltd
Stone Developments Ltd

ITALY

Luigi Antolini & C Sas
Figaia SpA
Industria dei Marmi Vicentini SpA
Tomarmi Srl, Tomaselli Marmi

KENYA

Athi River Mining Ltd

NORWAY

Breivik Kalkverk A/S

PERU

Minera Baribent SA

PORTUGAL

J. Duarte & Filhos Lda
Fabrimar Lda - Fabrimar Importação
& Exportação Lda

SOUTH AFRICA

Keeley Granite (Pty) Ltd
Lamei Stone

SPAIN

Marmoles Visemar SL
Marsam SA

SUDAN

Pentco Engineering & Trading Co

SWEDEN

AB Bröderne Wallins Granitindustrier

TURKEY

Mayaş AŞ

UNITED KINGDOM

Baird & Stevenson (Quarrymasters)
Ltd
Carnon Consolidated Ltd
John Fyfe Ltd
J. & A. Gardner & Co Ltd
The Gregory Quarries Ltd
The Long Rake Spar Co Ltd
(Derbyshire Spar)
Natural Stone Products Ltd

UNITED STATES

Barretto Granite Corp
Dakota Granite Co Inc
Fletcher Granite Co Inc
Hilltop Slate Inc
B.G. Hoadley Quarries Inc
LeSueur-Richmond Slate Corp
The North Carolina Granite Corp
Pennsylvania Granite Corp
Rock of Ages Corp

3 - PRINCIPALES CARACTERISTIQUES

3.1 - CARACTERISTIQUES COMMUNES AUX PIERRES CALCAIRES

Pour répondre à une utilisation comme pierre ornementale et pierre de taille, de nombreux tests permettent de juger la valeur d'un échantillon. Ils ont été établis pour des pierres calcaires et font l'objet de normes françaises AFNOR (cf. § 5.2). Les principales caractéristiques testées sont les suivantes :

. Densité apparente

C'est un essai de base pour déterminer si la pierre étudiée est conforme ou non aux normes habituelles. Généralement, une densité apparente trop faible sera l'indice d'une porosité élevée, d'une vitesse de son faible, d'une gélivité élevée...

Le tableau n° 15 regroupe les caractéristiques de roches dont une grande partie peut être utilisée dans la décoration.

Les densités les plus faibles sont celles des matériaux tendres tels que les certains calcaires, tufs ou grès, les plus denses étant les roches d'origine basiques telles les basaltes ou les gabbros.

. Porosité

La porosité vraie est le rapport du volume des vides au volume total de l'éprouvette (cf. tableau 15).

TABLEAU N° 15 - Les propriétés des roches consistances

	Densité en place d	Volume des vides d 100(1-D)	Foisonnement F	Module d'Young en 100 kg/mm²	Résistance à l'écrasement en kg/cm²	Résistance à la traction en kg/cm²	Compressibilité en 10³ β		Résistance au cisaillement sous 50 000 atm. en 10³ kg/cm²	Friction interne 1/Q x 10³	Usure à la machine de Los Angeles	Température de fusion degrés centigrades	Coefficient de dilatation linéaire x 10⁷ Δ : 1° entre 20 et 100°	Conductibilité thermique K x 103 cal/sec/cm	Chaleur spécifique en 1 000 cal/g
							Sous 1 kg/cm²	Sous 4 000 kg/cm²							
Amphibolite Andésite	2,9-3 2-2,9	0-5		6-45	300-3 000								70	300-700	
Anthracite Ardoise	1,4-1,7 2,9-2,7			10-112	600-3 100		15-47			380			90	370-670	170
Basalte	2,8-3,2	0-10		36-111	1 000-5 000	77					10-16	1 150	54	300-700	150-213
Calcaire très dur dur demi-dur tendre très tendre	2,6-2,8 2,4-2,6 2,2-2,4 1,7-2,2 1,2-1,8	0-4 4-11 11-19 19-37 35-55	1,65	19-80 8	960-3 600 520-950 180-530 90-190 20-100	60 32 28 23 7	44 23 13	21	7,3	870	17 40		200 89 50 25	810 400 200	240 160 150
Calcaire oolithique Chloritoschiste Conglomérat Craie	2,0-2,6 2,7-2,9 2-2,7 1,2-2,2	5-24 3-25 13-50	1,5		110	15								500 200-220	
Diabase Diatomite Diorite Diorite quartzifère Dolérite Dolomie	2,8-3,1 0,45-2,3 2,7-3 2,68-3 2,7-3 2,2-2,9	0,2 30-73 0,3		70-107	1 800-2 500 960-2 800		13-27	12	5,1	170		1200-1250 1200-1250	54 70	504-560 20 550	167 160-193
Gabbro Gneiss Granite Grenatite	2,8-3,1 2,5-2,7 2,5-2,3 3,5-4,3	0,3 0-2 0-1	1,5-2	58-95 13-35 15-70	480-4 700 810-3 300 370-3 800	30-50	35-59 42-92	11-14 18-19		340-590 1 800 500-1 000	20-70 18-70	800-1050	54 75-90	475-720 400-820 290-970	172-187 176-195 132-192
Grès dur -demi-dur -tendre Gypse	2,1-2,9 2,0-2,1 1,6-2,0 2,2-2,3	0-21 21-25 25-40 2		1-40	350-2 520 160-350 80-160 70	30 10	31-59 25	24			25 50		100 140	1 100 800 240 310	222 174 245
Houille	1,3-1,5	4	1,3-177											30-80	
Marbre Meulière caver. et chert Micaschiste Microdiorite Microgabbro Microgranite Microsyénite	2,6-2,8 0,9-2,4 2,4-3,2 2,7-3 2,7-3,1 2,5-2,7 2,7-2,9	0-2 10-87	1,65	23-75 52-54	300-2 600 200-300	30-90	15-100 34-56	14		6 000			54-70	120-890	190-210
Obsidienne et tachylite	2,3-2,65			65-72			13-30		15,0					192-890	
Pechstein Péridotite Pétrole brut Ponce Porphyre	2,2-2,4 3,1-3,45 0,7-0,97 0,4-1,1 2,6-2,9			89-162 76	20 1 300-2 500		25 4-41					1600-1900		400-1240 36 50-120 550-840	
Quartzite	2,3-2,7	0-15		57-80	260-3 200		27-45			770	60-80	1 400-1 700	110	700-1 920	167-225
Rhyolite	2,3-2,5												80		
Schiste Scorie volcanique Sel gemme Serpentine	1,6-3,2 1,1-2 2,1-2,2 2,5-2,8	0-41 0-2		18-70	800-3 130 630-2 500	250 60-110	43		3,0			800	400	140-780 750-2000 140-120	185 205-215 208
Silex compact Spongolite Syénite	2,6-2,7 2-2,3 2,6-2,9		0,3	74 80-86	2 200 1 000-3 440		34 24	17						440-525	180
Trachyte Tuf calcaire = traversin Tuf volcanique	2,2-2,7 1,4-2,5 1,8		3,7 20-50 12-30	360-900 200-600 3-36	360-900 200-600 100-520						10-14			410-600 170-380	

Un classement a été établi par les Professionnels en conformités avec la norme AFNOR pour des roches calcaires dont la densité est comprise entre 1470 et 2730 kg/m³.

Pierre dite :

Très tendre	n° 1 -	Porosité de 46 % et au-dessus
Tendre	n° 2	moyenne de 43 % (40 à 46 %)
	n° 3	moyenne de 36 % (32 à 40 %)
Demi-ferme	n° 4	moyenne de 30 % (26 à 32 %)
	n° 5	moyenne de 24 % (21 à 26 %)
Ferme	n° 6	moyenne de 19 % (17 à 21 %)
	n° 7	moyenne de 15 % (14 à 17 %)
Dure	n° 8	moyenne de 12 % (11 à 14 %)
	n° 9	moyenne de 9 % (8 à 11 %)
	n° 10	moyenne de 6 % (5 à 8 %)
Froide	n° 11	moyenne de 4 % (3 à 5 %)
	n° 12	moyenne de 2 % (1,5 à 3 %)
	n° 13	moyenne de 1 % (0 à 1,5 %)
	n° 14	moyenne de 0 %

. Résistance à l'écrasement

Cette caractéristique revêt une importance capitale dans une utilisation Bâtiment & Travaux Publics.

Le tableau n° 15 regroupe les intervalles de résistance pour les pierres les plus communes. En sachant qu'un mortier de ciment à une résistance habituelle de 350 kg/cm² (environ 35 MPa), il est intéressant de la comparer à celle de la pierre auquel il est lié. La différence entre deux pierres de même nature peut parfois être considérable, comme par exemple un calcaire très tendre de 20 kg/cm² et un autre très dur de 3600 kg/cm² (360 MPa).

Vitesse de propagation du son

Cette caractéristique est directement liée à la compacité de la roche donc à sa densité, sa porosité, sa résistance à l'écrasement.

Dureté superficielle

Un burin en acier traité trace une rayure à la surface d'une pierre calcaire. La largeur du sillon sera fonction de la dureté superficielle de la pierre.

Numéro d'identification

Le numéro d'identification d'une pierre calcaire est calculée à partir d'une formule dans laquelle interviennent trois paramètres : la densité apparente, la vitesse de propagation de son et la dureté superficielle.

Les pierres calcaires sont identifiées en 14 numéros, le résultat du calcul étant arrondi à la demi-unité près.

Coefficient de taille

La difficulté de taille est comparée entre diverses roches. Il a été déduit empiriquement une échelle comportant 10 numéros de taille s'échelonnant de 0 à 9, le chiffre 0 étant attribué aux pierres les plus dures à tailler et le chiffre 9 aux pierres se travaillant facilement.

Gélivité

Cet essai normalisé (cf. § 5.2) détermine la résistance d'une pierre à des alternances gel-dégel. Celle-ci est fonction de la porosité de la pierre et de sa capacité d'absorption d'eau qui est d'autant plus élevée que les pores sont petits et la surface spécifique interne élevée.

Il existe deux types de tests pour mesurer ce paramètre :

- un essai direct où la pierre est directement soumise à une alternance gel-dégel,
- un essai indirect basé sur les mesures de la porosité et du coefficient d'absorption. Un abaque permet de localiser quatre zones d'emploi selon la sensibilité au gel de la roche.

Abrasion au disque métallique

Le chant d'un disque métallique rotatif frotte à pression constante sur une plaquette de pierre. L'abrasif est de sable quartzeux calibré. La longueur de l'empreinte est fonction de la dureté de la roche. Ce test est essentiel lorsqu'on envisage une utilisation dalles de sol pour trafic piétonnier intense.

Des spécifications imposent la dimension maximale des empreintes suivantes :

Trafic individuel : $U \leq 47 \text{ mm}$

Trafic collectif normal : $U \leq 37 \text{ mm}$

Trafic collectif intense : $U \leq 32 \text{ mm}$

3.2 - CARACTERISTIQUES DES AUTRES PIERRES ORNEMENTALES

Il n'existe en France actuellement que des normes spécifiques aux pierres calcaires. Des projets de normes sont actuellement à l'étude pour les autres matériaux (cf. paragraphe 5.2).

Toutefois les normes existantes sont souvent adoptés pour les granites et les grés, permettant de positionner le matériau testé par rapport aux autres pierres de même nature.

3.3 - CARACTERISTIQUES APPORTEES PAR LE TRAVAIL EN SURFACE DE LA PIERRE

Le tableau 16 ci-après décrit les divers modes de taille de la pierre. En fonction des choix esthétiques, un ou plusieurs types peuvent alors être réalisés.

Tableau 16 - Divers modes de taille de la pierre

D'après la Norme B 10-101. - Après une description de chacun de ces modes de taille (classés par ordre de rugosité décroissante), est décrit leur procédé d'exécution.

ÉCLATÉE. - Gros éclats, bosses et creux de formes diverses.

- Frapper au marteau (à arêtes vives) le long des arêtes de la face, avec une force telle que chaque coup provoque un éclat important du côté de cette face.

Cette taille ne comporte pas de retouche sur les éclats.

BOSSAGÉE. - Gros éclats de formes et de saillies diverses semés irrégulièrement de quelques traces de percussion allongées. Profondeur des traces : quelconque. Espacement des points : 5 à 15 cm. L'aspect final est grossièrement bombé.

- Frapper au marteau le long des arêtes de la face, avec une force telle que chaque coup provoque un éclat important du côté de cette face. Frapper incliné à la broche ou à la pique sur les saillies les plus marquées afin d'y enlever quelques gros éclats. Les coups de broches ou de piques sont donnés isolés en petit nombre et en directions quelconques.

BROCHÉE. - Longs sillons parallèles séparés par des bandes en relief de cassures d'éclatement très grossières. Largeur des sillons : 5 à 10 mm ; longueur : indéfinie ; profondeur : entre creux et côtes : 15 à 20 mm ; espacement : 4 à 8 cm.

Chaque sillon est constitué de traces profondes pouvant être discontinues et dont le dessin général est droit ou légèrement courbe. Ces sillons sont grossièrement parallèles et vont d'un bord à l'autre de la face dans une direction sensiblement à 45° des arêtes.

- Frapper incliné à la broche ou à la pique, avec une force telle que les bords des éclats se rejoignent. Ces coups sont donnés à la suite l'un de l'autre à peu près en ligne droite (ou légèrement courbe) d'un bord vers l'autre de la face et dans une direction sensiblement à 45° des arêtes.

Après chaque ligne de coups, exécuter la suivante de même à 4 ou 8 cm de distance.

POINTÉE. - Gros creux de percussion, semés irrégulièrement parmi les cassures d'éclatement en relief et grossières. Ces creux de forme un peu allongée (par traits) ou ronde (par points) ont : largeur : 3 à 8 mm ; longueur : 3 à 30 mm ; profondeur entre creux et bosses : 2 à 20 mm ; espacement : 10 à 50 mm. Lorsque les creux sont allongés ils peuvent être de même direction ou de directions diverses.

- Frapper incliné (par traits) ou presque perpendiculaire (par points) à la broche ou à la pique, avec une force telle que les bords des creux obtenus se rejoignent. Ces coups sont espacés de 10 à 50 mm entre eux et sont donnés dans une direction déterminée ou quelconque.

SMILLÉE. - Traces courtes, nombreuses parallèles, séparées par de petites cassures d'éclatement. Largeur de ces traces : 1 à 5 mm ; longueur : 2 à 25 mm ; profondeur entre creux et bosses : 2 à 7 mm ; espacement : 5 à 20 mm.

Le dessin général de ces traces discontinues est droit ou légèrement courbe et va d'un bord vers l'autre de la face dans une direction sensiblement à 45° des arêtes.

RAVALÉE. - Surface unie couverte de petits creux et de rayures de direction quelconque et d'une profondeur de 0,5 à 1 mm. Si le rabot est à dents, la surface présente, de plus, des raies parallèles de longueur et direction quelconques espacées de 3 à 4 mm ; d'une profondeur d'environ 1 mm.

- Frotter au rabot à lames (avec ou sans dents), avec une force et pendant un temps tels que la surface soit généralement unie (sans cependant, dans le cas du rabot à dents, effacer les raies produites par celui-ci).

ÉGRISÉE. - Surface unie, couverte cependant de fines rayures de direction quelconque et d'une profondeur de 0,1 à 0,2 mm.

- Frotter au grès et à l'eau ou avec un abrasif équivalent, avec une force et pendant un temps tels qu'il ne reste plus d'autres traces que les rayures de cet abrasif.

- Frapper incliné à la smille ou petite pique, ou à la broche, avec une force telle que les bords des éclats se rejoignent. Ces coups sont donnés isolés à peu près en ligne droite (ou légèrement courbe), d'un bord vers l'autre de la face dans une direction sensiblement à 45° des arêtes.

TALOTÉE. - Groupes en nombres variés de gros points ronds de meurtrissures, diversement espacés entre cassures d'éclats. Largeur de ces points : 2 à 4 mm ; profondeur entre creux et bosses : 1 à 4 mm ; espacement : 3 à 20 mm.

- Frapper perpendiculairement au talot à 8 dents, avec une force telle que les éclats entre meurtrissures se rejoignent. Après chaque coup, donner le suivant de même à côté de la trace du précédent, ou mordant légèrement sur celui-ci.

BOUCHARDÉE. - Nombreux points ronds de meurtrissures disposés en quadrillage empiétant l'un sur l'autre. Largeur de ces points : 1 à 3 mm ; profondeur entre creux et bosses : 1 à 3 mm ; espacement : à 16 dents 3 à 12 mm ; à 25 dents, 2 à 9 mm ; à 64 dents, 2 à 5,5 mm ; à 100 dents, 1 à 4 mm.

Ils sont sommairement alignés en des directions approximativement parallèles aux arêtes ou légèrement en courbe.

- Frapper perpendiculairement à la boucharde (nombre de dents quelconque), avec une force telle que les meurtrissures de cette boucharde effacent les traces des tailles antérieures ou le cas échéant, les traces de sciage.

Chaque coup est donné en alignant les dents de la boucharde sur une direction approximativement parallèle aux arêtes. Après chaque coup, donner le suivant de même à côté de la trace du précédent, en mordant légèrement sur celle-ci.

CISELÉE. - Bande plus ou moins rugueuse, taillée au ciseau éventuellement pour former un bord de face. Les fonds des creux d'une ciselure sont sensiblement à la cote spécifiée pour la face dont elle fait partie.

Toutes les tailles précédentes peuvent être exécutées avec ciselure en complément.

- Frapper incliné à 45° au ciseau approprié (de la largeur de la ciselure).

SCIÉE. - Surface relativement plane couverte de très petits creux, et pouvant comporter de petites ondulations ou décrochements. Profondeur des creux : 0,5 à 1,5 mm.

Ondulations ou décrochements ne s'écartent pas du plan général du parement de plus de : sciée à lames, 2 mm ; sciée au fil : 5 mm ; sciée à dents : 5 mm ; sciée au disque : 2 mm.

La surface peut avoir un gauche allant jusqu'à 8 mm au moins, suivant ses dimensions plus ou moins grandes.

- Scier : à lames très tendues, à l'eau et à l'aide d'un abrasif abondant, ou au fil hélicoïdal avec une flèche de 1/6 au plus, à l'eau et avec un abrasif abondant, ou à la scie à dents, ou au disque.

Déroutiller, s'il y a lieu, la surface obtenue.

ADOUCIE. - Surface unie, avec nombreuses et très fines rayures de direction quelconque et d'une profondeur d'environ 0,05 mm.

- Frotter à la ponce et à l'eau ou avec un abrasif équivalent, avec une force et pendant un temps tels qu'il ne reste plus d'autres traces que les rayures de cet abrasif.

POLIE MATE. - Surface unie mate pratiquement sans rayure apparente, reflétant légèrement la lumière.

- Frotter à l'émeri et à l'eau ou avec un abrasif fin équivalent, avec une force et pendant un temps tels qu'il ne reste plus d'autres traces que les rayures difficilement visibles de cet abrasif.

POLIE BRILLANTE. - Surface unie brillante sans rayure apparente, formant miroir.

- Frotter à la potée d'étain et à l'eau ou avec un abrasif très fin équivalent, avec une force et pendant un temps tels qu'il ne reste aucune rayure visible.

4 - SECTEURS D'UTILISATION

Les pierres ornementales sont utilisées dans deux secteurs principaux :

- les pierres de construction regroupant toutes les utilisations dans le bâtiment et les travaux publics,
- la marbrerie funéraire.

4.1 - BATIMENT ET TRAVAUX PUBLICS

En 1986, ce secteur avait un chiffre d'affaire global de 3014 millions de francs (1723 millions de F en 1977) et rassemblait 986 entreprises (1064 ent. en 1977) employant 9502 personnes.

4.1.1 - *Pierre calcaire et marbrerie de bâtiment*

Certaines sociétés sont spécialisées dans l'extraction alors que d'autres réalisent toutes les étapes de la production jusqu'à la pose finale. Les utilisations sont très variées :

- mur en pierre massive
- revêtement vertical
- revêtement horizontal
- soubassement
- assise de rejaillissement
- appui, acrotère, corniche (massif)
- dallage et escalier intérieur
- dallage et escalier extérieur.

4.1.2 - *Grès de construction*

Ils sont utilisés soit sous forme massive comme pierre taillée en moellons, soit sous forme de tranches sciées ou de dalles brutes en "*opus incertum*".

4.1.3 - Granites et "roches similaires"

Les granites et assimilés sont utilisés dans le bâtiment pour la fabrication de moellons et linteaux équarris, de tranches sciées, de dallages et de revêtements divers.

La réhabilitation des vieux quartiers dans les villes ainsi que l'élaboration de secteurs piétonniers a réanimé la production d'articles de voirie tels que pavés mosaïques, dalles et bordures de trottoirs, caniveaux et bouches d'égouts.

4.1.4 - Ardoiserie

Pour mémoire, citons l'utilisation des ardoises épaisses pour la réalisation de dallages, de parements et de murets décoratifs.

4.1.5 - Lave

Cette roche est utilisée comme moellons bruts ou ouvrés dans la construction, comme dalles, goulottes ou cuvelages dans l'édification des usines métallurgiques et chimiques.

4.2 - LES MONUMENTS FUNERAIRES

En 1986, ce secteur d'activité réalisait un chiffre d'affaire global de 2499 millions de francs pour 928 entreprises qui employaient 6554 personnes.

Le granite et les roches assimilées dominent nettement ce marché avec environ 80 %. Puis viennent les marbres et calcaires marbriers, les grés et les laves.

Les façonneries-assembleurs des monuments funéraires s'approvisionnent en tranches sciées, polies sur une face, auprès des granitiers. Ils utilisent généralement un matériel restreint : scies diamantées de petits diamètres, polissoirs à genouillère, moulureuse-fraiseuse, sableuse à jet...

5 - CRITERES DE SELECTION ET SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES

5.1 - CRITERES DE SELECTION ET D'EXPLOITABILITE DES GISEMENTS

C'est l'existence d'un marché qui, comme pour toute roche industrielle, motive la recherche et la mise en exploitation d'un gisement de pierres ornementales.

5.1.1 - Critères liés aux qualités de la pierre

A l'échelle décimétrique de l'affleurement, il est possible de juger si une pierre peut avoir une utilisation comme roche ornementale. Son intérêt est lié à plusieurs critères faciles à appréhender :

***Aspect esthétique :** bien que subjectif, il est un critère essentiel dans la sélection de sites exploitables. La teinte est la première caractéristique qui est remarquée. Ainsi des couleurs claires sont généralement recherchées dans le bâtiment alors que les teintes sombres sont appréciées dans le funéraire.

La présence de particularités pétrographiques ou fossilifères est souvent recherchée comme par exemple le granite orbiculaire, la labradorite, les calcaires coquilliers ou à entroques, etc...

Le travail de finition effectué sur la pierre permet de faire varier les aspects esthétiques, polissage, bouchardage, etc...

***Homogénéité :** La teinte et la texture de la roche doivent être homogènes pour permettre la commercialisation des produits aux caractéristiques constantes. Avec prudence, les producteurs de pierres ne peuvent s'engager à fournir "des produits rigoureusement identiques, étant donné les variations naturelles inévitables des roches extraites". Donc "a priori" un affleurement présentant des variations importantes de teintes et de texture offre peu d'intérêt.

L'existence de défauts dans la roche (voir tableau n° 17) et leur densité relative peut être une cause d'abandon pour un projet (présence de nombreux "crapauds", vacuoles, trous d'animaux fousseurs, etc...).

***Caractéristiques physiques :** une roche massive, dure, sonore sous le marteau, bien cristallisée, peu poreuse laisse supposer une grande résistance mécanique et une bonne aptitude au polissage.

En contre-partie, elle est plus fragile et elle sera plus affectée par des déformations tectoniques.

En pratique, la présence de deux fractures au moins par mètre linéaire ne permet pas d'envisager une fabrication industrielle (blocs trop petits pour un sciage au chassis). Une utilisation pour le pavage n'est toutefois pas à exclure.

5.1.2 - Critères liés aux gisements

Si les premières observations sont favorables, l'examen détaillé à l'échelle du gisement s'avère nécessaire.

***Fracturation** : elle joue un rôle essentiel car elle détermine les dimensions des blocs "marchands". Pour obtenir des coûts minimaux de sciage dans l'utilisation des chassis à lames, des blocs de 2 m (L) x 2 m (l) x 1,5 m (H) sont recherchés.

L'examen de la fracturation sur le terrain est délicat sous les climats tempérés car la pierre est souvent recouverte d'un sol qui empêche toute observation de surface.

La réalisation de tranchées ou de sondages carottés est alors nécessaire. Sous climat désertique, la fracturation de surface est généralement visible sur la surface structurale des bancs et une simple photo aérienne permet de déterminer les "familles" de fractures, les couloirs de fracturation. Les zones épargnées par les déformations sont alors aisément identifiées. et elles feront l'objet d'examens approfondis.

Complémentaire de la fracturation sub-v verticale, la fracturation sub-horizontale joue aussi un rôle important. Elle apparaît souvent dans les massifs granitiques, due à des phénomènes de décompression.

Dans les gisements de roches calcaires, la hauteur des blocs extraits est limitée par l'épaisseur des bancs. Une fracturation sub-horizontale peut parfois exister dans des assises particulièrement massives.

Deux méthodes sont généralement utilisées pour quantifier la fracturation :

- le PS (Paramètre structural) tient compte du nombre de diaclases par mètre et du nombre de familles de fractures ; par exemple un PS = [2.3] signifie 2 fractures par mètre et 3 familles d'orientation différente.
- le RQD (Rock Quality Designation) qui est le rapport, en pourcentage, de la somme des longueurs des portions de carottes de sondage supérieures à 10 centimètres, à la longueur totale de la passe carottée. Un RQD > à 75 % désigne un bon gisement.

Tableau 17 - Principaux défauts des pierres limitant leur utilisation en ornementation

- **Crapaud :**
Rognon de pierre qui se trouve enrobé dans le marbre ou un calcaire dur.
- **Fil :**
Fente souvent à peine perceptible qui coupe une masse et qui a une forme et une direction quelconques.
- **Flamme :**
Trainée noirâtre.
- **Géode :**
Cavité qui, fermée de toutes parts, dans une roche, est tapissée de cristaux ou de minéraux concrétionnés.
- **Moye :**
Synonyme de moie ; couche tendre qui se trouve dans la pierre et qui peut lui permettre de se déliter.
- **Noeud :**
Synonyme de rognon ; fraction de masse minérale irrégulièrement arrondie, englobée dans une substance minérale de nature différente.
- **Péture :**
Nom donné à un défaut dans le marbre : c'est un fil ayant au maximum 15 à 20 cm de longueur.
- **Stylolite :**
Joint irrégulier marquant la stratification ; il est indenté, des creux et des pointes accidentant un plan parallèle à celui du dépôt. On connaît aussi des stylolites obliques et même perpendiculaires à la stratification.
- **Trou de vers :**
Petits trous ronds millimétriques qui existent dans certaines roches marbrières blanches.
- **Veine cristalline :**
 - 1 - Marque longue et étroite qui va en serpentant dans les roches marbrières capricieusement par rapport à la stratification, due à une variation de couleur ou à des filonnets de matières différentes.
 - 2 - Partie de calcite recoupant le banc de pierre ou de roche marbrière.
- **Verrier :**
Filonnet de calcite.

***La découverte :** l'épaisseur et la nature de la découverte joue un rôle important dans l'exploitabilité d'un gisement.

Si une roche affleure, elle est en général altérée. Cet horizon d'altération devra donc être enlevé avant d'atteindre la roche saine.

Le rapport maximum des épaisseurs découverte/roche exploitable généralement admis est de 1/1. Il pourra être supérieur si la pierre ornementale a une grande valeur marchande ou si la découverte peut être valorisée.

Par exemple, dans le Sidobre, des boules de granite sont exploitées après un décapage au bulldozer de 10 à 20 mètres de terre et d'arènes granitiques meubles.

A Comblanchien, la découverte est voisine de 30 mètres pour 10 à 15 mètres de roches marbrières. Au sommet, 5 à 10 mètres de terre sont enlevées. Au dessous, de 15 à 20 mètres de calcaire altéré, fortement fracturé, sont pétardés pour une utilisation comme granulats.

***L'altération :** en général, l'altération est une cause de dépréciation des qualités mécaniques et esthétiques d'une roche. L'arénisation des granites et la karstification des massifs calcaires peuvent, lorsqu'elles sont trop avancées, faire rejeter un projet en raison de la proportion de "stériles" qu'il faudra éliminer.

Habituellement, l'altération de la roche peut être constatée à l'affleurement ou dans des sondages carottés. Toutefois la présence de cavités karstiques ou d'arènes est toujours possible entre deux points d'investigation.

***Les réserves :** les réserves prouvées (ou calculées) doivent au minimum pouvoir assurer 10 ans de fonctionnement d'une usine de transformation en fonction d'une quantité de production pré-établie. Elles ont été calculées en fonction de dimensions géométriques reconnues par observation visuelle directe ou par sondages carottés suffisamment rapprochés pour s'assurer de la continuité du gisement.

Les réserves possibles (ou probables) englobent les réserves pouvant exister latéralement ou verticalement par rapport au volume des réserves prouvées.

Le potentiel de ces réserves complémentaires devra être étudié plus en détail pour que l'exploitant puisse les considérer comme certaines.

La notion de réserves éventuelle est plus générale encore, puisqu'en outre des réserves possibles, des extensions sont espérées aux environs du gisement principal.

Ce sont les prolongements géologiques qui laissent envisager cette éventualité :

- bancs calcaires massifs d'origine marine, se prolongeant sur des dizaines de kilomètres (cuestas de calcaire bathonien du Comblanchien ou du Châtillonnais...),
- pointements granitiques issus du même batholite profond ("bassin granitier" breton regroupant diverses carrières exploitant le même faciès pétrographique).

***Les rendements :** pour juger de l'exploitabilité d'un gisement, deux rendements sont généralement utilisés :

- le rendement-carrière est, en temps donné, le rapport du volume de blocs équarris sortis de la carrière au volume de roches en place qu'il a fallu extraire pour les produire, y compris la découverte de même faciès que la roche exploitée (en excluant l'horizon terrigène ou de nature différente qui recouvre en général le gisement).

Ce rendement-carrière peut varier de 10 % (cas de carrières de marbre parcourues de couloirs de fracturation) à 80 % (cas de certains gisements de pierre de taille tendre extraite par sciage direct sur les bancs).

- le rendement-usine est le rapport du volume de produits commercialisés au volume de blocs marchands dont ils sont issus, ceci en un temps donné.

A ce niveau de transformation, c'est la présence dans la pierre de défauts inacceptables à la commercialisation qui conditionne les rebuts (présence de petites cavités, "crapauds", variations de teinte...).

Ce ratio peut varier de 30 à 80 % des blocs marchands entrés dans l'usine.

Un net gain de productivité peut être obtenu en automatisant la détection des défauts et le découpage optimisé des dalles. La production des carrières du Boulonnais est ainsi passée de 7 m²/h en manuel à 21 m²/h en automatique.

Certains exploitants utilisent le terme de "rendement global" c'est-à-dire le rapport du volume de produits commercialisés au volume de roches en place, y compris la découverte. Celui-ci est en général très faible, voisin de quelques pourcents (3,5 % en moyenne à Comblanchien, 3 % dans le Sidobre).

5.2 - SPECIFICATIONS INDUSTRIELLES

Les règles de l'Art codifiées sont transcrites dans diverses catégories de documents servant de base aux bureaux de contrôle lors de l'exécution, et en cas de litige, aux experts pour vérifier la conformité des matériaux et des ouvrages.

5.2.1 - En France

Deux types de documents concernent les ouvrages en pierre :

- Les **normes** (AFNOR) donnent la définition des produits traditionnels d'usage courant et d'expérience éprouvée (cf. tableau 18).
- Les **Documents Techniques Unifiés** (DTU) décrivent la mise en oeuvre des produits normalisés suivant une méthode traditionnelle ; ils donnent une définition complémentaire des produits.

DTU 20 (avant 1967) DTU 20-1 (Projet en cours d'étude)	- Maçonnerie, béton armé, plâtrerie - Ouvrages de maçonnerie en petits éléments (murs et parois)
DTU 20-12 (octobre 1981)	- additif N° 2 au Mémento
DTU 23-1 (janvier 1976)	- Parois et murs en béton banché
DTU 52-1 (avril 1961)	- Revêtements de sols scellés
DTU 55 (avril 1961)	- Revêtements muraux scellés
DTU 55-2 (décembre 1979)	- Revêtements muraux attachés en pierres minces.

TABLEAU 18
Normes AFNOR relatives aux Pierres ornementales (1987)

	Désignation des Normes	Pierres calcaires	Roches marbrières	Granites	Grès
Normes générales	Terminologie Vocabulaire Transactions Identifications Caractéristiques géométriques	B 10 001 B 10 101 B 10 301 B 10 401	 B 10 102 B 10 202 B 10 402	 B 10 103 B 10 203* B 10 403*	 B 10 104* B 10 204* B 10 404*
Normes d'essais	Absorption d'eau par capillarité Porosité - Masse volumique réelle Coefficient d'absorption d'eau Vitesse de propagation du son Dureté superficielle Dureté vickers Usure au disque métallique Essai de compression Essai de flexion Module d'élasticité dynamique Teneur en eau critique Essai de gélivité Résistance aux attaches Mesure du poli Tachabilité	B 10 502 B 10 503 B 10 504 B 10 505 B 10 506 B 10 507 B 10 508 B 10 509 B 10 510 B 10 511 B 10 512 B 10 513 B 10 514 -	 - -	 - -	 - -
Normes d'exigences (aptitude d'une pierre à l'emploi donné)	Prescriptions générales relatives à l'emploi	B 10 601*	B 10 602*	B 10 603*	B 10 604*

*Normes en projet

- Absence de Normes

5.2.2 - Aux Etats-Unis

"American Society for Testing and Materials" (ASTM) a défini les spécifications suivantes, relatives aux pierres du bâtiment et à leurs utilisations :

Specifications for: *C 616-68(1977) Building Sandstone *C 568-67(1977) Dimension Limestone *C 503-67(1977) Exterior Marble *C406-58(1976) Roofing Slate *C543-67(1977) Slate Blackboards *C615-68(1977) Structural Granite *C629-68(1977) Structural Slate
Test Methods for: *C 241-51(1976) Abrasion Resistance of Stone Subjected to Foot Traffic *C 97-47(1977) Absorption and Bulk Specific Gravity of Natural Building Stone *C 170-50(1976) Compressive Strength of Natural Building Stone *C 880-78 Flexural Strength of Natural Building Stone *C120-52(1976) Flexure Testing of Slate (Modulus of Rupture, Modulus of Elasticity) *C 99-52(1976) Modulus of Rupture of Natural Building Stone *C121-48(1976) Water Absorption of Slate *C217-58(1976) Weather Resistance of Natural Slate.
Definitions of Terms Relating to: C119-74 Natural Building Stones

Tableau 19 - Normes ASTM.

Le tableau 20 ci-après regroupe les principales caractéristiques physiques des pierres pour le bâtiment.

Tableau 20 - Les principales caractéristiques physiques des matériaux de construction (Normes ASTM)

Matériau	Densité (C 97-47)	Coefficient d'absorption % (C 97-47)	Résistance à la compression traduite en kg/cm ² (C 170-50)	Module de rupture traduit en kg/cm ² (C 99-52)
<i>Marbre</i> (usage extérieur) (C 503-67) calcique dolomitique travertin serpentine	$\geq 2,6$ $\geq 2,8$ $\geq 2,3$ $\geq 2,7$	$\leq 0,75$	$> 1\ 335$	> 70
<i>Pierre calcaire</i> (C 568-67) tendre (demi-ferme) ferme dure (froide)	1,76 à 2,16 2,16 à 2,56 $> 2,56$	≤ 12 $\leq 7,5$ ≤ 3	$> 126,5$ > 281 > 562	> 28 > 35 > 70
<i>Granite</i> pour construction (C 615-68)	$\geq 2,56$	$\leq 0,4$	$> 1\ 335$	> 105
<i>Grès</i> pour construction (C 616-68) grès (SiO ₂ ≥ 60 %) grès-quartzite (SiO ₂ ≥ 90 %) quartzite (SiO ₂ ≥ 95 %)		≤ 20 ≤ 3 ≤ 1	> 140 (1) > 703 (1) $> 1\ 406$ (1)	> 21 > 70 > 140

(1) Suivant la direction de moindre résistance.

6 - TECHNIQUES D'EXTRACTION ET DE TRANSFORMATION

6.1 - L'EXTRACTION EN CARRIERE

6.1.1 - *La découverte*

Les formations meubles telles que terre végétale, dépôts sablo-graveleux, roches très fragmentées sont mises en tas par un bull-dozer puis reprises sur camion pour être stockées en dehors de l'aire d'extraction. Elles serviront au réaménagement ultérieur de la carrière.

Les formations massives au sommet de la masse exploitable nécessitent l'emploi des explosifs non-brisants pour éviter d'endommager les bancs sous-jacents. Le matériau tout-venant de bonne qualité est souvent transporté, pour la production de granulats, vers une unité de concassage-criblage qui se situe généralement à proximité de la carrière.

6.1.2 - *Les méthodes d'extraction traditionnelles*

Dans les carrières de roches ornementales, deux méthodes principales d'extraction sont encore utilisées :

***La poudre noire** : explosif non brisant, permet d'éviter la fissuration du matériau, ce qui le rendrait impropre à toute utilisation.

Bien adapté aux gisements bouliiformes du Sidobre, sa mise en oeuvre est délicate dans les gisements massifs. Pour ceux-ci, l'objectif est de désenclaver de grandes masses (débitage primaire de plusieurs centaines de tonnes) en employant une méthode de tir qui évite un couplage socle-explosif, générateur de fissures.

EXTRACTION EN CARRIERE

(Figure 4)
Ce schéma d'exploitation montre les équipements utilisés pour découper, extraire et transporter des blocs de pierre ornementale.

Des coins à fendre, placés dans une rangée de trous percés verticalement, sont à la masse jusqu'à ce que la roche se fende.

Une foreuse à deux perforateurs est utilisée pour percer une rangée horizontale de trous verticaux.

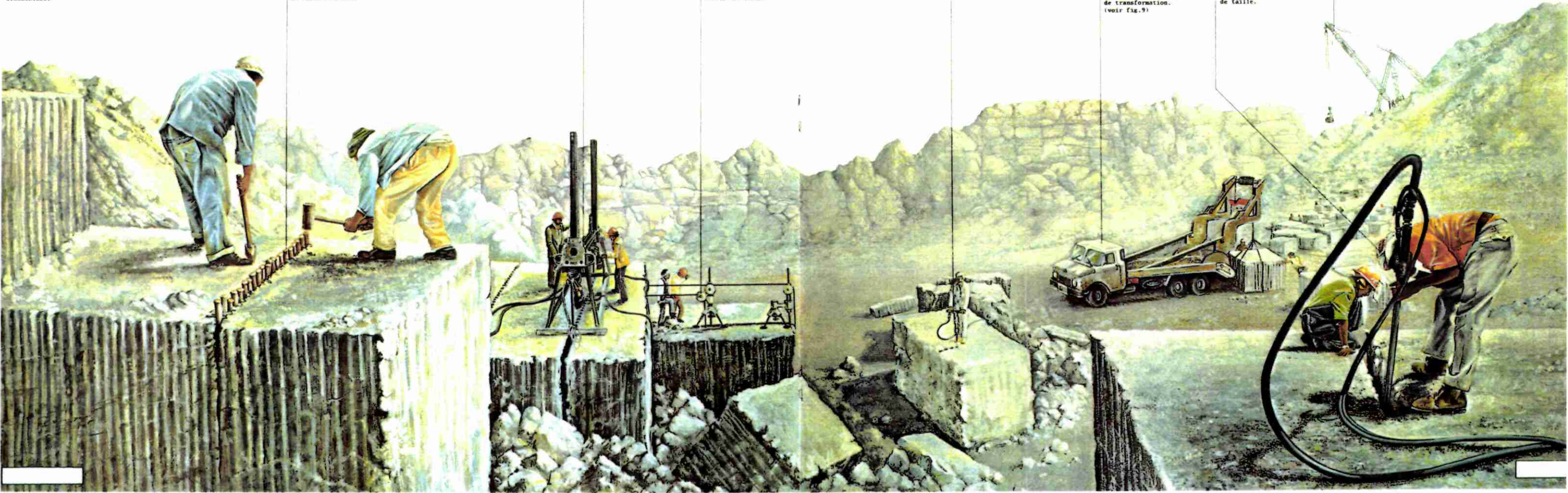
Un câble d'acier à concrétions diamantées, guidé par des poulies, permet de découper des masses rocheuses.

Une masse roche est percée au marteau pneumatique avant d'être découpée en blocs marchands plus petits.

Un camion, spécialement équipé d'un système de levage, est utilisé pour transporter les blocs équarris vers l'usine de transformation. (voir fig. 9)

Un jet de gaz brûlants, produits par une lance thermique, permet de découper une profonde entaille dans le front de taille.

Un derrick est utilisé pour transporter les blocs, récemment extraits des parties inaccessibles de front de taille, d'où ils seront chargés sur des camions.



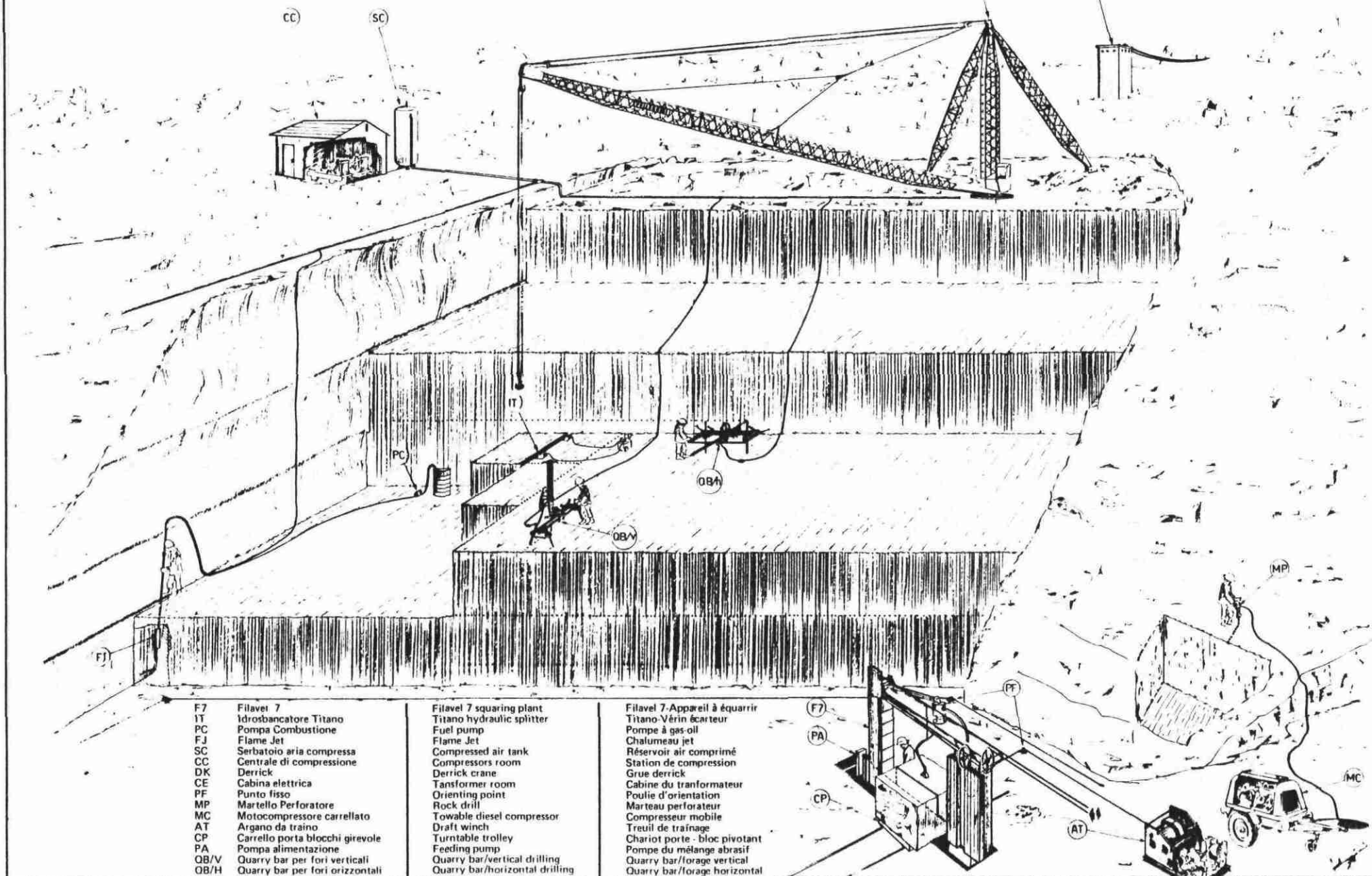
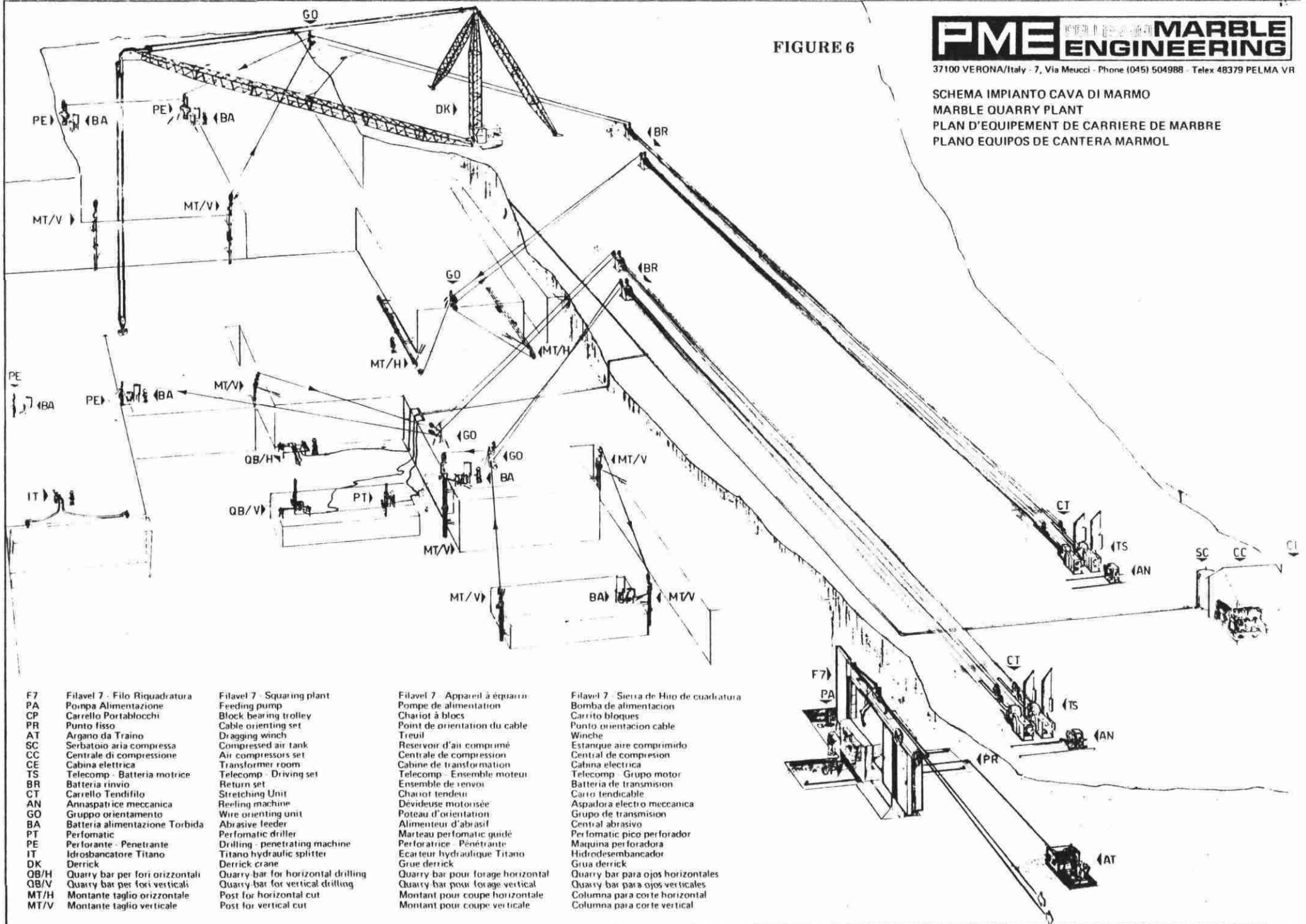


FIGURE 6

SCHEMA IMPIANTO CAVA DI MARMO
MARBLE QUARRY PLANT
PLAN D'EQUIPEMENT DE CARRIERE DE MARBRE
PLANO EQUIPOS DE CANTERA MARMOL



F7 Filavel 7 - Filo Riquadratura
PA Pompa Alimentazione
CP Carrello Portablocchi
PR Punto fisso
AT Argano da Traino
SC Serbatoio aria compressa
CC Centrale di compressione
CE Cabina elettrica
TS Telecomp - Batteria motrice
BR Batteria rinvio
CT Carrello Tendifilo
AN Annaspatrice meccanica
GO Gruppo orientamento
BA Batteria alimentazione Torbida
PT Perforante
PE Perforante - Penetrante
IT Idrosbancatore Titano
DK Derrick
QB/H Quarry bar per fori orizzontali
QB/V Quarry bar per fori verticali
MT/H Montante taglio orizzontale
MT/V Montante taglio verticale

Filavel 7 - Squaring plant
Feeding pump
Block bearing trolley
Cable orienting set
Dragging winch
Compressed air tank
Air compressors set
Transforming room
Telecomp - Driving set
Return set
Stretching Unit
Reeling machine
Wire orienting unit
Abrasive feeder
Perforatic driller
Drilling - penetrating machine
Titan hydraulic splitter
Derrick crane
Quarry bar for horizontal drilling
Quarry bar for vertical drilling
Post for horizontal cut
Post for vertical cut

Filavel 7 - Appareil à équarir
Pompe de alimentation
Chariot à blocs
Point de orientation du cable
Treuil
Reservoir d'air comprimé
Centrale de compression
Cabine de transformation
Telecomp - Ensemble moteur
Ensemble de renvoi
Chariot tendeur
Déviduse motorisée
Poteau d'orientation
Alimenteur d'abrasif
Marteau perforatic guidé
Perforatrice - Pénétrante
Ecarteur hydraulique Titano
Grue derrick
Quarry bar pour forage horizontal
Quarry bar pour forage vertical
Montant pour coupe horizontale
Montant pour coupe verticale

Filavel 7 - Sierra de filo de cuadratura
Bomba de alimentación
Carrito bloques
Punto orientation cable
Winche
Estanque aire comprimido
Central de compresion
Cabina electrica
Telecomp - Grupo motor
Bateria de transmision
Carro tendicable
Aspadora electro mecanica
Grupo de transmision
Central abrasivo
Perforatic pico perforador
Maquina perforadora
Hidrosbancador
Grúa derrick
Quarry bar para ojos horizontales
Quarry bar para ojos verticales
Columna para corte horizontal
Columna para corte vertical

***Le fil hélicoïdal** est utilisé dans les carrières de marbres depuis plusieurs décennies. Cette méthode permet de découper des surfaces considérables (plusieurs centaines de m²) selon des plans parfaits. Il s'agit d'un fil d'acier hélicoïdal qui pénètre dans le matériau par l'érosion provoquée par un abrasif (grenaille d'acier, de fonte...). Un courant d'eau continu refroidit l'outil et évacue les débris de roche.

6.1.3 - Les techniques d'extraction moderne

Actuellement, trois techniques modernes, dérivés des procédés plus anciens, sont opérationnelles sur les chantiers d'extraction :

- le tir à charges découplées dit "Smooth Blasting",
- le fil diamanté,
- les laveuses - rouilleuses.

***Le tir à charges découplées :** Elle s'appuie sur la théorie de la technique du prédécoupage mise au point aux Etats-Unis et en Suède dans les années 50. Les explosifs utilisés doivent être faiblement brisants. Ils sont conditionnés en cartouches de petits diamètres et, positionnés par des centreurs en plastique qui permettent d'obtenir un découplage suffisant.

Cette technique, si elle est correctement réalisée, permet d'orienter la poussée des gaz produits et de détacher des masses très importantes en suivant les fissures naturelles pré-existantes.

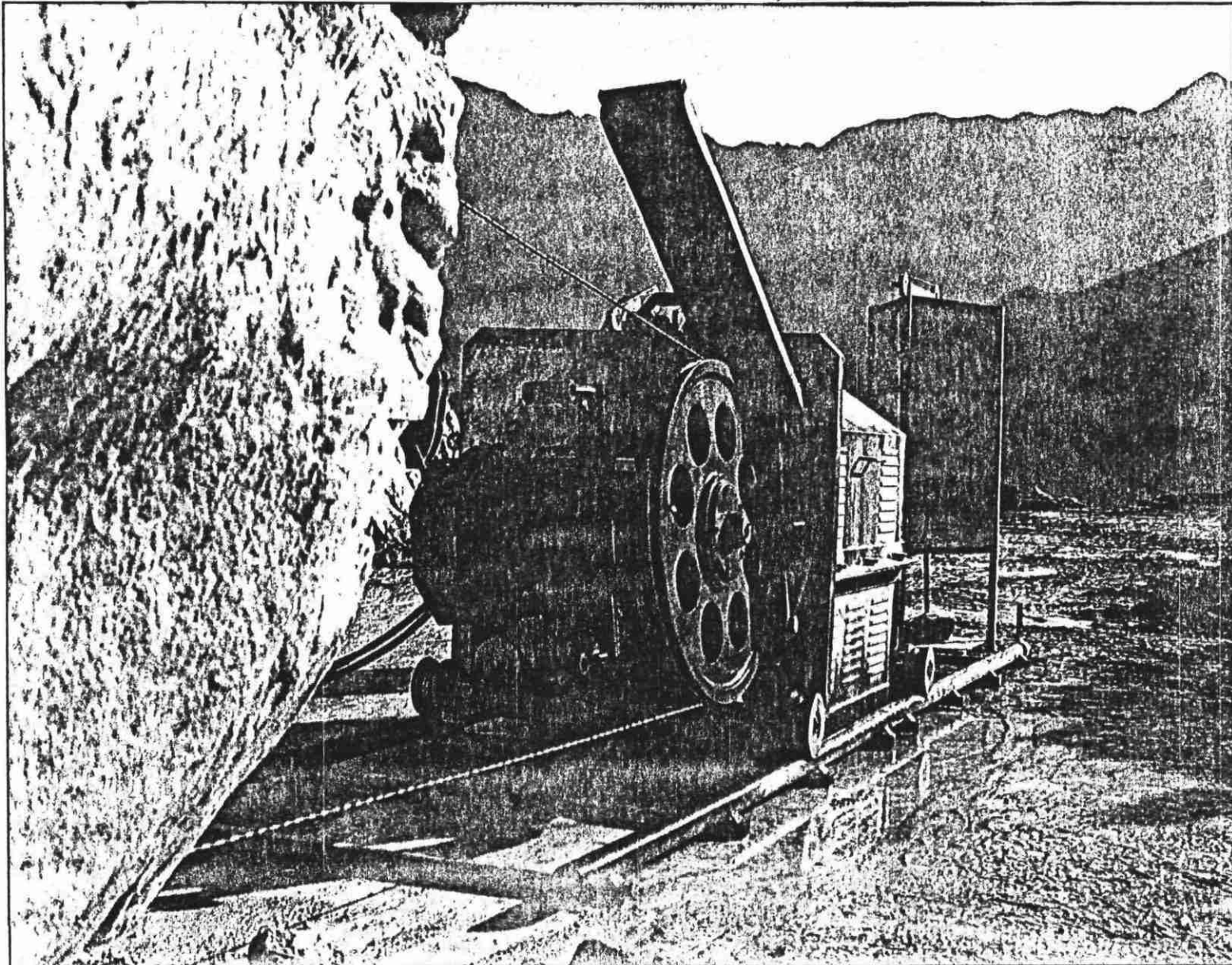
Cette méthode est actuellement en phase d'optimisation en utilisant, entre autres, un logiciel d'assistance à l'exploitation.

***Le fil diamanté :** cette méthode est maintenant courante dans les carrières de marbres et de pierres marbrières (Boulonnais, Poitou, Châtillonnais, Maconnais...). Elle est expérimentée depuis 2 ans dans les carrières de granite (essais Diamant-Boart à Ploumanach-granite de La Clarté)..

Cette méthode de découpage a vu son utilisation s'étendre vers les années 1980 grâce à l'amélioration du matériel et du câble.

FIGURE 7

**Centrale hydraulique de transmission de puissance dans une installation
de sciage par câble diamanté**



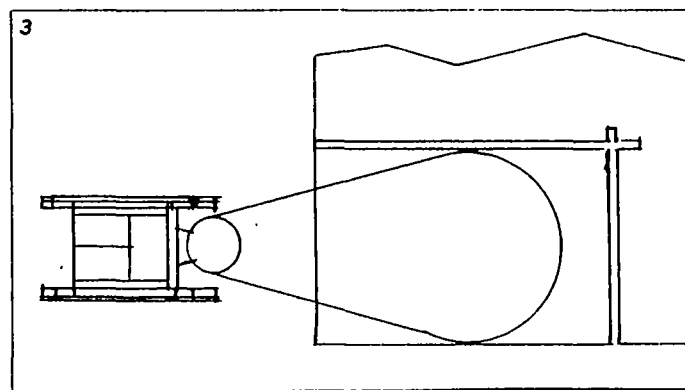
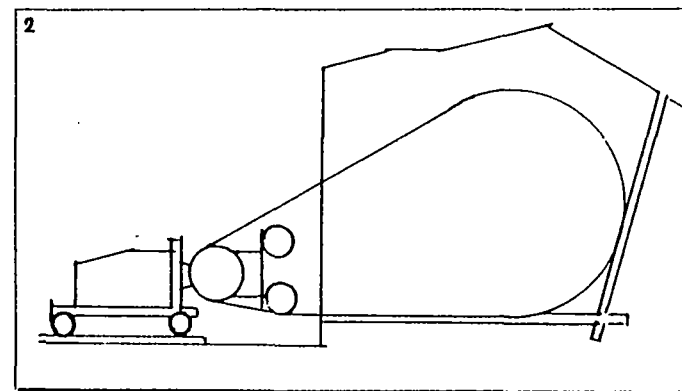
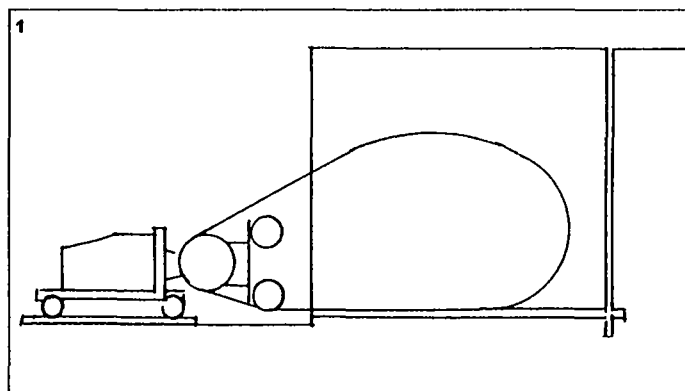


FIGURE 8

Exemples de découpage de masses rocheuses au câble diamanté

Le matériel nécessaire comprend un châssis tubulaire monté en rails avec une poulie d'entraînement, une centrale hydraulique de transmission de puissance et un câble diamanté. Deux forages communicants, un vertical, l'autre horizontal, sont réalisés pour le passage du câble (cf. fig. 7 et 8).

Celui-ci comporte un filin central en acier sur lequel sont enfilées des perles de concrétion diamantée. Celles-ci sont séparées entre elles par des ressorts ou des anneaux de caoutchouc dur qui permettent leur rotation et assurent leur maintien en cas d'allongement du câble.

La durée de vie du fil dépend directement de la nature du marbre. Un tronçon de 70 m de fil diamanté peut scier :

- pour un marbre dur ($R_c = 160 \text{ MPa}$) : 1000 m^2
- pour un marbre tendre (type Carrare, $R_c = 100 \text{ MPa}$) : 1500 m^2

***La haveuse-rouilleuse à chaîne diamantée :**

C'est une machine portant un bras plat de 1 à 3 m de long entraînant à la manière d'une tronçonneuse une chaîne munie de pastilles diamantées. Ce bras, pivotant dans un plan, permet des coupes verticales (rouillage) et des coupes horizontales (havage).

La mise au point de chaînes à plaquettes diamantées a permis de supprimer les opérations fastidieuses du réaffutage des plaquettes en carbure.

Ainsi, dans la pierre de Soignie (Belgique) dont la résistance à la compression est de $R_c = 170 \text{ MPa}$, les outils aux carbure avaient une durée de vie de 100 m^2 avec affutage tous les 10 m^2 . Dans les mêmes conditions, la chaîne diamantée peut scier 2000 m^2 (matériel Ets Perrier) et pastilles diamantées Stratapax de Diamant-Boart) sans affutage, par simple rotation d'un quart de tour et blocage des pastilles.

***Autres techniques :**

- le chalumeau coupe-pierre ("rock-cutting jet") : la découpe de saignées dans la masse granitique par fusion de la roche peut atteindre 5 mètres de profondeur. Il est alimenté en gasoil et en air comprimé. La flamme produite se propage à la vitesse de 1300 m/seconde ce qui permet une coupe rapide et l'élimination des déchets du sillon.

- le jet d'eau haute-pression :

La mise au point récente de matériels (pompes, tuyauteries, buses...) capables de produire des jets continus à très hautes pressions (jusqu'à 400 MPa) devrait permettre d'utiliser cette technique pour découper les roches.

***Coûts comparés des techniques d'extraction :** Dans les tableaux 21 et 22 ci-après sont reportés les coûts comparés des différentes méthodes utilisées dans l'extraction du marbre et les indices de production (B. Rozes, 1984).

Tableau 21

Coût comparés des différentes méthodes de découpage du marbre en carrière - 1984

	Fil d'acier		Fil diamant		Haveuse diamant		Découpage explosif	
	en F/m²	%	en F/m²	%	en F/m²	%	en F/m²	%
Foration	6	5	12	11	—	—	70	79
Personnel	76	64	20	19	12	10	1,6	2
Consommables	19	16	64	60	84,5	73	17	19
Energie	12	10	4	4	3	3	—	—
Amortissement et entretien	6	5	7	6	15,5	14	—	—
Total	119	100	107	100	115	100	98,6	100

Tableau 22

Découpage de bancs marbriers - Indices de production - 1984

	Fil d'acier	Fil diamant	Haveuse diamant	Découpage explosif
Coût d'utilisation	119 F/m²	107 F/m²	115 F/m²	99 F/m²
Rendement instantané	0,6 m²/h	5,5 m²/h	6 m²/h	
Taux d'activité	0,95	0,60	0,50	
Rendement réel	0,57 m²/h	3,3 m²/h	3 m²/h	5 m²/h
Indice de production horaire	100	579	526	877
Indice de coût par unité de volume produit	100	15	18	9

Ces différents paramètres sont donnés à titre indicatif, car seule une étude de faisabilité détaillée prenant en compte les caractéristiques du gisement et du matériau à extraire, permet, dans la plupart des cas, d'optimiser le choix de la méthode à mettre en oeuvre.

6.1.4 - Le débitage secondaire

La masse importante de roche, après avoir été détachée du front de taille, doit être découpée en blocs transportables. Les mêmes techniques que celles du débitage primaire sont employées.

Le découpage s'effectue dans la mesure du possible en suivant les directions privilégiées de moindre résistance : sens du "fil" pour le granite, interbancs ou fissures pour les marbres.

Deux méthodes nécessitent la foration de trous alignés qui sont effectués par des marteaux pneumatiques ou des "wagon-drills" :

- enfoncement de coins métalliques à la masse métallique,
- découpage à la poudre noire ("pétardage").

La méthode de sciage au fil est surtout employée dans les carrières de marbre. Dans certaines carrières où l'accès par camion est difficile, les blocs sont sortis de l'excavation par un derrick géant ou par téléphérique.

6.1.5 - L'équarrissage des blocs

Afin d'éviter le transport de matière rocheuse inutilisable (paroi altérée d'une fracture, excroissance rocheuse...) et améliorer le rendement du sciage à l'usine, le bloc brut issu du débitage secondaire est équarri* ("mis au carré") dans un atelier qui se trouve généralement à la sortie de la carrière. Cette opération est obligatoire pour les sociétés commercialisant des blocs car elle permet de présenter une masse "mise d'équerre" avec un minimum de défauts apparents.

*équarrir : du latin populaire "exquadrare" = rendre carré. Même origine pour le terme anglais "quarry".

L'appareil le plus commun est la monolame, diamanté ou non, de longueur moyenne 3 mètres, qui permet d'équarrir de gros blocs. Pour la pierre tendre, la rouilleuse montée sur chassis permet de bons rendements.

Le disque diamanté de grand diamètre et le fil hélicoïdal (ou diamanté) sont utilisés dans certaines carrières. Les blocs équarris sont chargés sur le plateau d'une semi-remorque pour être commercialisés ou transformés dans une usine qui est généralement située à quelques kilomètres de la carrière.

6.2 - LA TRANSFORMATION EN USINE

En France, le volume de production de tranches sciées est nettement supérieur à celui des produits massifs et non sciés, en particulier pour le granite où le rapport est proche de 10.

Certaines usines se sont spécialisées dans cette production comme par exemple les pavés, les bordures de trottoir et les moellons en granite en Bretagne, en Normandie dans les Vosges et dans le Tarn.

Pour les pierres de taille (moellons appareillés), certaines grandes entreprises françaises ont conservé, à proximité de l'usine principale de produits sciés-polis, des ateliers où des Compagnons du Devoir peuvent restaurer la rosace ou l'ogive gothique d'une cathédrale en utilisant la pierre d'origine. Ils emploient soit des outils anciens soit des techniques modernes (burins-graveurs, meuleuses électro-portatives...).

Les trois principales étapes pour la fabrication des tranches polies sont : le sciage, le polissage et le débitage à dimensions. (cf. fig. 9).

6.2.1 - Le sciage industriel

L'épaisseur des tranches sciées varient de 2 cm (la plus courante) à 40 cm dans de rares cas.

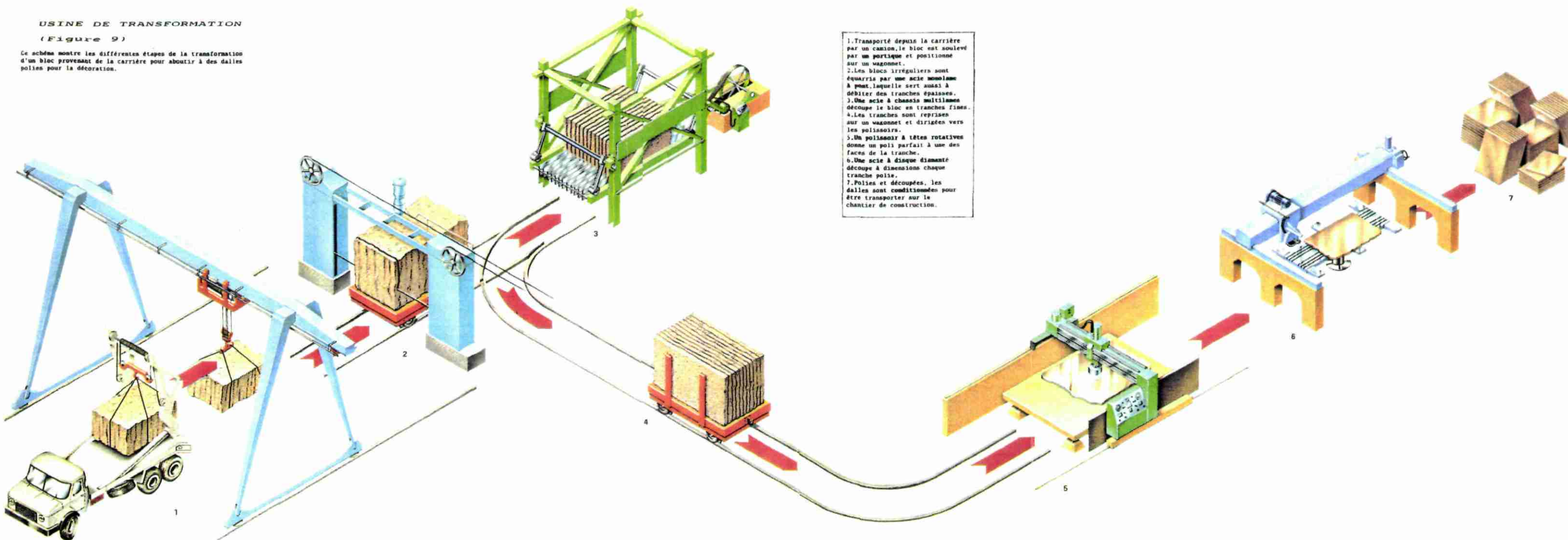
Pour des tranches inférieures à 4 cm, l'intérêt du chassis multilames n'est plus à démontrer alors que les procédés "monotrait" sont plus performants à partir de 10 cm.

USINE DE TRANSFORMATION

(Figure 9)

Ce schéma montre les différentes étapes de la transformation d'un bloc provenant de la carrière pour aboutir à des dalles polies pour la décoration.

1. Transporté depuis la carrière par un camion, le bloc est soulevé par un pontique et positionné sur un wagonnet.
2. Les blocs irréguliers sont équarris par une scie monolame à pont, laquelle sert aussi à débiter des tranches épaisses.
3. Une scie à chapeaux multilames découpe le bloc en tranches fines.
4. Les tranches sont reprises sur un vagonnet et dirigées vers les polissoirs.
5. Un polissoir à têtes rotatives donne un poli parfait à une des faces de la tranche.
6. Une scie à disque diamant découpe à dimensions chaque tranche polie.
7. Polies et découpées, les dalles sont conditionnées pour être transportées sur le chantier de construction.



***Le chassis-multilames ("multiblades gangsaw")**

Le principe de fonctionnement de la machine est simple : un moteur électrique de forte puissance transmet, par l'intermédiaire d'un pivot excentré et d'une longue bielle, un mouvement linéaire alternatif à un cadre métallique horizontal (cf. fig. 10). Celui-ci a une longueur de 3 à 5 mètres et une largeur de 2 à 3 mètres. Dans l'axe de la machine est fixée une "armure", c'est-à-dire un ensemble de lames qui peuvent être de deux types :

- lames avec ou sans dents utilisant du sable quartzeux ou de la grenaille d'acier comme abrasif,
- lames comportant des " inserts" de concrétions diamantées.

Une "armure" moyenne comprend 100 lames simples ou 50 lames diamantées et elle peut débiter toutes les pierres ornementales, du granite au marbre.

Chaque lame est maintenue sous tension par des tirants ou des clavettes, et l'écartement est réglé par des cales multiples (ou "cahiers"). L'"armure" est généralement positionnée pour produire des tranches de deux centimètres d'épaisseur.

L'utilisation de lames diamantées et l'automatisation des chassis a fortement augmenté la productivité : descente de l'armature de 35 centimètres/heure au lieu de 2 cm/h dans le calcaire de Comblanchien.

Le tableau 23 ci-après regroupe les coûts comparés des méthodes de sciage multitraits dans du granite (d'après Rozès, 1980).

Bien que la perte de matière soit importante (52 % au lieu de 12 % en moyenne, la production mensuelle est quatre fois plus élevée, ce qui conduit à des coûts sans concurrence actuelle.

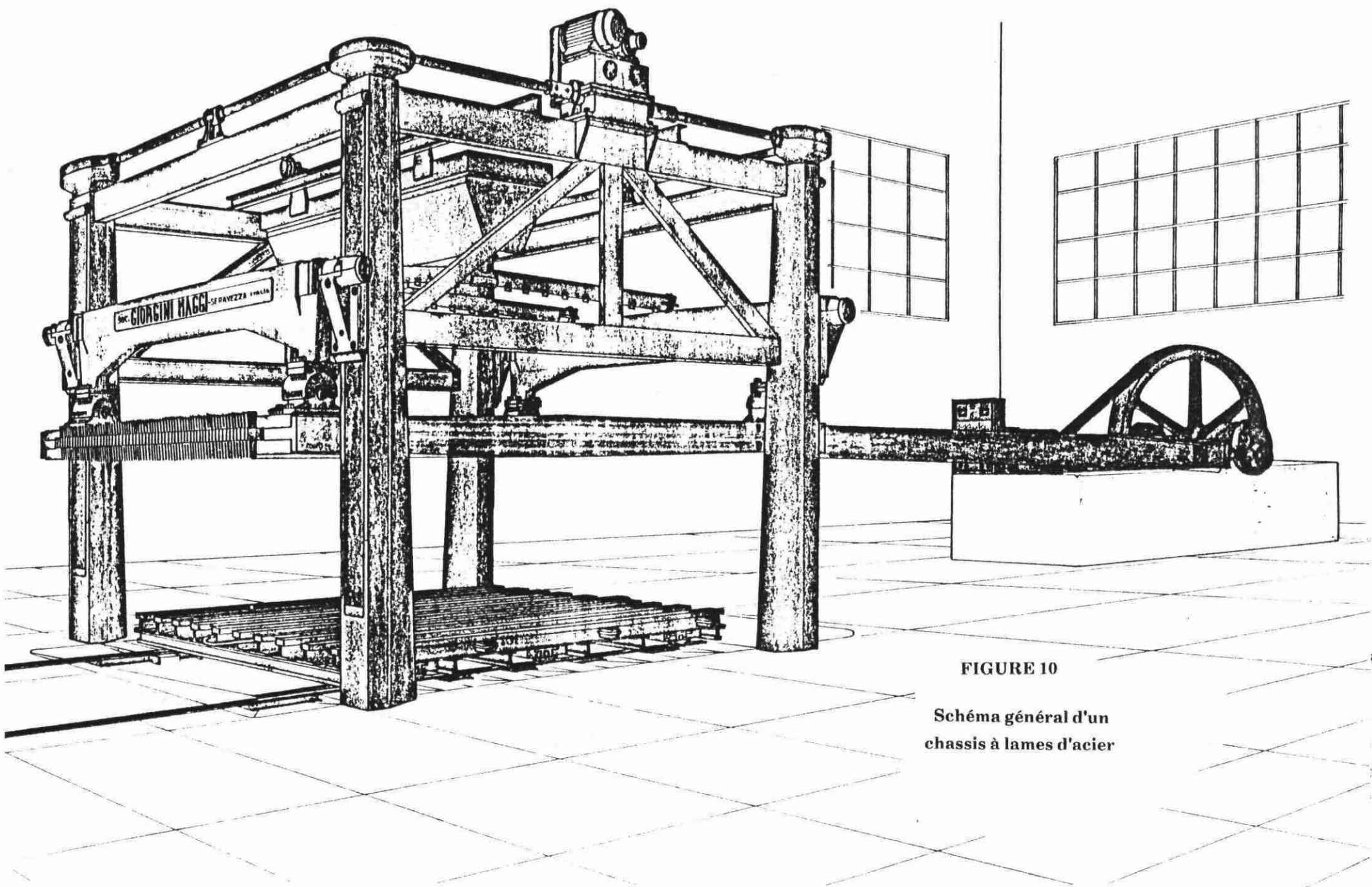


FIGURE 10

Schéma général d'un
chassis à lames d'acier

TABLEAU 23

Coûts comparés des méthodes de sciage multitraits du granite

VALEURS 1980	CHASSIS LAMES D'ACIER		" GRADIAX " ou " MULTIDIAX "	
	*Ratios physiques	Coût unitaire	Ratios physiques	Coût unitaire
Vitesse de coupe	0,7 à 1 cm à l'heure		13 lames : 45 ch/h	
Durée de vie (lame ou diamant)	2,2 kg/m ² ou 1 lame/6 m ²	3 F/kg	20 lames : 32 cm/h	
Abrasifs (grenaille d'acier)	5,5 kg/m ²	2,8 F/kg	1 jeu de segments (18)/50 m ² (par lame)	1 880 F
Eau d'arrosage des lames	100 l/min	2 F/m ³	30 l/lame/min	2 F/m ³
Puissance	75 ch soit 55 kW	0,25 F/kWh	150 cv soit 110 kW	0,25 F/kWh
Personnel : de 0 à 3 chassis	1/2 ouvrier/poste/chassis			
nombre de chassis > 3	1/3 ouvrier/poste/chassis....	38 F/h	1 ouvrier/poste	38 F/h
	L = 3 m (2 blocs par chassis)		L = 3,20 m	
Dimensions utiles de coupe	l = 3 m		l = 1,65 m	
	h = 1,90 m		h = 1,40 m	
Epaisseur trait de coupe	3,5 mm		7 mm	
Coût au m ² pour des tranches			Coût au m ² pour des tranches	
Epaisseur des tranches	4 cm	6 cm	8 cm	
Production brute mensuelle moyenne	420 m ²	290 m ²	220 m ²	
Perte matière	14 %	11 %	10 %	
Consommation taillants (lame ou diamant)	6,6 F	6,6 F	6,6 F	
Consommation abrasif (grenaille)	15,4 F	15,4 F	15,4 F	
Consommation eau (perte au recyclage : 10 %)	1,2 F	1,7 F	2,2 F	
Force motrice	17,7 F	19,8 F	25,8 F	
Main-d'œuvre	18,9 F	27,8 F	36,2 F	
Amortissement machine	17,2 F	25,2 F	32,8 F	
(y compris accessoires, installation, montage) sur 7 ans (prévoir 3 chariots pour 2 chassis)				
Total	77 F	96,5 F	119 F	
			62,4 F	66,1 F
				69,3 F

Gradiax et Multidiex sont des chassis multilames diamantés.

***Le disque diamanté :**

L'emploi de ce type de scie s'est fortement accru depuis une décennie, dû, en particulier, aux progrès technologiques et à l'automatisation complète des cycles de sciage.

Un disque diamanté est constitué d'une "tôle", partie circulaire en acier spécial dont la périphérie, ou "jante", est généralement constituée de "segments" de concrétions diamantés.

Le tableau 24 regroupe les caractéristiques des différents types de disques diamantés.

Les disques de grands diamètre (jusqu'à 3000 mm) sont employés pour le sciage des tranches épaisses directement dans les blocs équarris.

Les disques de petit diamètre servent au débitage secondaire des dalles selon les dimensions requises.

***Autres techniques de sciage :** Outre le disque diamanté, le débitage primaire des tranches épaisses peut se faire selon deux techniques :

- sciage au fil en atelier : utilisé depuis de nombreuses années, l'évolution technique a surtout porté sur l'emploi de l'abrasif. Après la grenaille d'acier, le carbure de silicium fut employé. Actuellement, le câble diamanté est testé pour le débitage des blocs et des boules granitiques.
- sciage monotrait : pour équarrir en atelier les blocs ou scier des tranches épaisses, les chassis monolames à pont sont couramment utilisés.

Dans le passé, la lame était lisse et de la grenaille était employée. Actuellement, la lame à segments diamantés se généralise.

Pour scier la pierre tendre, les rouilleuses installées à porte fixe sont utilisées. Le bras de ces machines peut atteindre 2 mètres de long. Les pastilles d'usure de la chaîne sont au carbure de silicium ou en concrétions diamantées.

Le tableau 25 ci-après permet de comparer les coûts respectifs des méthodes de sciage monotrait dans le granite.

Tableau 24 - Caractéristiques des différents types de disques diamantés (Documents Diamant Boart).

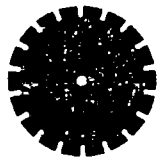
TYPES	DESCRIPTION	DIMENSIONS	DESTINATION GENERALE	MATERIAUX	AVANTAGES	RECOMMANDATIONS
	TYPE J.C. DISQUE A JANTE CONTINUE La partie active consiste en un anneau en concrétion diamantée d'une hauteur standard de 5 mm. Cet anneau est monté sur un support en acier spécial à haute résistance et d'épaisseur plus faible que la concrétion afin de donner de la voie au sciage.	Diamètres : de 200 à 400 mm. Epaisseur diamantée de 1,8 à 3,2 mm suivant diamètre.	Prévu spécialement pour tous les sciages précis et délicats, les pièces de faible épaisseur ou de petite dimension, et lorsque l'on cherche un fini de coupe exceptionnel ou une faible perte de matière.	Tous les matériaux, sous la réserve des dimensions. Ségalement : faïence émaillée, verre, matériaux fragiles ou recouverts d'une couche fragile, etc... Dans certains cas : marbre poli.	Fin de coupe exceptionnelle et spécialement absence de petites ébréchures. Possibilité de débitage de petites pièces fragiles. Perte de sciage faible grâce à l'épaisseur réduite de l'outil.	Montage très soigné, car les tolérances de fabrication sont très strictes. Arrosage abondant par fourche. Vitesses de rotation comprises entre 20 et 30 m/sec. Avance manuelle, sensitive de préférence. Ne pas forcer le disque et veiller à son bon avivage (saillie des diamants).
	TYPE B DISQUE A ENCOCHES REDUITES Les segments de concrétion diamantée sont rapportés à la périphérie d'une tôle encochée. La distance entre les dents est réduite par rapport à celle du type normal. Le nombre de dents est supérieur à celui du type D.	Diamètres : de 200 à 700 mm. Epaisseur des segments de 1,8 à 5 mm suivant diamètre.	Convient à tous les sciages pour lesquels on recherche un bon fini plutôt qu'une grande vitesse de coupe. Utilisé pour le débitage de plaques d'épaisseur moyenne, spécialement les plaques polies (granit, marbre, etc.). Bien utilisé, il évite les ébréchures.	En particulier, tranches polies. Tous les matériaux pour lesquels le fini est plus important que la vitesse de coupe.	La proximité des segments, leur nombre, les tolérances serrées de fabrication en font un disque idéal pour les sciages où l'on demande un bon fini de coupe et peu d'ébréchures. Il peut être considéré comme l'intermédiaire entre le type J.C. et le type D.	Montage très soigné, respect du sens de rotation marqué sur l'outil. Arrosage abondant par fourche. Sciage par passes pour les fortes épaisseurs dans les matériaux durs. Utilisation manuelle ou automatique. Vitesses de rotation : de 20 à 60 m/sec. Les vitesses les plus basses pour les matériaux durs très compacts, les plus élevées pour les matériaux abrasifs et tendres.
	TYPE D DISQUE A ENCOCHES NORMALES La partie active est constituée de segments en concrétion diamantée rapportés à la périphérie d'une tôle encochée.	Diamètres : de 200 à 3000 mm. Epaisseur des segments identique à celle des types B de 1,8 à 11,5 mm, suivant diamètre. Segments d'épaisseur renforcée sur demande.	Destiné au sciage rapide mais de bonne qualité, il permet de couper de fortes épaisseurs en cas de nécessité. Le disque de production idéal en raison d'un vaste choix de liants et de diamants.	Disque d'usage normal. Tous matériaux pierreux tels que : ardoise, béton, granit, marbre, pierre bleue, briques, carreaux, réfractaires, asbeste-ciment, etc...	Grande vitesse de coupe et fini très satisfaisant. Permet de scier en forte passe. Prix de revient des coupes très bas. Grand choix de liants pour coupes rapides ou rendements très élevés.	Montage soigné, respect du sens de rotation, arrosage abondant. Sciage en une ou plusieurs passes. Utilisation manuelle ou automatique. Vitesses de rotation : de 20 à 60 m/sec. suivant qu'il s'agit de matériaux durs et compacts ou de matériaux abrasifs.

TABLEAU 25

Coûts comparés des méthodes de sciage monotrait du granite

Valeurs 1980	FIL			DISQUE Ø 2 500 mm			NORDIAX		
	Ratios physiques	Coût unitaire	Coût au m ²	Ratios physiques	Coût unitaire	Coût au m ²	Ratios physiques	Coût unitaire	Coût au m ²
Vitesse d'avancement	1 m ² /h			1,8 m ² /h (granite tendre)			0,5 m ² /h		
Consommation taillants	fil : 30 m/m ² à 1,6 kg/m ²	8,5 F/kg	13,6 F	0,9 m ² /h (dur) 1 jeu de segments (140) pour 800 m ²	27 840	34,8 F(a)	1 jeu de segments (18) pour 50 m ²	1 880	37,6 F
Consommation abrasifs	carbure de 7 à silicium 12 kg par m ²	5,8 F/kg	60 F	—			—		
Consommation eau (perte au recyclage 10 %)	50 l/h	2 F/m ³	0,1 F	310 l/h	2 F/m ³	0,6 F	90 l/h	2 F/m ³	0,4 F
Force motrice consommée (y compris moteurs accessoires)	10 ch soit 7,4 kW	0,25 F/kWh	1,9 F	75 ch soit 55 kW	0,25 F/kWh	13,8 F	16 ch soit 12 kW	0,25 F/kWh	6 F
Personnel	1 ouvrier/fil soit 1,8 h/m ²	38 F/h	68 F	0,5 ouvrier/disque soit 0,9 h/m ²	38 F/h	34 F	0,5 ouvrier/machine soit 1,8 h/m ²	38 F/h	68 F
Amortissement machine (y compris accessoires : outil, installations, chariots montage)	10 ans soit 35 200 h (2 postes de 8 h par jour)		3,2 F	7 ans soit 24 640 h (2 postes de 8 h par jour)		14,8 F	7 ans soit 24 640 h (2 postes de 8 h par jour)		20,3 F
Epaisseur trait de coupe	4 mm			12 mm			7 mm		
Perte matière	7 à 10 %			15 à 18 %			10 à 12 %		
Hauteur de bloc admissible ...	non limité			1,05 m			1,40 m		
Total			147 F/m ²			98 F/m ²			132,3 F/m ²
avec pondération rendement matière			159 F			115 F			147 F

Nordiax est une monolame diamantée

6.2.2 - Le polissage industriel

Les techniques de polissage ont connu de constantes améliorations depuis une vingtaine d'années.

Le principe du polissage est le suivant :

Un plateau de fonte (ou "molette") sur lequel est fixé une meule abrasive tournant à grande vitesse (carborundum, carbure de silicium ou corindon), est déplacé sur la surface à polir. Le parcours de l'ensemble en rotation, longtemps laissé à l'initiative de l'ouvrier-polisseur est actuellement piloté par un micro-ordinateur. (système sinusoïdal croisé).

Les meules employées sont d'un grain de plus en plus fin à mesure que la surface devient plus lisse. Au carborundum, se substitue la "potée de carborundum" puis la "potée d'émeri" pour adoucir le poli déjà obtenu. La finition est effectuée au disque en feutre utilisant de la "potée d'étain" donnant à la pierre son poli définitif, encore avivé par une pâte à lustrer. Toutes les opérations (sauf le ponçage et le lustrage) sont réalisées "à eau courante".

La qualité du polissage n'est pas définie par des mesures. Le rendement varie selon les machines, les matériaux et les abrasifs employés.

Il existe trois grandes catégories de polissoirs, chacun mettant en oeuvre une machine spécifique :

- polissoirs à plat,
- polissoirs à chant,
- polissoirs à genouillère.



GB 550 POLISSOIR A PLAT

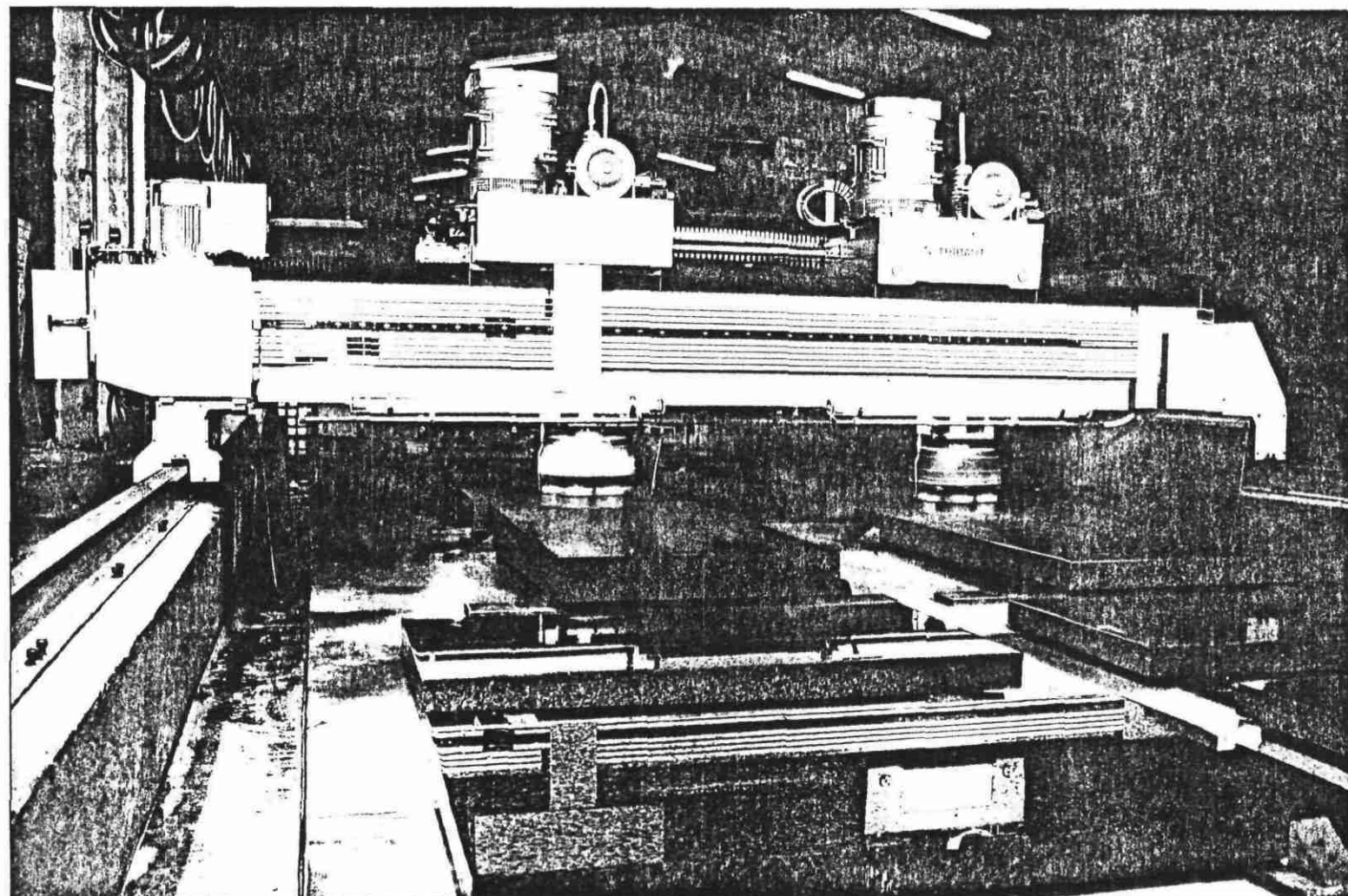
FIGURE 11

POLISSOIR A PLAT pour granit et marbre Semi-portique ou pont à 1, 2 ou 3 têtes

Machine hydraulique à mémorisation des programmes avec un bâti en fonte moulée et nervurée. Ce polissoir passe automatiquement d'une pierre à l'autre quelles qu'en soient les dimensions et hauteurs.

	Capacité transversale de polissage			
	Semi portique ou pont	Pont	Pont	Pont
1 tête	3 100 m	3 550 m	3 850 m	4 600 m
2 têtes	2 x 1 425 m	2 x 1 650 m	2 x 1 800 m	2 x 2 200 m
3 têtes			3 x 1 150 m	3 x 1 400 m

Moteur 40 ch - 30 kW (1 moteur par tête)
Tête à satellites Ø 450 mm 6 meules Ø 125/130 mm
Poids de l'ensemble mobile avec 1 tête : 6 000 kg, 6 300 kg ou 6 500 kg
Poids d'un chariot avec tête : 1 200 kg
Poids total avec 12 m de rail - capacité 3 550 m - 2 têtes : 8 940 kg
Container maritime 20 ou 40 Pieds suivant la capacité





GB 20 POLISSOIR A GENOUILLÈRE

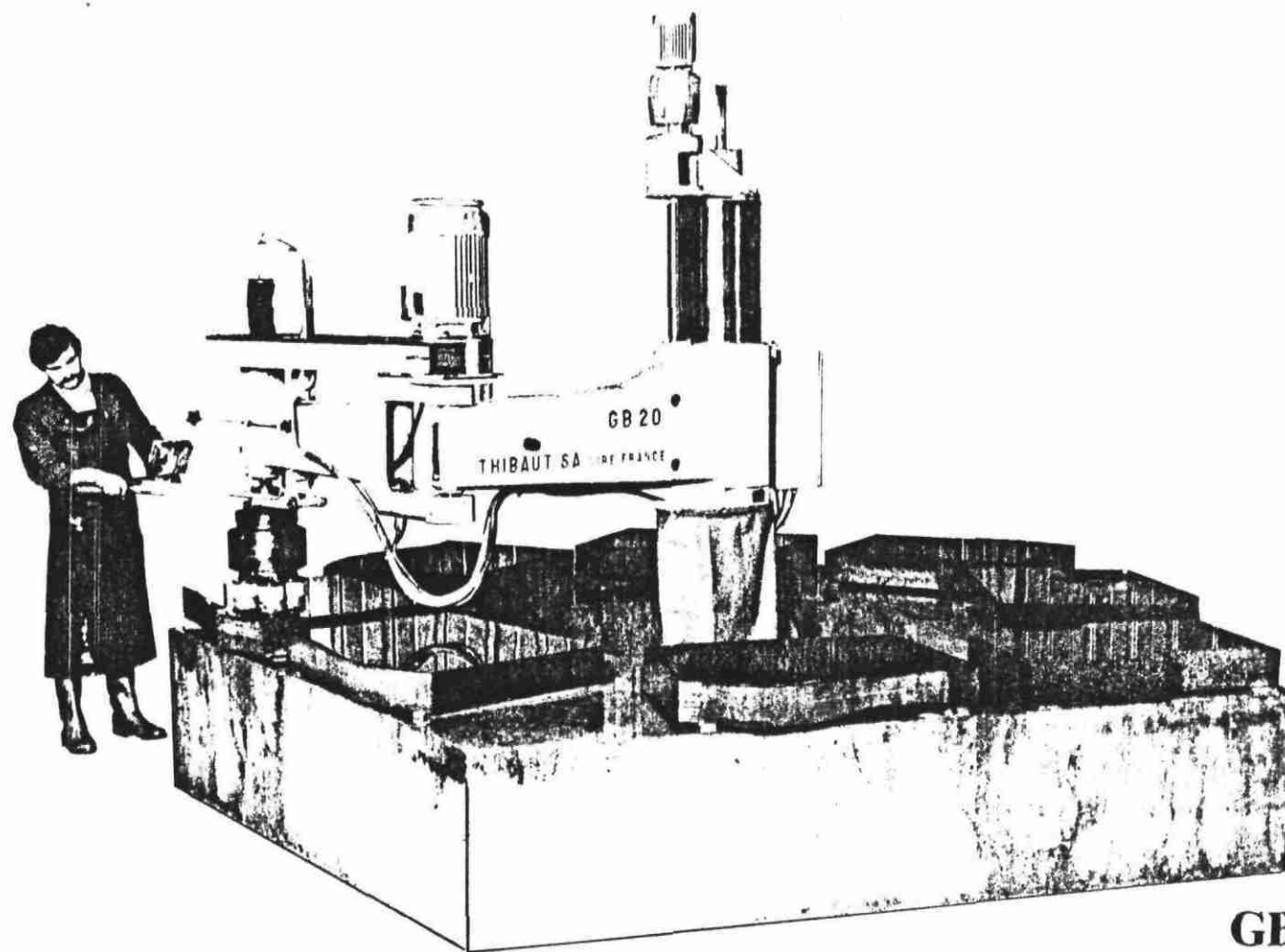


FIGURE 12

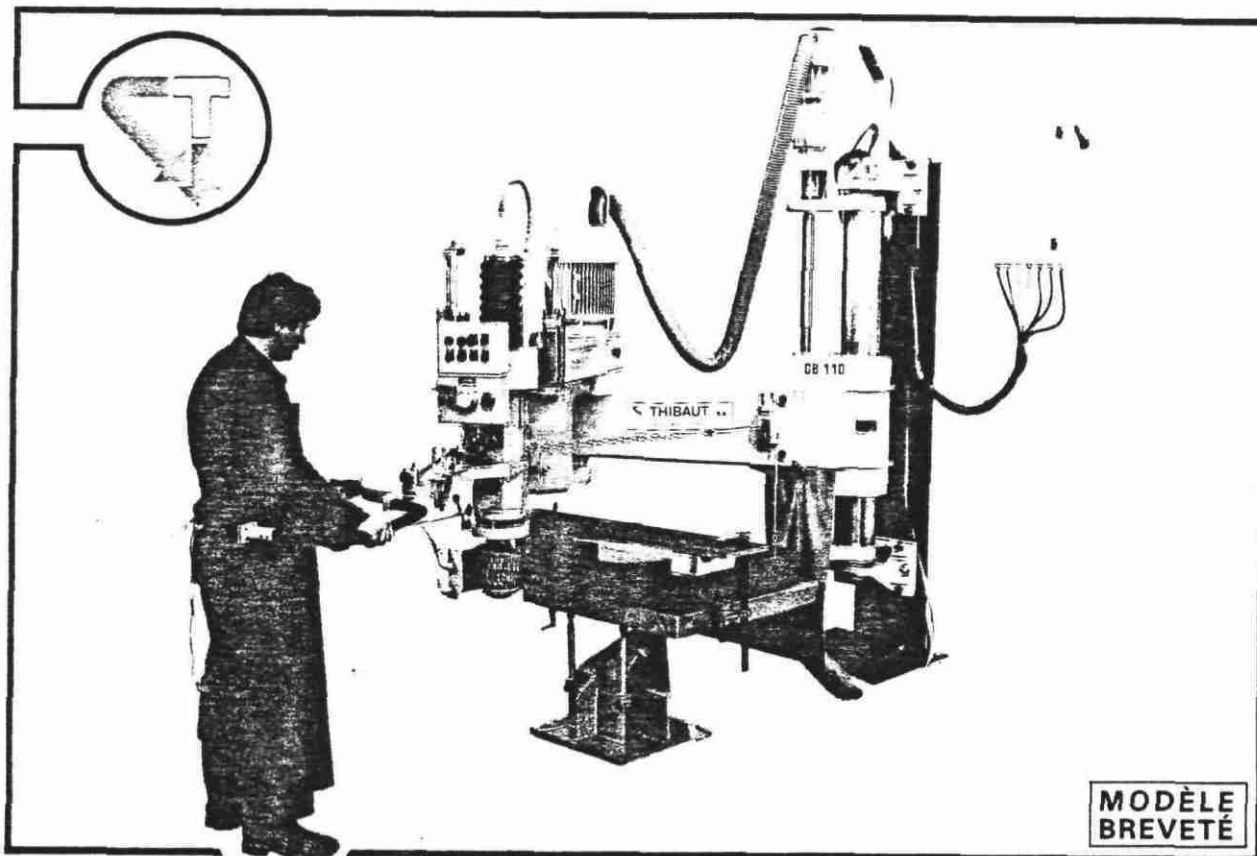
POLISSOIR A GENOUILLÈRE pour granit et marbre

- Colonne centrale à fixation au sol
- Course verticale 0.75 m
- Moteur de broche 10 ch - 7.5 kW
- Tête à satellites Ø 260 mm 4 meules Ø 90/100 mm
- Version marbre : plateaux à rotule Ø 330 mm

Poids total : 1 450 kg

Poids brut avec emballage maritime : 1 600 kg

GB 20



GB 110

FIGURE 13

**MOULUREUSE - FRAISEUSE
POLISSEUSE - PERÇEUSE
COMBINÉE
TOUS MATÉRIAUX**

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Colonne : Cylindrique en acier traité rectifié Ø 180 mm montée sur roulements à rotule - fixation murale ou sur poteau.

Montée-descente : moto-réducteur 1,25 ch/0,92 kW vis et écrou - course 0,75 m.

Bras intermédiaire et avant : en fonte développant 2,05 m.

Broche : montée sur coulisseau course 150 mm

Graissage centralisé.

Moteur : 2 vitesses 6/11 ch - 4,4/8 kW.

Poulies à 2 étages (4 vitesses de broche : 250-495-1315-2630 tr/mn).

Alimentation : standard 380 V 50 Hz

(autres tensions sur demande).

Intensité maximum :

18 Ampères (pour 380 V).

Moulurage : 4 fraises Ø 150 mm et 220 mm, hauteur 35 mm - 1 fraise conique - Pression constante et réglable assistée par contrepoids - Mouvement vertical alterné pneumatique

Capacité de fraisage verticale : 0,28 m.

Sciage horizontal : Disque Ø 300 mm ou Ø 400 mm - Blocage mécanique du coulisseau.

OPTIONS

Polissage marbre : Avec plateau à rotule pression pneumatique.

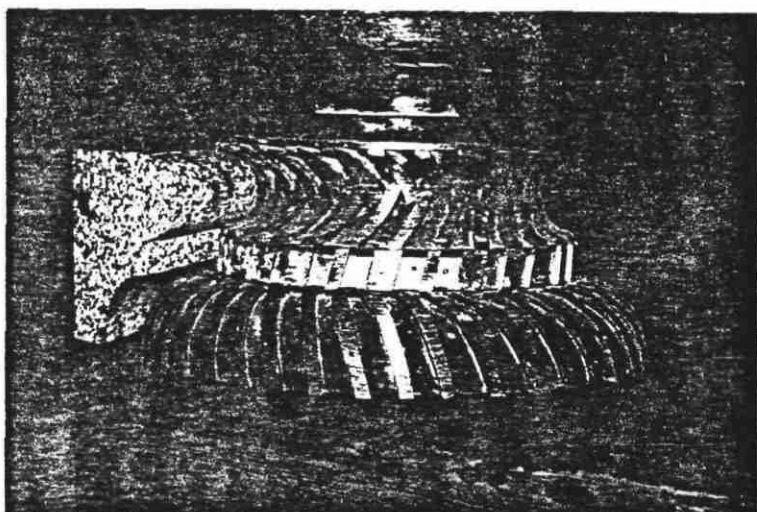
Polissage granit : Avec tête à satellites 4 meules 90/100 pression pneumatique.

Perçage : Ø maxi 180 mm (en standard) dans du granit.

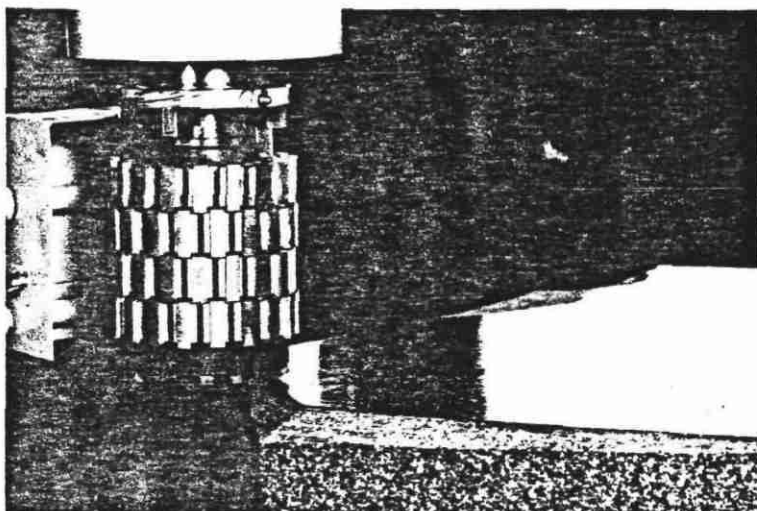
Boîte de vitesses : augmentant les possibilités de perçage (8 vitesses à la broche).

Polissage des courbes : à pression pneumatique avec : 1 cardan - 1 support de stèles et ensemble de guidage pour le polissage.

Poids total : 1350 kg.



fraise de forme



fraise conique

Le polissage à plat permet le polissage sur de très grandes surfaces au stade d'usinage des tranches sciées. Une ou plusieurs têtes de polissage comportant une ou plusieurs meules satellites se déplace sur le plan de la surface à polir grâce à sa fixation sur un portique à pont permettant de combiner les déplacements longitudinaux et transversaux. Le polissage à plat est devenue une opération entièrement automatique depuis 1975 grâce aux changements programmés des plateaux porte-meules à fixation rapide (Société Thibaut, cf. fig. 11).

Les polissoirs à genouillère ou à chant sont des engins spécialement adaptés au polissage d'éléments de surface variable et de formes complexes, entrant dans la composition des monuments (cf. fig. 12 et 13).

Le tableau 26 permet d'évaluer le coût de polissage de plaques de 2,90 m x 1,30 m en 2 postes de 8 heures, 20 jours par mois en utilisant un polissoir à plat automatique, électro-hydraulique (B. Rozès - 1980).

TABEAU 26
Coût du polissage à plat du granite

Valeurs 1980 .	Ratios physiques	Coût unit.	Coût au m ²	
			en francs	en %
Longueur courante de polissage (pas de limite théorique)	12 m			
Largeur utile	1,90 m			
Production moyenne mensuelle (1)	450 m ² (2 m ² /heure en polissage)			
Consommation de meules (2)			36,46	63,8
(Ø 130 mm/125 n° 1	1,50 meule/m ²	8,7 F	(13,05)	
n° 2	1,50 meule/m ²	8,7 F	(13,05)	
n° 3	0,50 meule/m ²	9,5 F	(4,75)	
n° 4	0,26 meule/m ²	18 F	(4,68)	
Consommation potée d'étain	10 g/m ²	80 F/kg	(0,8)	
Consommation d'eau (25 % de perte au recyclage)	150 l/heure	2 F/m ³	(0,1)	
Force motrice	5,5 kwh/m ²	0,25 F/kwh	1,37	2,4
Personnel	0,5 ouvrier/poste/machine pour la surveillance, plus les temps de manutention soit environ globalement 0,36 heure/m ² (1)	32,5 F/h	11,7	20,5
Maintenance	6 heures/mois/machine	67 F/h	0,9	1,6
Amortissement machine (y compris accessoires et montage) sur 7 ans			6,7	11,7
		TOTAL	57,1	100

- (1) Compte tenu des temps de manutention qui représentent ~ 30 % du total et pour un granite de dureté moyenne (ex. Tarn). Pour des roches basiques type diabase ou gabbros d'Afrique du Sud les rendements sont moins élevés (0,8 à 1,2 m² à l'heure).
- (2) La consommation de meules n° 1 dépend aussi de la qualité du sciage.

6.2.3 - La chaîne de transformation automatisée

Gérée par un micro-ordinateur et utilisant l'électronique, l'hydraulique et le pneumatique, l'automatisation a permis d'optimiser les différents stades de la transformation des pierres ornementales.

La manutention est réduite au strict minimum grâce à des palans sur portique, des dispositifs de manutention à ventouses, des bandes convoyeuses (cf. fig. 14).

La découpe à dimensions s'opère par positionnement automatique des disques diamantés à l'écartement voulu. Les dalles produites sont ensuite conditionnées sur palettes ou, pour les produits fins (< 15 mm d'épaisseur), protégés dans des boîtes en polystyrène.

7 - PRODUITS DE SUBSTITUTION

Chaque pierre massive a des caractéristiques propres qui fait qu'elle ne ressemble à aucun autre.

Ayant de bonnes qualités esthétiques, certaines pierres ne peuvent être exploitées industriellement à cause d'une intense fracturation. La solution évidente est de constituer un cube de blocs de la pierre souhaitée, liés par un mortier.

Le choix de la taille des éléments de la roche, la résistance et la couleur du ciment ont une importance capitale. Un diamètre de 5 à 12 centimètres et une teinte de liant voisine de celle de la pierre donne, en général, un bon résultat esthétique.

Le **marbre reconstitué** ainsi créé, se débite comme un bloc marchand classique et suit la même chaîne de transformation. Cette technique est rarement employée avec des granites.

Une autre possibilité est la réalisation de "**granitos**" ("Terrazzo tiles"). Des éléments anguleux (ou "chips", ϕ moyen = 1 centimètre) de marbres homogènes de différentes couleurs sont inclus dans un ciment de teinte différente. Le mélange ainsi créé est ensuite scié et poli selon les techniques traditionnelles. Ce type de produit est d'une qualité d'aspect et d'une résistance, généralement inférieures au marbre reconstitué, et "a fortiori" au marbre massif.

Une image de luxe reste attachée aux pierres ornementales. Ainsi depuis quelques années, les céramistes italiens ont mis au point des carreaux de céramique imitant, avec un certain réalisme, le "travertin" italien et un granite rosé !

Néanmoins par ses qualités mécaniques et l'infini variation de ces teintes, la pierre naturelle restera irremplaçable.

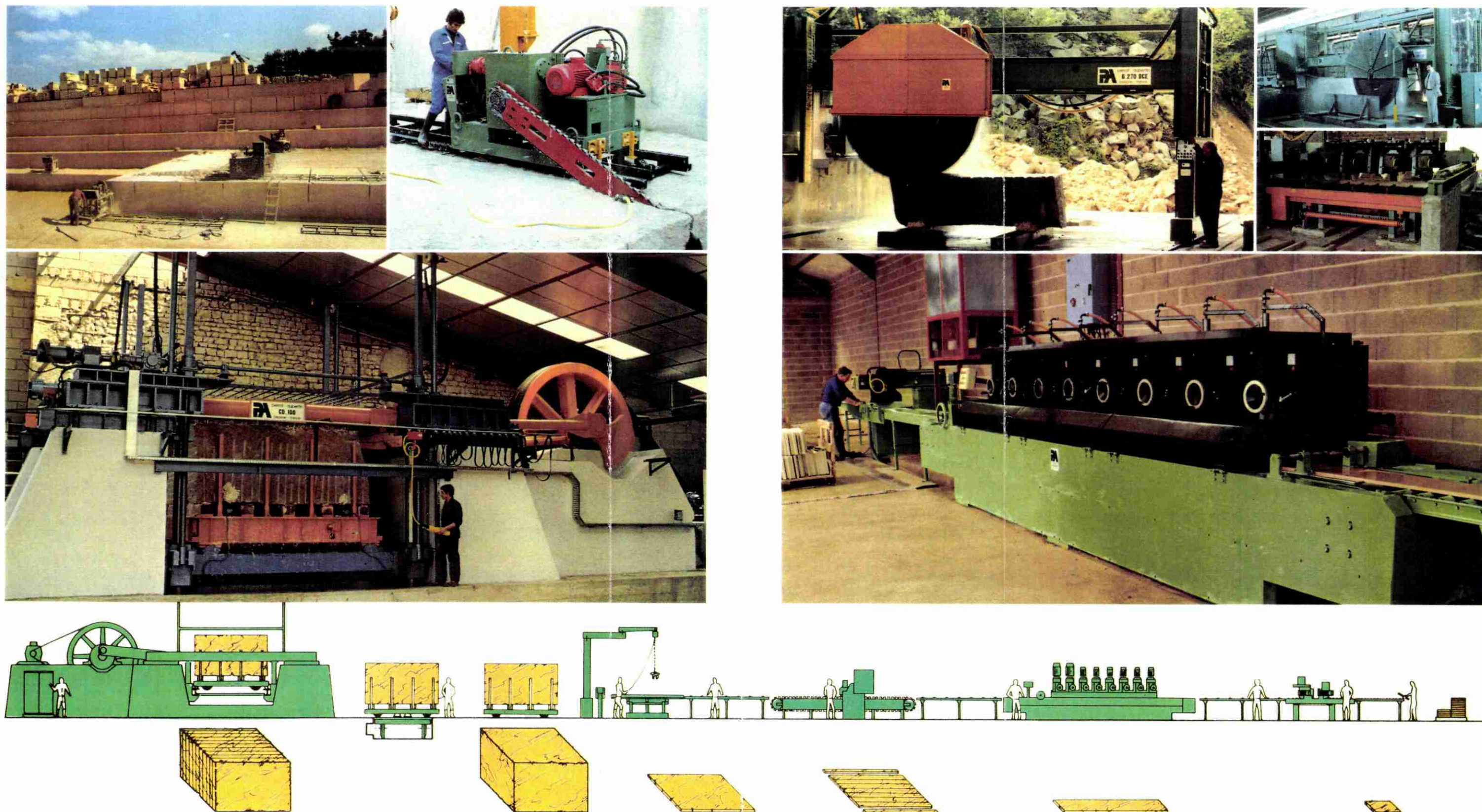


FIGURE 14

Chaîne de transformation des Pierres ornementales

1	2
3	
8	

- 1 - Carrières en cours d'exploitation
 2 - Haveuse pour l'extraction de pierres tendres et dures
 3 - Châssis pour la découpe du marbre, 100 lames diamantées

- 1 - Working quarries
 2 - Rock cutter for quarrying soft and hard stones
 3 - Gangsaw for marble, 100 diamond blades

4	5
	6
7	
8	

- 4 - 5 - Débiteur pour le granit, disque diamanté, Ø 2 500, 2 700 et 3 000 mm
 6 - Débiteurs en continu ou transversales
 7 - Polissoirs en continu et débiteur transversale
 8 - Unité de production de marbre, capacité 200 m²/jour de carrelage

- 4 - 5 - Sawing machine for granite, circular diamond saw Ø 2 500, 2 700 and 3 000 mm
 6 - Continuous or cross cutters
 7 - Continuous polishers and cross cutter
 8 - Production unit 200 SQM/day made of marble tiles

BIBLIOGRAPHIE

- 1 - ANNALES DES MINES - Janvier 1985 - Les activités liées à la Pierre.
- 2 - COUBES L., PRAX A. - Juin 1979 - Le marché français de la pierre ornementale et de construction (pierres dimensionnelles). Données statistiques et économiques - Période 1968-1978. Rapport BRGM 79 SGN 383 MTX.
- 3 - DURAND-CLAYE L., DEBRAY P. - Répertoire des carrières de pierres de taille exploitées en 1889.
- 4 - ESSAI DE NOMENCLATURE DES CARRIERES FRANCAISES DE ROCHES DE CONSTRUCTION ET DE DECORATION - Edition Le Mausolée, 26, rue du Moulin - 69700 - Givors.
- 5 - GUIDE TECHNIQUE POUR L'EMPLOI DE MARBRE - 1972 - Publié par l'Industrie Italienne du Marbre - Rizzoli Grafica - Milano.
- 6 - NOEL Pierre (1968) - Technologie de la Pierre de taille - Société de Diffusion des Techniques de Bâtiment et des Travaux publics, 9, rue La Pérouse - 75 - Paris (XVI).
- 7 - POWER Robert W. (1983) - Construction Materials - Dimension and cut stone - Industrial Minerals and Rocks - 5th Edition - Stanley J. Lefond, Editor.
- 8 - ROZES B. - Déc. 1980 - Analyse de la formation des coûts des matériaux de carrière - Industrie des Roches Ornementales - Rapport BRGM 80 SGN 893 MTX.
- 9 - SANCHOLLE B., HENRAUX (1928) - Marbres, Pierres, grès, granites de France - Essais de Nomenclature - Imprimerie Henry Mallez & Cie - Cambrai.
- 10 - TAYLOR Harold A., 1983 - Dimension stone - Minerals Yearbook.

ANNEXE 1

**Index alphabétique des carrières de Pierres ornementales et dimensionnelles
en France (d'après Le Mausolée, 1976)**

INDEX ALPHABÉTIQUE

par département et par matériau

Les carrières en exploitation sont en caractères maigres. Ex. : Comblanchien.
Les carrières fermées, abandonnées ou disparues, sont en caractères italiques. Ex. : Bibemus.

AIN

Pierres de construction et pierres marbrées

Drom
Grand-Corent
Hauteville-Lompnès
Rocheret
Romanèche
Villebois
Chatillon (Roche de)
Farges (Roche de)
Saint-Cyr
Montmerle
Saint-Martin-de-Bavel
Seyssel
Vesancy

AINSE

Pierres de construction et pierres marbrées

Belfont
Billy
Bonnewil
Colligis
Noyant
Saint-Pierre-Aigle
Vassens
Festieux (Pierre de)
Vierzy
Aizy
Crouy
Jouy
Pargny
Sermoise
Vendresse (Liais de)

ALLIER

Pierres de construction et pierres marbrées

Plaix (Pierre du)
Giannat

Granite

Droiturier
Mayet de Montagne
Ferrières

Divers

Gneiss de Saint-Sauvier
Grès de Montuicq
Grès de Bourbon
Grès de Messargues
Grès de Valtan

ALPES-DE-HAUTE-PROVENCE

Pierres de construction et pierres marbrées

Banon (Pierre de)
Clumanc
Mane (Roche de)
Mont Ventoux
Aiglun
Cnire (Pierre du)
Greoulx

Marbres

Vert de Serenne

HAUTES-ALPES

Pierres de construction et pierres marbrées

Roche-des-Arnauds (Pierre de la)
Veynes (Pierre de)
La Chapelue
Chorges

Marbres

Guillestre (Brèche de)
Vert Maurin
Nevache (Marbre de)
Saint-Crépin
Saint-Véran (Serpentine de)

Divers

Grès de la Bâtie-Neuve

ALPES-MARITIMES

Pierres de construction et pierres marbrées

La Turbie
Saint-André

Marbres

Saint-Vallier

Divers

Vert du Levant

ARDÈCHE

Pierres de construction et pierres marbrées

Chomérac
Labeaume
Saint-Paul-le-Jeune
Cruas
Crussol
Pouzin (Pierre du)
Vallon

Granite

Peaugres

Divers

Grès de Chambonas
Grès de Jaujac
Grès des Tauriers
Grès de La Bégude
Grès du Moulin à Vent
Grès des Secautaux
Grès d'Ucel

ARDENNES

Pierres de construction et pierres marbrées

Saint-Martin (Pierre de)
Bulson

Divers

Ardoise de Rimogne

ARIÈGE

Pierres de construction et pierres marbrées

Saint-Jean (Pierre de)

Marbres

Balacel
Escalettes
Grand Antique d'Aubert

Noir de Montegut
Rosé Vif des Pyrénées
Vert d'Estours

AUDE

Pierres de construction et pierres marbrées

Lègues (Pierre de)

Marbres

Brèche Nouvelle
Cap Romarin (Marbres du)
Incarnat du Languedoc
Saint-Jean-Fleuri

Divers

Grès d'Alet
Schiste des Martys
Grès de Laure

AVEYRON

Pierres de construction et pierres marbrées

Alayrac (Pierre d')
Brusque (Pierre de)
Mauriac (Pierre de)
Saulières

Divers

Schiste de Le Cayrol
Grès de Nauviale
Schiste de Pons
Grès de la Meulière
Grès de Puech-Bourillon
Basalte de Vives

BOUCHES-DU-RHÔNE

Pierres de construction et pierres marbrées

Barbentane (Pierre de)
Baux (Pierre des)
Cassis
Fontvieille
Rognes
Saint-Gabriel (Pierre de)
Salon / Saint-Chamas
Calissanne
Montpaon (Pierre du)
Bibemus
Couronne (Pierre de la)
La Gorgue
Meyrargues
Saint-Rémy

Marbres

Plaine Brunette (Brèche de la)
Rouge de Vitrolles
Tholonet (Brèche de)

CALVADOS

Pierres de construction et pierres marbrières

Caen (Pierre de)
Orival (Pierre d')
Quilly
Saint-Pierre-Canivet

CANTAL

Granits

Leucamp
Saint-Just

Divers

Lave de Bouzents
Trachyte de Menet
Trachyte de Molèdes
Trachyte de Monteil

CHARENTE

Pierres de construction et pierres marbrières

Nersac
Pombretton
Saint-Fraigne
Saint-Même
Sireuil
Vilhonneur
Angoulême (Pierre d')
Mouthiers
Tabarre (Pierre de chez)

CHARENTE-MARITIME

Pierres de construction et pierres marbrières

Courçon
Pons
Rocher (Pierre du)
Saint-Martin-de-Ré
Thenac
Douhet (Pierre du)
Dreux
Durandet (Pierre de chez)
Guilloteaux (Pierre des)
Jonzac
La Rochette (Pierre de)
Rocheffollet (Pierre de)
Saint-Germain
Saint-Savinien
Saint-Vaise

CHER

Pierres de construction et pierres marbrières

Saint-Florent
Saint-Georges-sur-la-Prée
Sancouins
La Celle-sur-Cher
Meillant (Pierre de)
Bourges (Pierre de)

CORRÈZE

Granits

Eyrein (Granit d')
Montagnac
Moustier
Perols
Mons (Granit du)

Divers

Ardoise de Brive
Gneiss d'Aubazine
Gneiss de Palazinges
Grès de Collonges
Grès de Lissac
Grès de Groschamp
Grès de Tudeils

CORSE

Marbres

Brando (Cipolin de)
Bevinco (Serpentine du)
Corte ou Restonica (Marbre de)
Olmetta (Marbre d')

Granits

Appietto
Truité d'Ajaccio
Algayola
Porto (Diorite de)
Rouge de Porto
Truité de Pianottoli

Divers

Ardoise de Bastia
Grès de Saint-Florent
Diorite orbiculaire de Sainte-Lucie
Vert d'Orezza
Vert Stella d'Ersa
Diorite de Levie

COTE-D'OR

Pierres de construction et pierres marbrières

Ampilly
Beaunotte
Beauval
Beauvillon Rubané
Chamesson demi-ferme
Chamesson Roche
Chassagne
Comblanchien
Corgoloin
Etrochey
Magny
Marsannay
Meursault

Montmoyen
Nuits-Saint-Georges
Pouillenay
Premeaux
Rochelimaert
Rocherons
Saint-Corneille
Val de Nod
Vauvois
Villars-Fontaine
Cerrilly
Val Suzon
Boquette (Pierre de la)
Brochon
Is-sur-Tille
Lacey
Lux (Pierre de)
Tarcot (Pierre de)

Granits

La Roche-en-Brénil
Rose de Torcy

COTES-DU-NORD

Granits

Bruavily
Ile-Grande
Languedias
Le Hinglé
Megrit
Plaintel
Plelauff
Rose de la Clarté
Saint-Samson
Traouieros
Tremargat
Guenezon
Lehon

Divers

Ardoise de Moulin Lande
Ardoise de Plevin
Quartzite de Pleherel
Schiste du Moulin de Bothoa
Schiste de Plouguel

CREUSE

Pierres de construction et pierres marbrières

Saint-Robert

Granits

Compeix (Granit du)
Crozan
La Forêt-du-Temple
Saint-Médard

Divers

Schiste du Moulin de Chanceaux

DORDOGNE

Pierres de construction et pierres marbrières

Buisson (Pierre du)
Chancelade
Combe-Capelle (Pierre de)
La Rochebeaucourt
Miremont
Rocheffollet
Saint-Cernin
Saint-Germain-des-Près
Sarlat
Lolme (Pierre de)
Thenon
Rabier (Pierre de)

Granits
Charelle (Granit de la)
Perigord (Granit du)

DOUBS

Pierres de construction et pierres marbrières
Chailluz (Pierre de)
Montlebon
Sancey
Grandfontaine
Lac (Pierre du)

DROME

Pierres de construction et pierres marbrières
Mont Ventoux
Puygiron
Taulignan
Grignan
Poët-Laval
Saint-Paul-Trois-Châteaux
Soyans
Beaume (Pierre de la)
Saillans

EURE

Pierres de construction et pierres marbrières
Vernon
Caumont
Goupillières

Divers
Grès de Broglie

EURE-ET-LOIR

Pierres de construction et pierres marbrières
Berchères
Prasville

FINISTÈRE

Granits
Brennilis (Bleu de)
Huelgoat
Kersanton
Laber (Granit de)
Locronan
Plogastel

Pont-Aven
Pluguffan
Tregunc
Tremeoc
Plouguin
Cleder
Plouescat

Divers
Schiste de Saint-Renan
Schiste de Sizun

GARD

Pierres de construction et pierres marbrières
Baruthel (Pierre de)
Baux (Pierre des)
Beaucaire
Brouzet
Castillon-du-Gard
Lens
Pompignan
Pondres
Roquemaillère
Tavel
Vers-Pont-du-Gard
Gallargues
Junas
Aigues-Vives
Barjac
Molières
Saint-Ambroix
Saint-Gervais
Tornac

HAUTE-GARONNE

Pierres de construction et pierres marbrières
Aurignac (Pierre d')
Montoutieu

Marbres
Saint-Beat

GERS

Pierres de construction et pierres marbrières
Homps (Pierre de)
Colombier (Pierre de)
Barcelone (Pierre de)
Castelnau

GIRONDE

Pierres de construction et pierres marbrières
Bourg
Carmaranc
Daignac
Frontenac
Saint-Vivien
Peyrelebad
Rouet (Pierre du)
Saint-Christophe-des-Bardes
Saint-Macaire

HÉRAULT

Pierres de construction et pierres marbrières
Beaulieu
Pignan
Saint-Geniès
Pouget
Boisseron
Loupian
Saint-Bauzille
Vautes (Pierre des)
Vendargues

Marbres
Fleur de Pêcher
Kuros
Noir de Faugères
Noir Saint-Laurent
Rouge Antique
Rouge Incarnat
Félines (Griotte de)

Divers
Grès de Bardejan
Lave d'Agde
Conglomérat de Saint-Adrien
Grès de Lodève
Grès de Villeneuve

ILLE-ET-VILAINE

Granits
Coglès
Lanhelin
Louvigné-du-Désert
Trans

Divers
Schiste de Saint-Just

INDRE

Pierres de construction et pierres marbrières
Ambrault
Breuil (Pierre du)
Bois-Clair (Pierre du)
Chasseneuil
Villentrois

Granits
Crevant

Divers
Amphibolite de Barnize

INDRE-ET-LOIRE

Pierres de construction et pierres marbrières
Tuffeau de Touraine
Clion (Pierre de)
Pernay
Villedieu (Craie de)

ISÈRE

Pierres de construction et pierres marbrières
Annoisin (Pierre d')
Montalieu
Porcieu
Rovon (Pierre de)
Sault-Brénaz
Trept (Choin de)
Villebois
Echaillon

Marbres
Valsenestre (Cipolin de)

Divers
Ardoise de Venosc

JURA

Pierres de construction et pierres marbrières
Crançot
Dole (Pierre de)
Gris du Jura
Loisia (Pierre de)
Revigny
Balanod
Champagnole
Cize
Damparis
Fort-du-Plasne
Grand-Plan (Pierre du)
Moirans
Plasne

Marbres
Molinges (Brocatelle de)
Sampan

LANDES

Pierres de construction et pierres marbrières
Saint-Martin-d'Ony (Pierre de)
Mont-de-Marsan
Saint-Martin-de-Segnaux

LOIR-ET-CHER

Pierres de construction et pierres marbrières
Pontijou
Tuffeau de Touraine
Clion (Pierre de)
Pontlevoy
Villedieu (Craie de)

Divers
Grès de la Grande Barre

LOIRE

Marbres
Champoly

Granits
Perigneux
Roisey
Pont-de-Lignon
Rennison
Saint-Cyr

Divers
Grès de Firminy
Grès du Mouillon

HAUTE-LOIRE

Granits
Lapte
Divers
Arkoae de Blavoz
Grès de Langeac
Phonolite du Pertuis
Brèche de Polignac
Trachyte de la Pradette
Phonolite de Saint-Hostien
Trachyte de Monac
Conglomérat de Saint-Roch

LOIRE-ATLANTIQUE

Granits
Lavau
Contrie (Granit de la)

Divers
Grès d'Avessac
Grès de Fercé
Schiste Ardoisier de Nozay

LOIRET

Pierres de construction et pierres marbrières
Coulmiers
Mantelot
Briare (Pierre de)
Fay (Pierre de)
La Chapelle (Pierre de)
Monthouy
Saint-Fiacre (Pierre de)

LOT

Pierres de construction et pierres marbrières
Carennac
Crayssac
Montcabrier
Saint-Michel
Theminettes
Gramat
Marmontac
Saint-Jean-Lespinasse
Tombeblau

Marbres
Vert Canrobert

Granits
Las Carbonnières

Divers
Grès de Bassignac

LOT-ET-GARONNE

Pierres de construction et pierres marbrières
Poudécap (Pierre de)
Vianne

LOZÈRE

Pierres de construction et pierres marbrières
Saint-Enimie

Granits
Grandrieu (Syénite de)
Ribennes
Saint-Alban
Arcomie (Granit d')
Estables

Divers
Grès des Balmelles

MAINE-ET-LOIRE

Pierres de construction et pierres marbrières
Tuffeau de Touraine
Rairies (Pierre des)

Granits
Becon
Saint-Macaire

Divers
Ardoise du Bassin d'Angers
Grès de Gennes

MANCHE

Pierres de construction et pierres marbrières
Montmartin
Valognes

Granits
Carolles
Fermanville
Saint-James
Vire
Iles Chausey

Divers
Gneiss de Tourlaville

MARNE

Pierres de construction et pierres marbrières
Courville
Comblizy
Fismes
Vandeuil

HAUTE-MARNE

Pierres de construction et pierres marbrières
Chevillon
Fontaine au Bassin (Pierre de la)
Grenant
Maladière (Pierre de la)
Arc (Pierre d')
Biesles
Brainville
Bugnières
Chalvraignes
Cohons

Lamothe
Leffonds (Pierre de)
Sombreuil

Divers

Grès de Prouvanchères

MAYENNE

Marbres

Bois-Jourdan
Rouge de Saint-Berthevin
Sainte-Anne-de-Louvernè
Jaune de Cossé
Malabry

Granits

Izé

MEURTHE-ET-MOSELLE

Pierres de construction et pierres marbrières

Balin (Pierre de)
Crépey
Gondreville
Manonville
Puvionelle (Pierre de)
Villers-lès-Nancy
Viterne

Divers

Grès de Brementil
Grès de Merviller
Grès de Pexonne

MEUSE

Pierres de construction et pierres marbrières

Brauvilliers
Euville
Lérouville
Maxey-sur-Vaise
Savonnières
Chaillon
Ambly
Bure
Chauvency
Combles
Dieue
Genicourt
Giurauval
Montmedy
Morley (Liais de)
Reffroy
Saint-Joire
Senonville

Tannois
Varunay
Villecloze

MORBIHAN

Granits

Kerdel
L'Hôpital Robin
Péaule
Pontivy
Saint-Aubin
Blavet (Granit du)
Ile-aux-Moines
Kerboulard
Locqueltas
Saint-Jean-la-Poterie
Talhouet

MOSELLE

Pierres de construction et pierres marbrières

Jaumont

NIÈVRE

Pierres de construction et pierres marbrières

Donzy
Garchy
Malvaux
Verger
Dornecy
Buley
Champlemy
Varennès

Granits

Fetigny

NORD

Pierres de construction et pierres marbrières

Avesnois (Calcaires de l')

Marbres

Noir Français

OISE

Pierres de construction et pierres marbrières

Bonneuil
Laigneville

La Bouloze
Saint-Leu
Saint-Maximin
Saint-Quentin
Saint-Waast

ORNE

Pierres de construction et pierres marbrières

Mariette (Pierre de la)

Granits

Alençon
Landisacq

Divers

Rhyolite de Rouperroux

PAS-DE-CALAIS

Pierres de construction et pierres marbrières

Hydrequent
Tournehem

Marbres

Boulonnais (Marbres du)

PUY-DE-DOME

Granits

Pierre Haute (Granit de)
Saint-Dier
Chantelauze
Fagot

Divers

Andésite de Fontfeyde
Trachyte de La Bourboule
Trachyte du Mont-Dore
Andésite de Volvic
Grès de Ravel
Lave de Pontgibaud
Trachyte de Besse

PYRÉNÉES-ATLANTIQUES

Pierres de construction et pierres marbrières

Bidache
Rebenacq
Harriguia (Pierre de)
Laas
Eysus
Lourie

Marbres

Noir de Cihigue
Paloma
Sainte-Anne-des-Pyrénées
Saint-Michel

Divers

Grès de la Rhune
Grès de Bouzom
Grès d'Arraduy

HAUTES-PYRÉNÉES

Pierres de construction et pierres marbrières

Montgaillard

Marbres

Campan
Medous (Brèche)
Montoussé
Noir Coquillé d'Izeste
Petit Antique
Sarrancolin
Lourdes (Lumachelle de)

Divers
Ardoise de Labassère
Ardoise de Segus-Lourdes

PYRÉNÉES-ORIENTALES
Las Fons
Maury
Saint-Antoine

Marbres
Brèche Orientale
Brèche Romaine
<i>Py (Marbre de)</i>
<i>Villefranche (Marbres de)</i>
<i>Fontrabieuse (Onyx de)</i>
<i>Mas Carol</i>
<i>Millefleurs</i>
<i>Montorgull (Onyx de)</i>
<i>Rosé de la Preste</i>
<i>Salses (Marbres de)</i>

Granits
Dorres
La Lagonne
Néfiach

Divers
Schiste de Montauriol

BAS-RHIN

Divers
Grès d'Alsace et des Vosges
Grès de Champenay
Microdiorite de Saint-Nabor

HAUT-RHIN

Pierres de construction et pierres marbrières
Durlinsdorf (Pierre de)
Divers
Grès de Winkel

RHONE

Pierres de construction et pierres marbrières
Jarvil
Monts-d'Or (Pierre des)
Lucenay

Granits
Chnssagny
<i>Vaagnerite</i>
<i>Oullins</i>

Divers
Porphyre de Cours

HAUTE-SAONE

Pierres de construction et pierres marbrières
Andelarrot (Pierre d')
<i>Raucourt</i>
<i>Auvet</i>
<i>Gy</i>
<i>Noroy-le-Bourg</i>
<i>Saint-Sulpice</i>

Granits
<i>Ternuay (Syénite de)</i>

Divers
Grès de Saint-Germain
Grès de Senargent

SAONE-ET-LOIRE

Pierres de construction et pierres marbrières
Buxy
Farges
Fontaines
Laives
La Salle
Le Puley
Nanton
Rains
Saint-Martin-Belleroche
Saint-Maurice-lès-Châteauneuf
<i>Curgy</i>
<i>Quintaine</i>
<i>Saint-Vincent</i>
<i>Tournus</i>

Granits
Saint-Maurice-lès-Châteauneuf
<i>Saint-Agnan</i>

Divers
<i>Grès des Crétaux</i>
<i>Grès de Cully</i>
<i>Grès de Saint Symphorien-des-Bois</i>

SARTHE

Pierres de construction et pierres marbrières
<i>Loué (Pierre de)</i>
<i>Villaines (Pierre de)</i>
<i>Bernay</i>
<i>Crannes</i>
<i>Mayet (Tuffeau du)</i>
<i>Morier (Tuffeau de)</i>
<i>Noyen</i>
<i>Parigné (Tuffeau de)</i>

Marbres
Noir de Sablé
<i>Asnières (Brèche d')</i>

Divers
<i>Grès de Bonnetable</i>
<i>Grès de Dollon</i>
<i>Grès de La Fontaine-Saint-Martin</i>

SAVOIE

Pierres de construction et pierres marbrières
Grésy-sur-Aix
<i>Curienne</i>
<i>Chatelard (Pierre du)</i>
<i>Yenne</i>

Marbres
Blanc Bleuté de Savoie
Mont-Cenis
<i>Bleu de Savoie</i>
<i>Bessans (Serpentine de)</i>
<i>Termignon (Serpentine de)</i>

Granits
Combloux

Divers
Ardoise de Morzine
Ardoise de Saint-Colomban
Lauze du Chatel

HAUTE-SAVOIE

Pierres de construction et pierres marbrières
<i>Monnetier</i>
<i>Cluses</i>
<i>Magland</i>

<i>Saint-Jeoire (Tuf de)</i>
<i>Talloires</i>

Marbres
Bleu-Noir des Alpes

Granits
<i>Granit des Alpes</i>

Divers
<i>Grès d'Ayse</i>

SEINE

Pierres de construction et pierres marbrières
Clamart
<i>Bagneux</i>

SEINE-ET-MARNE

Pierres de construction et pierres marbrières
Château-Landon
Souppes

DEUX-SÈVRES

Pierres de construction et pierres marbrières
<i>Chavagné</i>
<i>Menée (Pierre de)</i>
<i>Niort</i>
<i>Tourtenay (Tuffeau de)</i>

Granits
Bleu Nacré d'Anjou
Bleu de Sèvres
<i>Putigny</i>

Divers
<i>Porphyre des Brissonnières</i>

SOMME

Pierres de construction et pierres marbrières
<i>Passillon (Pierre de)</i>

TARN

Marbres

Dourgne (*Cypolite de*)
Rosé d'Hautamboul

Granits

Sidobre (Granit du)

Divers

Ardoise de Lacauze

TARN-ET-GARONNE

Pierres de construction et pierres marbrières

Bruniquel (Pierre de)
Lexos (Pierre de)
Saint-Antonin
Gasques
Septfonds

VAR

Pierres de construction et pierres marbrières

Tourris
Montdardier

Marbres

Brignoles
Sainte-Anne-d'Ennos
Cavalaire (*Serpentine de*)
Comps (*Brèche de*)
Pourcieux (*Brèche de*)
Saint-Maximin (*Brèche de*)
Salernes (*Brèche de*)

Divers

Porphyre de l'Estérel

VAUCLUSE

Pierres de construction et pierres marbrières

Beaumont-du-Ventoux
Crillon
Espeil (Roche d')
Estailades
Lacoste
Ménerbes
Saignon

Saint-Pantaléon
Serignan
Veison
Saint-Symphorien
Vénasque

VENDEE

Pierres de construction et pierres marbrières

Mérité
Gajonnère (*Pierre de la*)
Sallertaine
Tête Noire (*Pierre de la*)

Granits

Chavagnes
Aurillé

Divers

Schiste du Fenouiller
Schiste de Talmont
Porphyre des Lombardières

VIENNE

Pierres de construction et pierres marbrières

Chauvigny (Bassin de)
Lavoux
Migné
Tercé
Tervoux
Antoigné (*Tuffeau d'*)
Lussac
Roussillon
Antigny
Goux
Valleyrault
Vouillé

Granits

Fanay (Pierre de)

HAUTE-VIENNE

Pierres de construction et pierres marbrières

Loudun (*Tuffeau de*)

Marbres

Vayres (Dunite de)

Granite

Places (Granit des)
Saint-Cyr
Saint-Yrieix
Oradour (*Pierre d'*)

Divers

Gneiss de Saint-Yrieix

VOSGES

Granits

Gris Noir et Gris Clair des Vosges
Rouge Cornil des Vosges
Rosé de Sémonot
Syénite Noire mouchetée d'Alsace

YONNE

Pierres de construction et pierres marbrières

Abrols
Ancy-le-Franc
Anatruide
Charentenay
Chassignelles
Coursah
Coutarnoux
Larrys
Lezinnes
Massangis
Mereuil
Ravières
Taingy
Tanlay
Aurigny
Fourneaux (*Pierre des*)
Fourannes
Molesmes
Perrière (*Pierre de la*)
Thury
Annoux
Gigny
Tarcy
Tonnerre
Yrouerre

Divers

Grès de Treigny

TERRITOIRE DE BELFORT

Pierres de construction et pierres marbrières

Dorans (Pierre de)

Divers

Grès de Saint-Germain

HAUTS-DE-SEINE

Pierres de construction et pierres marbrières

Châtillon-sous-Bagneux
Nanterre

VAL-D'OISE

Pierres de construction et pierres marbrières

Mery
Villiers-Adam
Chaussy
Cherence

Marly
Meriel
Parnain (*Pierre de*)
Saillancourt

YVELINES

Pierres de construction et pierres marbrières

Carrières-sous-Bois
Conflans
Damply
Houilles
Poissy
Saint-Nom (*Pierre de*)
Tessancourt

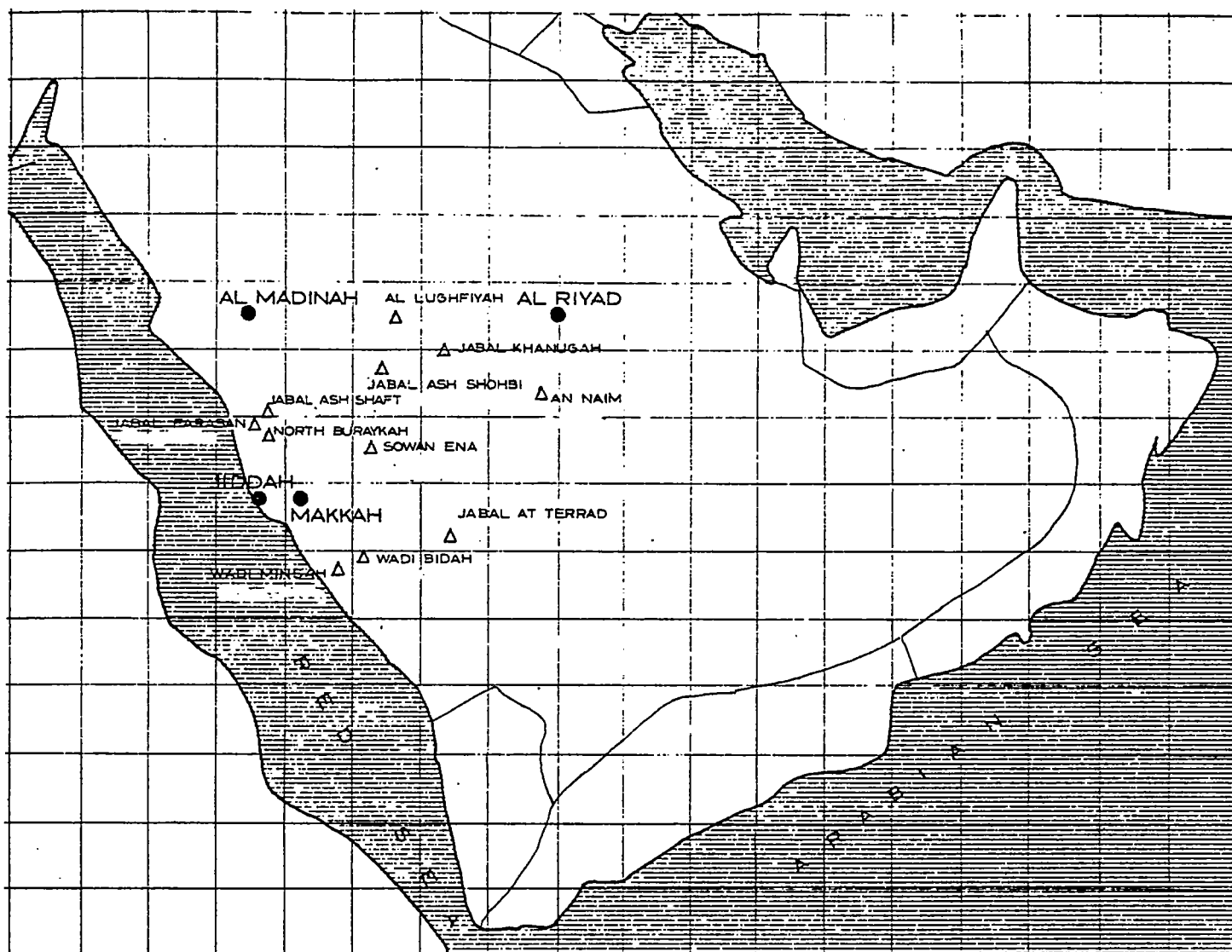
VAL-DE-MARNE

Pierres de construction et pierres marbrières

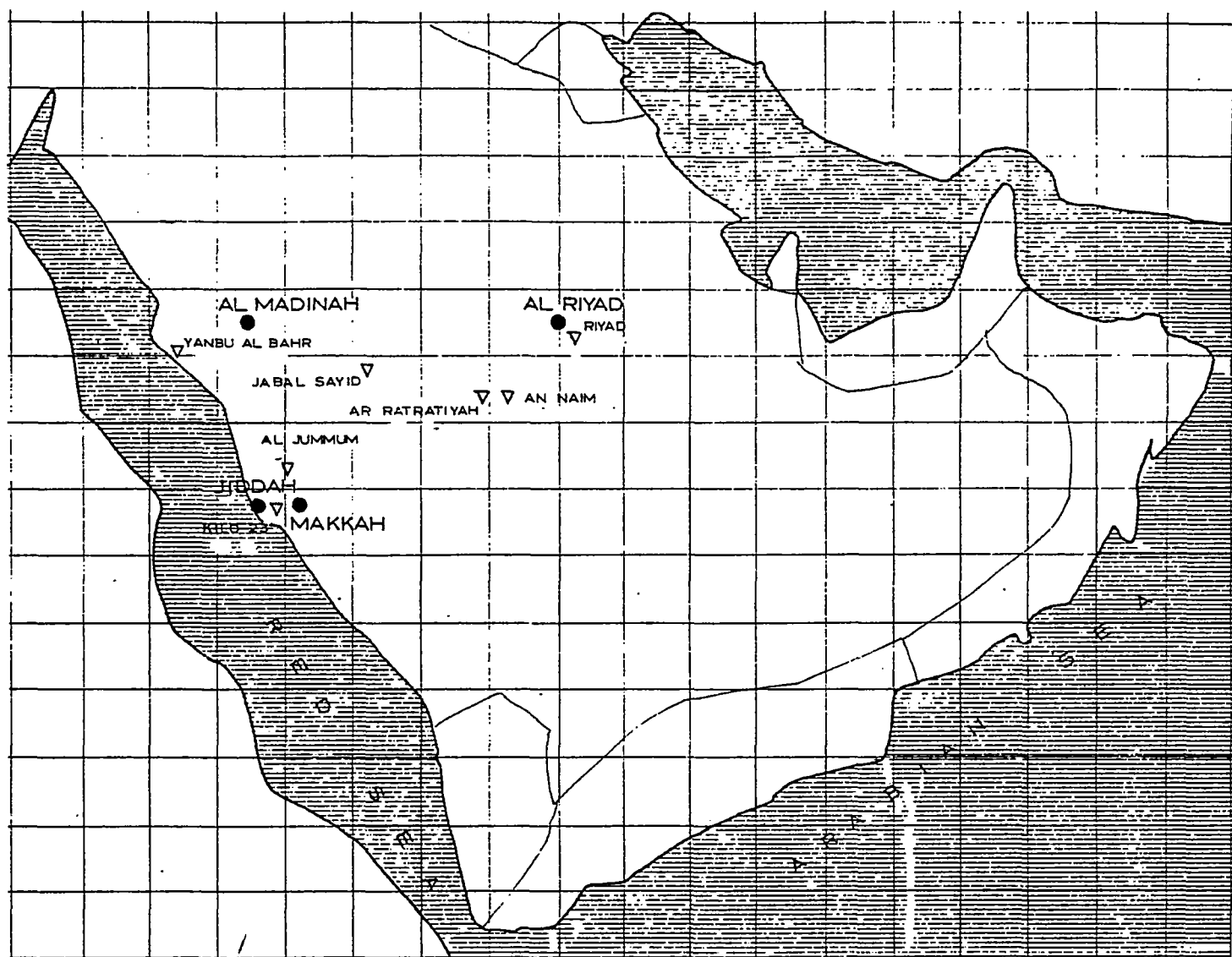
Ivry
Moulin (*Pierre de*)
Vitry

ANNEXE 2

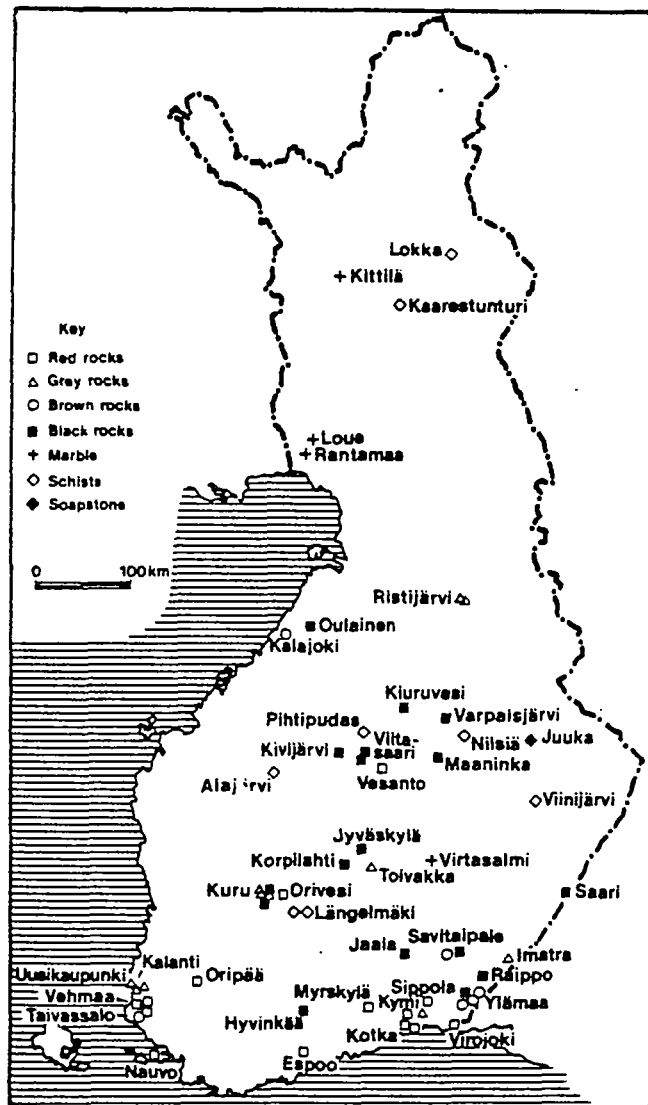
Cartes de localisation des gisements mondiaux de Pierres Ornementales



Arabie Séoudite : Carte des gisements de marbre.



Arabie Séoudite : Carte des gisements de granite et de calcaire.



Finlande : Carrières de pierres dimensionnelles.

Main marble areas of Greece

The map shows the outline of Greece and its islands. Letters are placed in specific regions to indicate the primary marble type found there. For example, 'A' (White marbles) is found in the northern part of the mainland and several islands. 'B' (Whitish to grey marbles) is found in the central and southern mainland and some islands. 'C' (Grey to black marbles) is found in the northern and central mainland. 'D' (Pink to red marbles) is found in the central mainland and some islands. 'E' (Green marbles) is found in the southern mainland and some islands. 'F' (Multicoloured marbles) is found in the southern mainland. 'G' (Travertine) is found in the southern mainland. 'H' (Onyx and alabaster) is found in the southern mainland. 'J' (Beige brown to brown marbles) is found in the northern and central mainland.

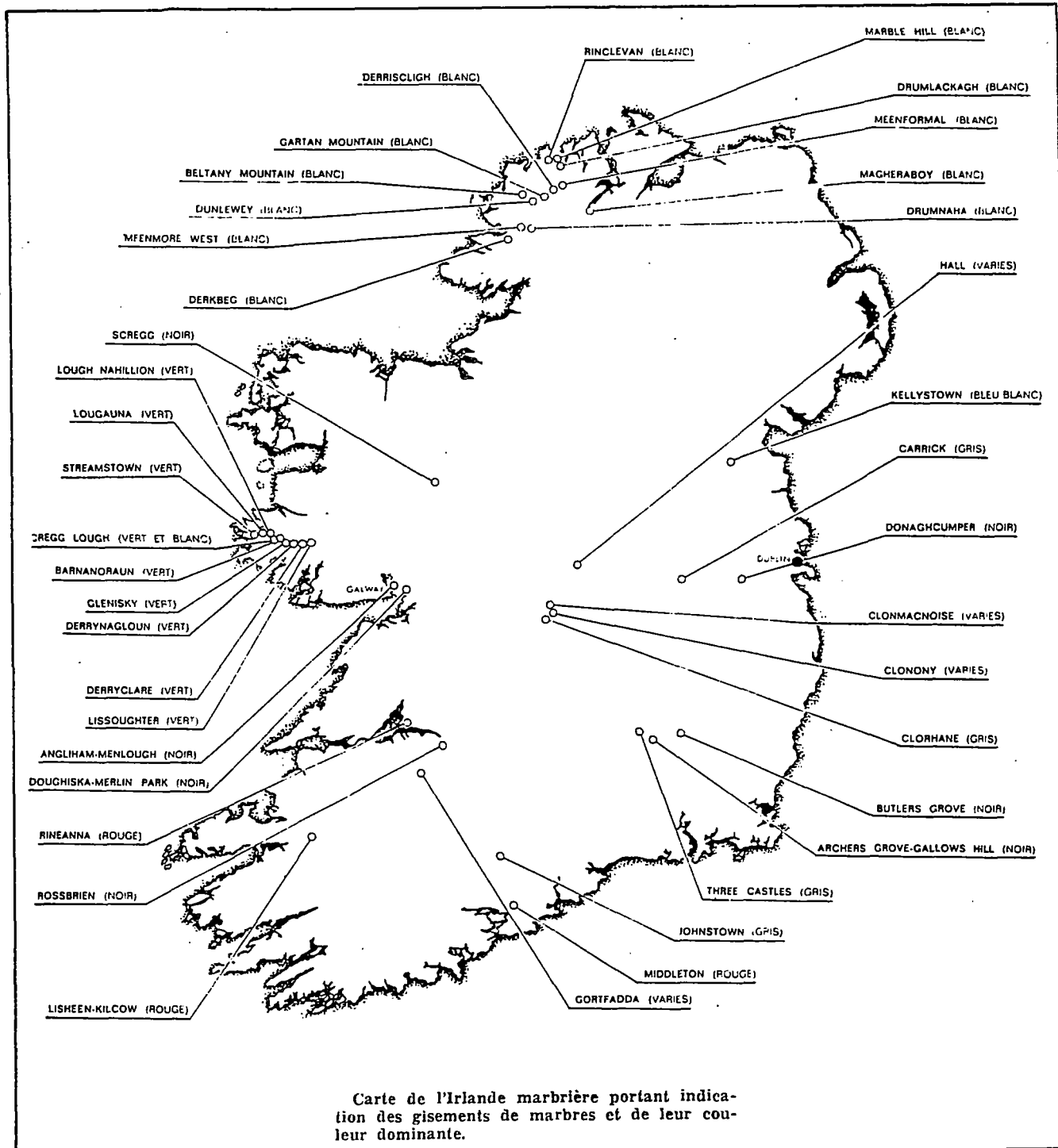
KEY

- A White marbles
- B Whitish to grey marbles
- C Grey to black marbles
- D Pink to red marbles
- E Green marbles
- F Multicoloured marbles
- G Travertine
- H Onyx and alabaster
- J Beige brown to brown marbles

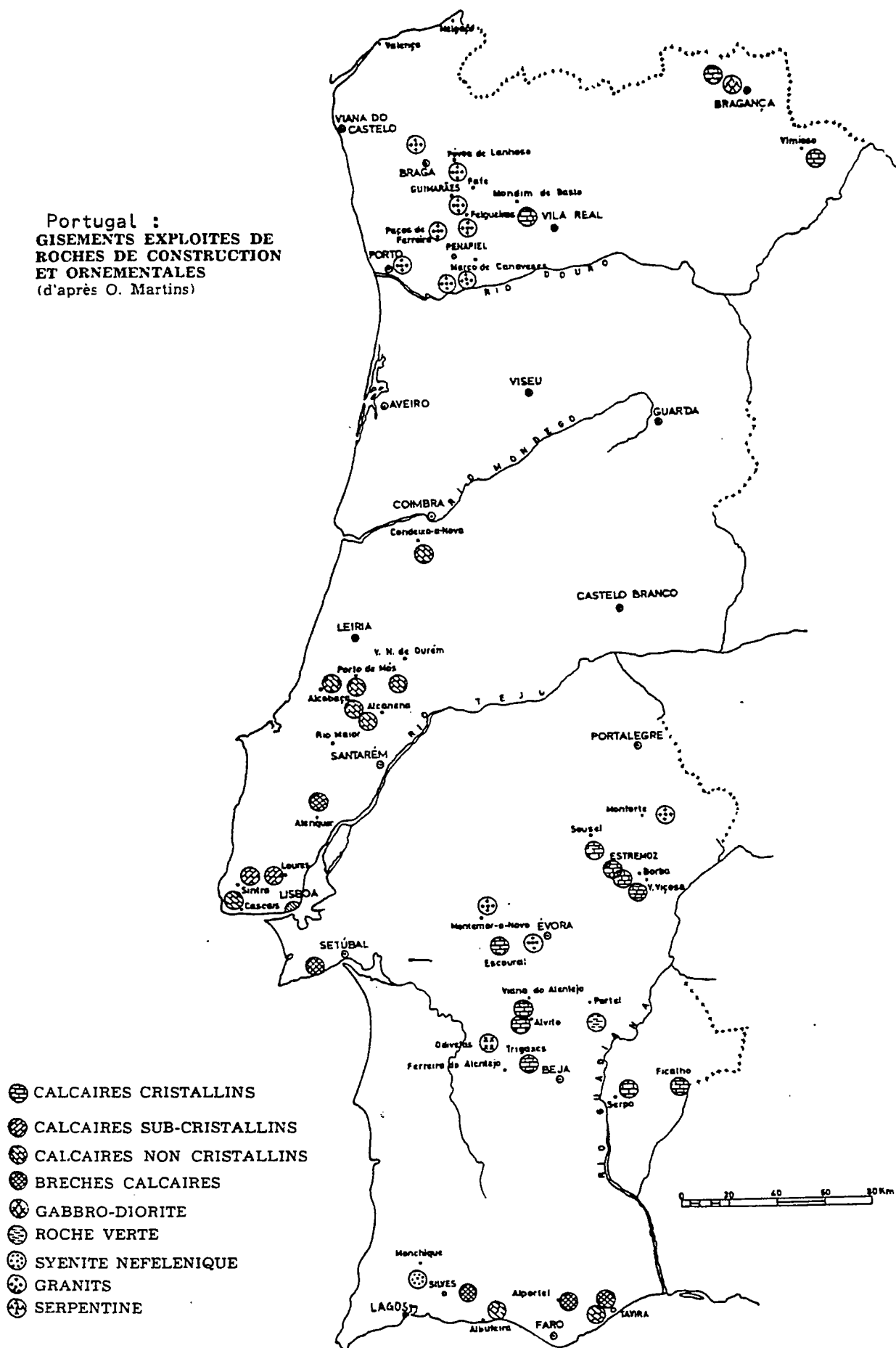
Source: Adapted from IGME map

Source: Adapted from IGME map

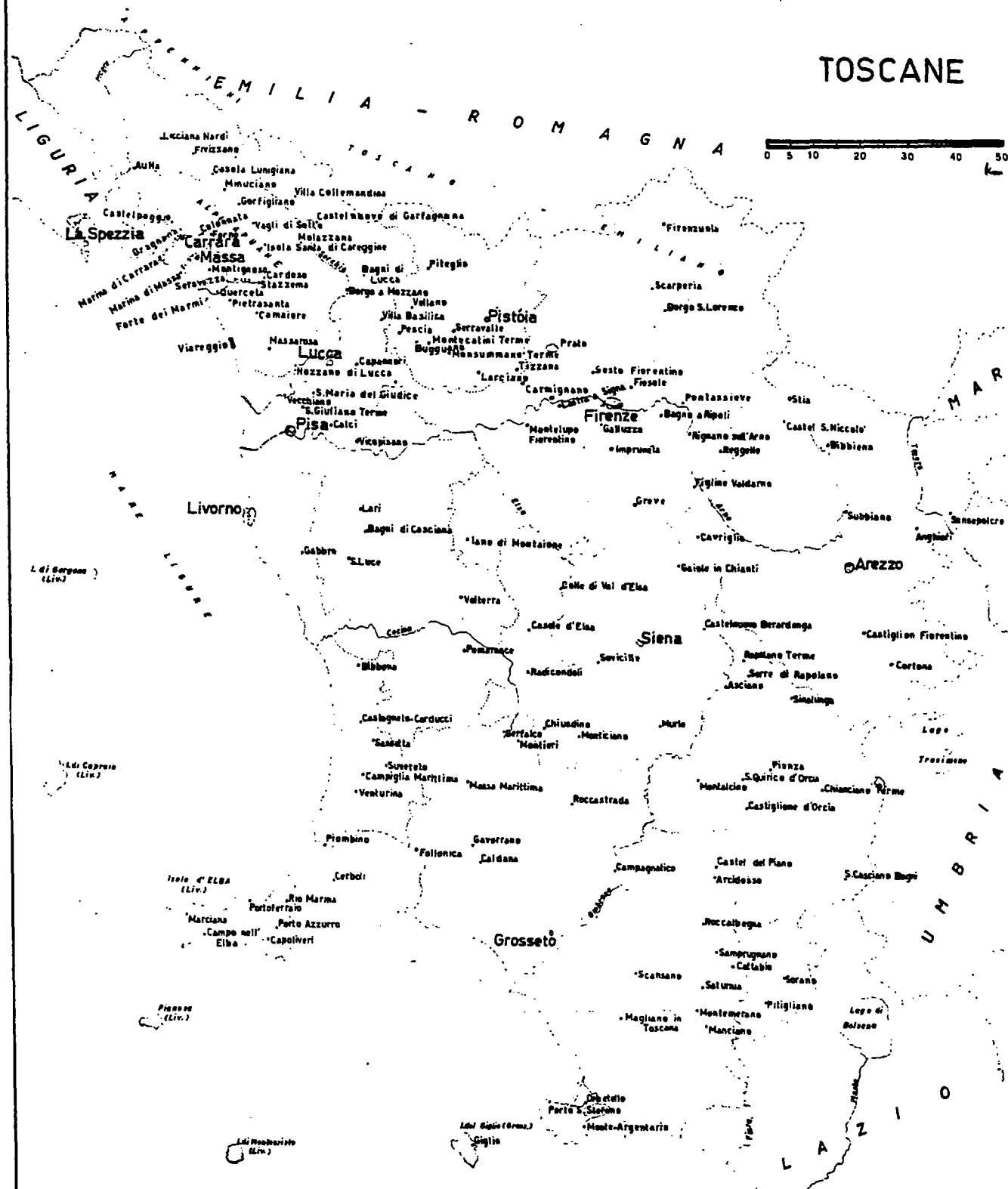
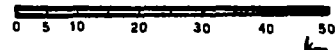
Principaux gisements de marbre en Grèce.



Portugal :
GISEMENTS EXPLOITES DE
ROCHES DE CONSTRUCTION
ET ORNEMENTALES
(d'après O. Martins)



TOSCANE



Les diverses Provinces Toscane
avec certaines localités ou lieux-dits ; princi-
palement ceux où se trouvent des exploitations
ou des usines de marbres, de pierre ou de
granits.

