

N° d'ordre : 210

50376  
1970  
H9.2

50376  
1970  
49  
2

# THÈSE

présentée à la Faculté des Sciences de Lille  
pour obtenir le grade de  
DOCTEUR ES SCIENCES NATURELLES

par

Pierre DEBRABANT

---

## Typologie géochimique des calcaires Application à l'étude de l'origine des calcaires métamorphiques des Massifs hercyniens français

ANNEXE

*Soutenue publiquement le 30 Avril 1970 devant la Commission d'Examen*

---

JURY



Messieurs les Professeurs :

Gérard WATERLOT, *Président.*

Antoine BONTE

Jean-Pierre BEAUFILS

Jacques GROLIER, *Rapporteur.*

Maurice ROQUES, *Invité.*

} *Examineurs.*

Volume II

LES METHODES ET LES DONNEES DE L'OBSERVATION ET DE  
L'ANALYSE

	pages
GENERALITES	1
LES PRELEVEMENTS :	2
SITUATION GEOGRAPHIQUE ET GEOLOGIQUE DES ECHANTILLONNAGES TABLEAU I	3
CLASSIFICATION STRATIGRAPHIQUE DES ECHANTILLONS	13
CLASSIFICATION DES ECHANTILLONS PAR FACIES	16
PETROLOGIE DESCRIPTIVE	20
- 02, VISEEN DE BELGIQUE, CALCAIRE DE SAMSON	"
- 04, CALCAIRE "PISOLITIQUE" DE MONTAINVILLE (Seine-et-Oise)	"
- 07, CALCAIRE DE BEAUCE (Seine-et-Oise)	21
- 09, OXFORDIEN MOYEN DE MORTAGNE (Orne)	"
- 10, "CIPOLIN DE SAUVETERRE" (Vendée)	22
- 11, LUTETIEN SUPERIEUR DE VIGNY (Seine-et-Oise)	23
- 12, PALEOCENE DE L'ANTICLINAL DE PLAGNE (Haute-Garonne)	"
- 16, LUTETIEN INFERIEUR DE ST-GOBAIN (Aisne)	24
- 17, COUVINIEN DE LA REGION DE GIVET (Ardennes)	"
- 18, RECIF FRASNIEN DE LA REGION DE GIVET (Ardennes)	25
- 19, ARGOVO-RAURACIEN DE LA REGION DES PETITES-ARMOISES (Meuse)	26
- 20, BARREMIEN D'ORGON (Bouches-du-Rhône)	27
- 21, GIVETIEN SUPERIEUR DE COUVIN-BELGIQUE	"
- 22, FRASNIEN INFERIEUR DE LA REGION DE GIVET (Ardennes)	28
- 23, TOURNAISIEN SUPERIEUR DE SOIGNIES-BELGIQUE	"
- 24, BATHONIEN DE RANVILLE (Calvados)	29
- 25, BAJOCIEN DE LA REGION DE POUILLY-EN-AUXOIS (Côte-d'Or)	"
- 26, BAJOCIEN DE LA REGION DE MAY-SUR-ORNE (Calvados)	30
- 27, ARGOVIEN DE LA REGION DE COMMERCY (Meuse)	"
- 28, VISEEN DU BOULONNAIS (Pas-de-Calais)	31
- 29, GOTHLANDIEN DE LA MONTAGNE NOIRE (Hérault)	32
- 30, "TUFFEAU DE TOURAINE" (Cher)	"
- 31, TOURNAISIEN SUPERIEUR DE DINANT-BELGIQUE	"
- 32, FRASNIEN DE LA REGION DE TRELON (Nord)	33
- 33, VISEEN DE LA REGION D'AVESNES (Nord)	"
- 34, FRASNIEN DU BORD N DU SYNCLINAL DE DINANT-BELGIQUE	34

- 36, MUSCHELKALK SUPERIEUR DE LA REGION DE GERBEVILLER (Meurthe-et-Moselle)	34
- 38, KIMMERIDGIEN DU BOULONNAIS (Pas-de-Calais)	"
- 39, LUTETIEN DE LA REGION DE CREIL (Oise)	35
- 40, GIVETIEN DE L'AVESNOIS (Nord)	"
- 41, "TOURTIA" CENOMANIEN DU BOULONNAIS (Pas-de-Calais)	"
- 42, CENOMANIEN DU BOULONNAIS (Pas-de-Calais)	36
- 43, "CRAIE BLANCHE SENONIENNE" (Nord et Pas-de-Calais)	"
- 45, GIVETIEN SUPERIEUR DU BORD S DU SYNCLINAL DE DINANT-BELGIQUE	37
- 46, VISEEN DU BOULONNAIS (Pas-de-Calais)	"
- 47, CALCAIRES MICRITIQUES DU JURA (Doubs)	38
- 48, TITHONIQUE DE LA REGION DE CHAMBERY (Savoie)	"
- 49, FRASNIEN MOYEN DE LA REGION DE NAMUR-BELGIQUE	"
- 50, VISEEN DES REGIONS DE DINANT ET DE BASECLES-BELGIQUE	39
- 52, "VIRGULIEN" DE LA REGION DE BELLEY (Ain)	"
- 53, LUTETIEN SUPERIEUR D'AGEL (Hérault)	40
- 54, "CALCAIRES CONCRETIONNES DE LA LIMAGNE" (Pas-de-Calais)	41
- 55, "CALCAIRE DE ST-OUEN" (Oise)	"
- 58, SEQUANIEN DU BOULONNAIS (Pas-de-Calais)	42
- 59, OLIGOCENE DE CHAPTUZAT (Pas-de-Calais)	43
- 60, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE ST-LEON (Allier)	44
- 61, CALCAIRE DE CORPS-NUDS ET DE ST-THURIAL (Ille-et-Vilaine)	"
- 64, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE SUSSAC (Haute-Vienne)	45
- 66, "CIPOLIN DE FEYRALBE" (Cantal)	46
- 67, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE SAVENNES (Corrèze)	47
- 68, "CIPOLINS DE LA SIOULE" (Allier)	50
- 69, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE LA REGION DE TOURNON (Ardèche)	55
- 70, ARGOVIEN RECIFAL DE LA REGION DE SOMBACOUR (Doubs)	"
- 71, BARREMIEN DU LAC DE ST-POINT (Doubs)	56
- 72, FRASNIEN DE DIOU-GILLY (Allier)	"
- 74, BAJOCIEN INFERIEUR DE LA REGION D'ORNANS (Doubs)	"
- 75, VALANGINIEN DU LAC DE ST-POINT (Doubs)	57
- 76, STAMPIEN SUPERIEUR DU BASSIN D'EBREUIL (Puy-de-Dôme)	"
- 77, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE LA REGION D'AIGURANDE (Creuse)	"
- 81, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE "CAPO TINDARI" SICILE	59
- 82, CALCAIRE METAMORPHIQUE DU LAGO DE LA ESCARPINOSA-ESPAGNE	"
- 83, CALCAIRE METAMORPHIQUE DU NOIRCEUX (Bas-Rhin)	60
- 84, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE ST-PHILIPPE (Haut-Rhin)	62

	pages
- 85, CALCAIRE METAMORPHIQUE DU RAUENTHAL (Haut-Rhin)	63
- 86, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE LA LIEPVRETTE (Haut-Rhin)	64
- 87, CALCAIRE METAMORPHIQUE DU CHIPPAL (Meurthe-et-Moselle)	65
- 88, DOLOMIE DE MANDRAY (Meurthe-et-Moselle)	66
- 89, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE BAN-DE-LAVELINE (Meurthe-et-Moselle)	"
- 90, DOLOMIE DE WISEMBACH (Meurthe-et-Moselle)	67
- 91, GIVETIEN DE L'AVESNOIS (Nord)	68
- 92, FRASNIEN DE L'AVESNOIS (Nord)	"
- 93, CALCARENITE DE LA REGION DE LARDOISIERE (Allier)	69
- 94, CALCAIRE METAMORPHIQUE DE LA REGION DE FERRIERES (Allier)	70
- 95, BATHONIEN MOYEN DU BOULONNAIS (Pas-de-Calais)	"
- 96, ARGOVIEN RECIFAL DU BOULONNAIS (Pas-de-Calais)	72
- 97, VISEEN DE L'AVESNOIS (Nord)	"
- 98, CORNEENNE CALCOMAGNESIENNE DU DAUPHANT (Puy-de-Dôme)	73
- 99, GEORGIEN SUPERIEUR DE LA MONTAGNE NOIRE (Hérault)	74
 ANALYSES	 75
A. PREPARATION DES ECHANTILLONS	"
I. PRECAUTIONS PRISES DANS LA PREPARATION DES ECHANTILLONS A ANALYSER	"
1) Sur le terrain	"
a) Dans les roches sédimentaires carbonatées	76
b) Dans les calcaires métamorphiques	77
2) Au laboratoire	"
B. ANALYSES PROPREMENT DITES	78
I. ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES	79
T A B L E A U II (Analyses chimiques globales)	80
II. ANALYSES SPECTROCHIMIQUES	107
1) Méthodes	"
2) Eléments analysés	108
3) Raies utilisées	110
4) Limites de confiance	"
5) Concentrations limites en éléments-traces	114
T A B L E A U III (Analyses spectrochimiques)	115
C. LES MOYENS STATISTIQUES	134
I. CORRELATIONS TOTALES	"
1) Corrélations	135
2) Distributions	136

	pages
II. CORRELATIONS PARTIELLES	138
III. CORRELATIONS MULTIPLES	140
IV. CONTROLE DE L'IDENTITE STATISTIQUE DE DEUX POPULATIONS	141
 TABLES PETROLOGIQUES DES CALCAIRES ET PRINCIPALES PROPRIETES GEOCHIMIQUES DES ELEMENTS ETUDIES	143
T A B L E A U IV : Principales propriétés géochimiques des éléments étudiés.	"
T A B L E A U V : Teneurs en éléments en traces dans les calcaires étudiés par différents auteurs.	148
T A B L E A U VI : Comparaison des compositions chimiques moyennes dans les différents faciès des sédiments calcaires.	149
T A B L E A U VII : Ordre de dispersion des éléments "majeurs-mineurs" dans les sédiments calcaires.	152
T A B L E A U VIII: Ordre de dispersion des éléments traces dans les sédiments calcaires.	153
T A B L E A U IX : Rapports caractéristiques entre les éléments dans les sédiments calcaires.	154
T A B L E A U X : Les corrélations dans les sédiments calcaires.	155
T A B L E A U XI : Distribution des éléments-traces entre les phases carbonatées et silicatées des sédiments calcaires.	162
T A B L E A U XII : Tendence des distributions des traces dans les sédiments calcaires.	163
T A B L E A U XIII: Fréquence d'intervention des "majeurs-mineurs" dans la covariance géochimique au sein des différents faciès sédimentaires calcaires.	164
 LISTE DES FIGURES DANS LE TEXTE	165
 BIBLIOGRAPHIE	167
 PLANCHES	175

## GENERALITES

---

Afin de clarifier l'exposé des résultats de l'étude des propriétés géochimiques des roches carbonatées, échantillonnées dans le cadre de ce travail, on a groupé dans cette annexe toutes les données rassemblées par l'observation et l'analyse et schématisé sous forme de tableaux certaines propriétés dégagées de l'étude des roches sédimentaires. On pourra donc y trouver tout ce qui concerne :

- la localisation exacte des gisements échantillonnés;
- la pétrographie;
- les données numériques de l'analyse chimique globale;
- la spectrographie d'émission et les données spectrochimiques;
- les méthodes statistiques utilisées;
- une compilation des constantes géochimiques relatives aux éléments étudiés.

560 échantillons font l'objet de cette étude systématique. 540 ont subi l'ensemble de toutes les analyses et ont permis l'utilisation statistique des données numériques de 500 d'entre eux. Les prélèvements non analysés concernent généralement des roches métamorphiques encaissant des cipolins et dont il n'était utile de connaître que la concentration de certains éléments ou la composition minéralogique. Tous ces prélèvements ont été récoltés dans 80 gisements ou groupes de gisements. Cependant, la moyenne de 7 échantillons par gisement qui apparaît, compte tenu des deux chiffres précédents, ne donne qu'une idée très approximative de leur répartition. Dans un souci de rentabilité, le nombre d'échantillons a été limité au minimum représentatif de chaque gisement. Ce nombre varie en fonction de l'étendue de l'affleurement, de son homogénéité et bien entendu des problèmes présentés dans le cadre de la roche intéressée. Il est apparu suffisant de fixer ce minimum à 5, ce qui permettait dans le cas de roches homogènes un échantillonnage en "étoile" (fig. 41), dont il suffisait de modifier les dimensions en fonction de l'étendue du gisement prospecté pour conserver une cohérence suffisante dans la dispersion des concentrations moyennes en éléments.

Nombreux furent toutefois les affleurements qui du fait de leur hétérogénéité, nécessitèrent plus de 5 prélèvements. Ainsi, les gisements de calcaires métamorphiques ont fait généralement l'objet d'une étude banc à banc.

Quelques échantillons isolés, recueillis à l'occasion d'excursions géologiques diverses trouvent leur place dans l'ensemble en raison de certai-

nes caractéristiques de leurs faciès. Récoltés dans des conditions particulières, ces individus font rarement l'objet d'un long développement quant à leur gisement c'est surtout au niveau de l'étude d'un même ensemble pétrologique (calcaires récifaux par exemple), qu'il en est tenu compte.

#### LES PRELEVEMENTS

=====

Pour faciliter le stockage mécanographique des données numériques relatives aux échantillons, chacun d'eux est affecté d'un nombre à quatre chiffres. Les deux chiffres de droite repèrent le gisement, ceux de gauche, l'ordre de prélèvement dans le gisement considéré. Ainsi par exemple, 0516, indique qu'il s'agit du cinquième prélèvement du seizième gisement.

Une certaine dispersion de la numérotation s'observe dans des groupes de prélèvements appartenant au même type de roche. Elle est due au fait que la collecte systématique des échantillons a été organisée en missions successives vers des régions circonscrites, souvent concernées par plusieurs faciès.

On trouvera dans le tableau I les renseignements nécessaires au repérage des prélèvements. Dans la mesure du possible les coordonnées, qui correspondent au centre de chaque échantillonnage, sont mesurées à partir du carroyage Lambert, tel que l'indiquent les cartes topographiques de la France.

---

T A B L E A U I

---

Situation géographique et géologique des échantillonnages

Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude Coordonnées X	Latitude ou Lambert Y
	Andenne-Couthouin 145 (1893) 1/40 000	Vd		01-05	0 g 76'	56g 11'
02	Hastière-Lavaux-Dinant 175 (1919) 1/40 000	V <sub>2</sub> a		06	0 g 60'	55g 85'
04	Versailles XXII-14 (1967) 1/50 000	la e	Versailles XXII-14 1/50 000		565,500	131,100
07	Fontainebleau 80 (1963) 1/50 000	m "a	Malesherbes 3 - 4 1/25 000		607,000	77,350
09	Mortagne 63 (1967) 1/80 000	j <sup>3b</sup>	Mortagne XVIII-16 1/50 000		464,000	95,000
10	Les Sables d'Olonne 1/80 000 (1965)	Ci2 Ci1	Les Sables d'Olonne XII-27 1/50 000	05-14 15	280,600 283,900	179,300 177,000
11	Pontoise XXII-13 (1967) 1/50 000	e <sup>5d</sup>	Pontoise XXII-13 1/50 000		570,850	153,100
12	St Gaudens 241 (1961) 1/80 000	e <sup>v</sup>	St Gaudens XIX-46 1/50 000		493,000	94,400
16	Laon 22 (1964) 1/80 000	e <sup>11</sup>	La Fère 7-8 1/25 000		652,625	208,055



T A B L E A U I (suite)

Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude Coordonnées X	Latitude ou Lambert Y
17	Givet 15 (1879) 1/80 000	d <sup>3</sup>	Givet XXX-7 1/50 000	01 02 03	774,950 775,150 775,350	271,600 271,650 271,800
18	Givet 15 (1879) 1/80 000	d <sup>5a</sup>	Givet XXX-7 1/50 000		776,650	274,000
19	Mézières 24 (1964) 1/80 000	j <sup>3a</sup>	Raucourt et Flaba n° 5-6, 1/25 000		780,000	204,100
20	Les Alpilles (1960) 1/50 000	n <sup>4b</sup>	Châteaurenard XXX-42 1/50 000		817,000	168,600
21	Chimay-Couvin 191 1/40 000 (Belgique) (1900)	G <sup>Va</sup>	Mariembourg XXXX-7 1/50 000		754,300	264,550
22	Givet 15 (1879) 1/80 000	d <sup>4</sup>	Givet XXX-7 1/50 000	01-03 04 05	776,400 778,050 776,500	273,300 273,400 273,200
23	Lens 127 (1902) 1/40 000 (Belgique)	T <sup>2b</sup>	Carrière Gauthier à Soignies		0 g 54'	56g 18'
24	Caen 29 (1938) 1/80 000	j <sup>1b</sup>	Caen XVI-12 1/50 000		411,500	175,000
25	Beaune 125 (1942) 1/80 000	j <sup>IV</sup>	Pouilly-en-auxois 1/25 000		769,100	253,700

T A B L E A U I (suite)

Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude Coordonnées X	Latitude Lambert Y
26	Falaise 45 (1962) 1/80 000	J <sub>IVc</sub>	Villers-Bocage XV-13 1/50 000		402,600	158,850
27	St Mihiel XXXII-14 (1962) 1/50 000	J <sup>5</sup>	St Mihiel XXXII-14 1/50 000		384,700	125,800
28	Boulogne 1-3 (1964) 1/80 000	h <sub>Vb</sub>	Marquise XXI-3 1/50 000		558,100	347,750
29	Castres 23 1/80 000 (1954)	d <sup>2-I</sup> s <sup>4</sup>	St Pons XXIV-44	01-07 08-09 10	628,650 628,250 628,250	129,550 129,050 128,050
30	Blois 108 1/80 000 (1940)	c <sup>6</sup>	Montrichard 5-6 1/25 000		515,850	261,350
31	Hastière-Lavaux- Dinant 1/5 (1919) (Belgique) 1/40 000	V			0 g 61' 30"	55g 83'
32	Rocroi 14 (1884) 1/80 000	d <sup>5</sup>	Trélon 7-8 1/25 000		732,730	264,420
33	Rocroi 14 (1884) 1/80 000	h <sub>V</sub>	Avesnes 7-8 1/25 000	01 02 03-04	712,200 712,250	269,650 269,650

Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude Coordonnées X	Latitude ou Lambert Y
34	Fleurus-Spy 143 1/40 000 (Belgique)	Fre			0 g 36'	56g 12'
36	Lunéville XXXV-16 1/50 000 (1966)	t <sup>5</sup>	Lunéville XXXV-16 1/50 000		907,550	96,100
38	Boulogne 1-3 (1964) 1/80 000	j <sup>5</sup>	Boulogne XXI-4 1/50 000 Marquise XXI-3 1/50 000	01 02-03-04 05	552,050 547,350 547,400	334,800 348,300 348,150
39	Beauvais 32 (1938) 1/80 000	e <sup>n</sup>	Creil 3-4 1/25 000		610,250	177,000
40	Maubeuge 9 (1938) 1/80 000	d <sup>4</sup>	Le Quesnoy 3-4 1/25 000		704,450	292,100
41	Boulogne 1-3 (1964) 1/80 000	c <sup>4</sup>	Marquise XXI-3 1/50 000		554,000	356,650
42	Boulogne 1-3 (1964) 1/80 000	c <sup>4</sup>	Marquise XXI-3 1/50 000	01 02-03 04	554,500 554,900 555,500	357,350 357,800 358,250
43	Boulogne 1-3 (1964) 1/80 000 Lille 5 (1941) 1/80 000	c <sup>7</sup>	Marquise XXI-3 1/50 000 Lille XXV-4 1/50 000	01-04 05-19	556,500 165,250	358,550 433,500

T A B L E A U I ( suite )

Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude ou Coordonnées X	Latitude ou Lambert Y
45	Givet 15 (1849) 1/80 000	d <sup>4</sup>	Givet XXX-7 1/50 000		776,100	273,050
46	Boulogne 1-3 (1964) 1/80 000	h <sub>vb</sub>	Marquise XXI-3 1/50 000		558,100	347,750
47	Besançon XXXIII-23 1/50 000 (1967) Ornans XXXIV-24 1/50 000	J <sup>7</sup> J <sup>8</sup>	Besançon 7-8 1/250 000	01-02	877,780	251,470
				05	879,750	253,730
				03-04	901,100	231,650
48	Chambéry XXXIII-32 1/50 000 (1963)	J <sup>9</sup>	Chambéry XXXIII-32 1/50 000	01	871,900	70,550
				02	872,050	70,600
				03-05	872,050	70,750
49	Fleurus-Spy 143 1/40 000 (1893) (Belgique)	F <sup>2m</sup>			0 g 38'	56g 13'
50	Hastère-Lavoux-Dinant 1/40 000 175 (1919) (Belgique) Beloeil-Baudoux 139 1/40 000 (1843)	V <sub>1a</sub> V <sub>2c</sub>	Crespin-Mons XXVII-5 (Nord de guerre) 1/25 000	01-05	0 g 62'	55g 83'
				06-09	210,080	421,250
52	Chambéry 169 (1964) 1/80 000	J <sup>5-6</sup>	Belley XXVII-5 1/50 000		856,550	89,550



Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude Coordonnées X	Latitude Lambert Y
53	Narbonne-Marseillan 244-245 (1948) 1/80 000	e <sup>1a</sup>	Lézignan-Corbières XXIV-45 1/50 000		642,650	116,600
54	Gannat 157 (1965) 1/80 000	m <sup>1a</sup>	Gannat XXV-29 1/50 000		666,200	121,650
55	Senlis XXIV-12 (1967) 1/50 000	6a e	Senlis 1-2 1/25 000		619,750	171,375
58	Boulogne 1-3 (1964) 1/80 000	J <sup>4</sup>	Marquise XXI-3 1/50 000 " " " Boulogne-sur-Mer 1/50 000 XXI-4	01 02 04 05-06 07 03	552,000 552,150 554,350 557,000 555,150 560,700	351,450 351,700 344,150 343,200 340,750 329,700
59	Gannat 157 (1966) 1/80 000	m <sup>1a</sup>	Aigueperse XXV-30 1/50 000		666,000	115,700
60	Charolles 147 (1940) 1/80 000	d <sup>5</sup>	Le Donjon XXVII-28 1/50 000		706,150	160,400
61	Redon 90 (1938) 1/80 000	X <sup>b</sup> ca	Janzé XII-19 1/50 000	01-06 07	306,600 706,750	338,550 340,550

T A B L E A U I (suite)

Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude ou Coordonnées X	Latitude ou Lambert Y
61	Rennes 75 (1966) 1/80 000	X <sup>b</sup> ca	Guer XI-19 1/50 000	11-17	282,000	345,550
64	Limoges 164 (1938) 1/80 000	C dans ζ	Châteauneuf-la-Forêt XXI-32 1/50 000		547,080	73,600
66	Mauriac 174 (1888) 1/80 000	C dans ζ <sub>1</sub>	Mauriac XXII-34 1/50 000		596,400	329,400
67	Usse 165 (1965) 1/80 000	C dans ζ <sub>1</sub> s	Usse XXIII-32 1/50 000	01-02	610,100	67,200
68	Gannat 157 (1966) 1/80 000	C dans τ <sup>1</sup>	Gannat XXV-29 1/50 000	03-14	609,000	67,500
69		dans γ 1ζ	Tournon XXX-35 1/50 000	01-08 09-19 20-25	645,550 642,850 645,500	123,700 170,000 134,350
70	Pontarlier XXXIV-25 (1960) 1/50 000	J <sup>5c</sup>			794,750	314,850
71	Pontarlier XXXIV-25 (1960) 1/50 000	n <sup>4</sup>			899,450	224,950
					904,300	211,650



T A B L E A U I (suite)

Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude Coordonnées X	Latitude Lambert Y
72	Charolles 147 (1940) 1/80 000	d <sup>5</sup>	Dompierre-Sur-Besbre XXVII-27 1/50 000	01-03  04	708,250  708,750	171,500  172,200
74	Vercel XXXIV-23 (1967) 1/50 000	J <sup>1a</sup>			890,500	250,800
75	Mouthe XXXIV-26 (1964) 1/50 000	n <sup>2</sup>			901,425	207,200
76	Gannat 157 (1965) 1/80 000	m <sup>1a</sup>	Gannat XXV-29 1/50 000	01  02	666,100  657,600	121,650
77		dans ζ <sup>1</sup>			0 g 60'	51g 46'
81	Sicile, Feuille de Patti, 1/250 000 n° 253, Coord. U. T. M. 0263,2248					
82	Espagne, Feuille de Benasque, N° 180					
83	Sélestat, Colmar* Gérardmer, St Dié 1/50 000		Sélestat 5-6 1/25 000		963,500	79,500
84	"		Gérardmer 3-4 1/25 000		960,450	71,000
85	"		"	01-08 09-14	958,725 958,650	69,000 69,200

\* : Feuille A 1 par Von Eller (1961).

T A B L E A U I (suite)

Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude ou Coordonnées X	Latitude Lambert Y
86	Sélestat, Colmar* Gérardmer, St Dié 1/50 000		Gérardmer 3-4 1/25 000		956,150	67,650
87	"		"		949,025	66,900
88	"		Gérardmer 1-2 1/25 000		947,250	67,450
89	Colmar 86 (1962) 1/80 000	C	Gérardmer 3-4 1/25 000		951,400	70,575
90			St Dié 7-8 1/25 000		953,925	72,525
91	Rocroi 14 (1884) 1/80 000	d <sup>4</sup>	Trélon XXVIII-7 1/50 000	01-10 11	724,700 731,500	262,930 263,700
92	Rocroi 14 (1884) 1/80 000	d <sup>5</sup>	Trélon XXVIII-7		727,950	264,400
93	Gannat (1966) 1/80 000	$\gamma^1 h_v$	Vichy XXVI-29 1/50 000		691,250	123,250
94	Roanne (1960) 1/80 000	$h_v$	Le Mayet-de-Montagne XXVII-30 1/50 000		701,025	114,800

\* : Feuille A 1 par Von Eller (1961)



T A B L E A U I (fin).

Réf.	Carte géologique	Etage	Carte topographique	Echantillons	Longitude ou		Latitude
					Coordonnées X	Coordonnées Y	
95	Boulogne 1-3 (1964) 1/80 000	j <sup>n</sup>	Marquise XXI-3 1/50 000	01-02	555,200	350,050	
				03-09	555,040	344,500	
				10	555,200	344,575	
				11-18	561,200	343,700	
96	Boulogne 1-3 (1964) 1/80 000	j <sup>3a</sup>	Boulogne-sur-Mer 1/50 000		555,000	330,700	
97	Maubeuge XXVIII-6 (1967) 1/50 000 Rocroi 14 (1884) 1/80 000	2 <sup>b</sup> h <sup>n</sup>	Maubeuge XXVIII-6 1/50 000 Avesnes XXVIII-7 1/50 000	01-10	719,900	283,200	
				11-15	710,300	271,500	
				16-18	712,100	271,500	
98	Gannat (1966)	h <sup>IV</sup>	Maringues XXVI-30		693,900	109,830	
99	Bédarieux 232 (1938) 1/80 000	S <sup>1c</sup>	Bédarieux XXV-43 1/50 000	01-1099	654,800	155,700 (1)	
				1199	663,000	150,000	
				12-1699	662,600	151,500	
				17-2399	661,500	151,400	
			24-3099	661,000	147,700 (2)		

(1) : Centre en 0699 (échantillonnage fait le long de la D. 163 tous les 100 mètres).

(2) : Centre en 2799 (échantillonnage fait le long de la D. 22e tous les 100 mètres).

CLASSIFICATION STRATIGRAPHIQUE DES  
ECHANTILLONS

---

Chattien-Aquitaniien	: 07, "Calcaire de Beauce" région de Milly-la-Forêt (Seine-et-Oise).
Stampien	: 54, région de Gannat (Allier). : 59, région d'Aigueperse (Puy-de-Dôme). : 76, "Calcaire concrétionné", région de Gannat (Allier).
Bartonien	: 55, "Calcaire de St-Ouen", région de Fleurine (Oise).
Lutétien	: 11, "Calcaire de Vigny", (Seine-et-Oise). : 16, "Pierre à liards", région de St-Gobain (Aisne). : 39, région de Creil (Oise). : 53, "Calcaires asphaltiques d'Agel" (Hérault).
Thanétien	: 12, anticlinal de Plagne, région d'Ausseing (Haute Garonne).
Montien	: 04, "Pisolitique" de Montainville (Seine-et-Oise). : 12 (06 à 08) anticlinal de Plagne, région d'Ausseing (Haute Garonne).
Sénonien	: 43, "Craie", région du Cran d'Escalles (Pas-de-Calais) et d'Haubourdin (Nord).
Turonien	: 30, "Tuffeau de Touraine", région de Montrichard (Loir et Cher).
Cénomaniien supérieur	: 42, falaise du Cran d'Escalles (Pas-de-Calais).
Cénomaniien inférieur	: 41, région de Wissant (Pas-de-Calais).
Barrémien supérieur	: 20, région d'Orgon (Bouches-du-Rhône). : 71, région du Lac de St-Point (Doubs).
Valanginiien	: 75, région du Lac de St-Point (Doubs).
Portlandien	: 48, "Faciès tithonique", col de l'Epine, région de Chambéry (Savoie).
Kimméridgien	: 38, "Virgulien" du Cap Gris-Nez et du Mt Lambert (Pas-de-Calais). : 47, Source de la Loue (Doubs). : 52, "Virgulien" de St-Champ (Ain).
Séquanien	: 47, (01, 02, 05), région de Besançon (Doubs). : 58, "Oolite d'Hesdin-Labbé", Boulonnais (Pas-de-Calais).
Oxfordien supérieur	: 19, région des Petites-Armoises (Ardennes). : 27, "Corallien de Lérouville" (Meuse). : 96, "Calcaire de Brucquedale" (Pas-de-Calais).
Oxfordien moyen	: 09, "région de Mortagne" (Orne).

- Oxfordien moyen (suite) : 70, région de Pontarlier (Doubs).
- Callovien inférieur : 95, (10) "Faciès Cbrnbrash", région de Rinxent (Pas-de-Calais).
- Bathonien : 24, "Pierre de Ranville" (Calvados).  
: 95, "Pierre de Marquise" (Pas-de-Calais).
- Bajocien : 25, région de Pouilly-en-Auxois (Côte-d'Or).  
: 26, région de May-sur-Orne (Orne).  
: 74, région de Mamirolle (Doubs).
- Muschelkalk supérieur : 36, région de Gerbéviller (Meurthe-et-Moselle).
- Viséen : 02, "Calcaire de Samson" (BELGIQUE).  
: 28, "Marbre Joinville", région de Boulogne, (Pas-de-Calais).  
: 31, "Faciès Waulsortien", rocher Bayard, région de Dinant (BELGIQUE).  
: 33, "Calcaire de Fontaine", région d'Avesnes (Nord).  
: 46, "Marbre Lunel", région de Boulogne (Pas-de-Calais).  
: 50, (01-05), "Calcaire noir de Dinant" (BELGIQUE).  
: 50, (06-09), équivalent du "Calcaire gris clair à *Productus Cora*, région de Basècles (BELGIQUE).  
: 93, région de Vichy, carrières de l'Ardoisière, (Allier).  
: 94, "Calcaire métamorphique de Ferrières", région de Vichy (Allier).  
: 97, région de Ferrières-la-Petite et de St-Hilaire-sur-Helpe (Nord).  
: 98, "Cornéenne carbonatée du Dauphant", région de Chateldon, (Puy-de-Dôme).
- Tournaisien supérieur : 23, "Petit granite de Soignies" (BELGIQUE).
- Frasnien : 18, "Marbre Rouge", région de Givet, Fort Condé (Ardennes).  
: 22, Assise de Fromelennes, région de Givet, Fort de Charlemont (Ardennes).  
: 32, région de Trélon (Nord).  
: 34, Bord nord du synclinal de Dinant, région de Mazy (BELGIQUE).  
: 49, "Noir pur de Golzinne" assise de Rhines (BELGIQUE).  
: 60, "Calcaire métamorphique de St-Léon", (Allier).  
: 72, "Calcaires de Diou-Gilly" (Allier).  
: 92, région de Trélon, carrière du Château-Gaillard, (Nord).
- Givétien : 21, gare de Couvin (BELGIQUE).  
: 40, région de Gussignies (Nord).

- Givétien (suite) : 45, Assise du Mt d'Hairs, région de Givet (Ardennes).  
 : 91, région de Glageon (Nord).
- Eifélien : 17, région de Givet (Ardennes).
- Gothlandien : 29, région de St-Pons (Hérault).  
 : 51, "Schistes ampéliteux de Feuguerolles" (Calvados).
- Géorgien supérieur : 99, "Calcaires à *Acheocyatus*, région de Bédarieux (Hérault).
- Briovérien : 10, "Dolomies et Calcaires métamorphiques de Sauveterre et Fonsauze", région des Sables d'Olonne" (Vendée).  
 : 61 "Calcaires de Corps-Nuds et de St-Thurial" (Ille-et-Vilaine).

La liste détaillée ci-dessus n'est pas véritablement exhaustive. En effet, on n'y a pas introduit la plupart des calcaires métamorphiques, leurs âges ne présentant pas toute la précision nécessaire.

---

CLASSIFICATION DES ECHANTILLONS PAR FACIES

---

(Compte tenu des variations latérales, le sigle d'un même gisement, ou groupe de gisements peut apparaître dans plusieurs faciès différents).

- Faciès oolitique**
- : 09, Oxfordien moyen de la région de Mortagne (Orne).
  - : 19, Oxfordien supérieur de la région des Petites-Armoises (Ardennes).
  - : 24, Bathonien du Calvados, "Pierre de Ranville".
  - : 28, Viséen du Boulonnais, "Marbre Joinville" (Pas-de-Calais).
  - : 33, Viséen de la région d'Avesnes, "Calcaire de Fontaine" (Nord).
  - : 46, Viséen du Boulonnais, "Marbre Lunel", région de Boulogne, (Pas-de-Calais).
  - : 58, Séquanien du Boulonnais, "Oolite d'Hesdin-l'Abbé", (Pas-de-Calais).
  - : 59, Stampien de la région d'Aigueperse (Puy-de-Dôme).
  - : 61, Briovérien de St-Thurial (Ille et Vilaine).
  - : 75, Valanginien du Lac de St-Point (Doubs).
  - : 95, Bathonien du Boulonnais, "Pierre de Marquise" (Pas-de-Calais).
  - : 97, Viséen de la région de St-Hilaire-sur-Helpe (Nord).

- 
- Faciès récifal**
- : 04, Montien de Montainville "Calcaire Pisolitique" (Seine-et-Oise).
  - : 09, Oxfordien de la région de Mortagne (Orne).
  - : 18, Frasnien de la région de Givet, "Marbre rouge du Fort Condé" (Ardennes).
  - : 19, Oxfordien supérieur de la région des Petites-Armoises (Ardennes).
  - : 20, Barrémien supérieur de la région d'Orgon (Bouches-du-Rhône).
  - : 21, Givétien de la région de Couvin (BELGIQUE).
  - : 22, Givétien du Fort de Charlemont "assise de Fromelonne", région de Givet (Ardennes).
  - : 31, Viséen de la région de Dinant (BELGIQUE).
  - : 32, Viséen de la région de Trélon (Nord).
  - : 40, Givétien de Gussignies (Nord).
  - : 46, Viséen de la région de Boulogne, "Marbre Lunel" (Pas-de-Calais).

- Faciès récifal (suite) :
- 70, Oxfordien moyen de la région de Pontarlier (Doubs).
  - : 72, Frasnien de Diou-Gilly (Allier).
  - : 91, Givétien de la région de Glageon (Nord).
  - : 92, Frasnien de la région de Trélon, carrière du Château-Gaillard, (Nord).
  - : 96, Oxfordien du Boulonnais, "Calcaire de Brucquedale " (Pas-de-Calais).

- 
- Faciès crinoïdique :
- 04, Montien de la région de Montainville "Calcaire pisolitique", (Seine-et-Oise).
  - : 17, Eifélien de la région de Givet (Ardennes).
  - : 18, (06) Frasnien de la région de Givet, Fort Condé (Ardennes).
  - : 23, Tournaisien supérieur de Soignies, "Petit Granite", (BELGIQUE).
  - : 24, Bathonien "Pierre de Ranville" (Calvados).
  - : 25, Bajocien de la région de Pouilly-en-Auxois (Côte-d'Or).
  - : 26, Bajocien de la région de May (Orne).
  - : 27, Oxfordien supérieur de la région de Lérouville (Meuse).
  - : 31, Viséen inférieur de la région de Dinant (BELGIQUE).
  - : 46, Viséen de la région de Boulogne, "Marbre Lunel " (Pas-de-Calais).
  - : 72, Frasnien de Diou (Allier).
  - : 74, Bajocien de la région de Mamirolle (Doubs).

- 
- Faciès coquillier :
- 09, Oxfordien moyen de la région de Mortagne (Orne).
  - : 21, Givétien de la région de Couvin (BELGIQUE).
  - : 25, Bajocien de la région de Pouilly-en-Auxois (Côte-d'Or).
  - : 38, Kimméridgien du Boulonnais (Pas-de-Calais).
  - : 45, Givétien de la région de Givet, assise du Mt d'Hairs (Ardennes).
  - : 46, Viséen de la région de Boulogne, "Marbre Lunel" (Pas-de-Calais).
  - : 53, Lutétien supérieur de la région d'Agel (Hérault).
  - : 71, Barrémien supérieur de la région du Lac de St-Point (Doubs).

- Faciès coquillier (suite): 34, Frasnien du bord nord du synclinal de Dinant région de Mazy (BELGIQUE).  
 : 36, Muschelkalk supérieur de la région de Gerbéviller (Meurthe-et-Moselle).
- 

- Faciès sapropélicifère : 21, Givétien de Couvin (BELGIQUE).  
 : 34, Frasnien du bord nord du synclinal de Dinant, région de Mazy (BELGIQUE).  
 : 40, Givétien de la région de Gussignies (Nord).  
 : 45, Givétien de la région de Givet, assise du Mt d'Hairs (Ardennes).  
 : 49, "Noir pur de Golzinne", assise de Rhines (BELGIQUE).  
 : 50, (01-05) "Calcaire noir de Dinant, Viséen inférieur" (BELGIQUE).  
 : 50, (06-09), équivalent du "Calcaire gris clair à *Productus Cora*, Viséen moyen, Basècles (BELGIQUE).  
 : 52, Kimméridgien de la région de St-Champ (Ain).  
 : 53, Lutétien supérieur de la région d'Agel (Hérault).
- 

- Faciès à Foraminifères benthoniques : 11, Lutétien de Vigny (Seine-et-Oise).  
 : 12, (01-05), Thanétien de l'anticlinal de Plagne (Haute-Garonne).  
 : 12, (06-08), Montien de l'anticlinal de Plagne (Haute-Garonne).  
 : 16, Lutétien de la région de St-Gobain, "Pierre à liards" (Aisne).
- 

- Faciès à Foraminifères planctoniques : 43, Sénonien des régions de Lille et de Calais (Nord et Pas-de-Calais).
- 

- Faciès lacustre : 07, Chattien-Aquitaniens de la région de Milly-la-Forêt, "Calcaire de Beauce" (Seine-et-Oise).  
 : 53, Lutétien supérieur de la région d'Agel (Hérault).  
 : 54, Stampien de la région de Gannat (Allier).  
 : 55, Bartonien de la région de Fleurine, "Calcaire de St-Ouen" (Oise).

Faciès lacustre (suite) : 59, Stampien de la région d'Aigueperse (Puy-de-Dôme).

: 76, Stampien, "Calcaire concrétionné", région de Gannat (Allier).

---

P E T R O L O G I E   D E S C R I P T I V E

=====

Dans le souci de contrôler avec exactitude le faciès d'appartenance ou la zone de métamorphisme des échantillons, une lame mince a été taillée et étudiée pour chaque prélèvement. Dans le cas des roches sédimentaires, deux échantillons appartenant au même gisement peuvent se trouver classés dans deux catégories différentes, en raison des inévitables variations latérales et verticales de faciès.

Avant de rassembler ci-dessous les résultats de ces observations, il faut préciser que certaines indéterminations minéralogiques qualitatives, ont été levées par des mesures diffractométriques\*.

Dans cette description systématique, l'ordre d'échantillonnage sera respecté afin de faciliter la recherche de renseignements sur un gisement particulier.

- 02, Viséen de Belgique - Calcaire de Samson (Pl. 4, fig. 1)

Les échantillons 01 à 05 proviennent de la carrière Goyet située à l'E de Namur, 3 kilomètres à l'W d'Andenne (N. 17). Ils ont été prélevés dans de gros bancs de calcaire gris (échantillonnage en étoile, largeur 100 m, hauteur 20 m). Quant à 06, il a été ramassé au pied de la citadelle de Dinant. On observe donc deux aspects quelque peu différents de calcaire gris, massif.

Etant tous constitués essentiellement de calcite cryptocristalline, 01 - 02 et 06 ont une structure très homogène, monotone, montrant rarement quelques sections de microorganismes ou des morceaux de coquilles difficilement déterminables et pouvant contenir jusqu'à 4,5 % de dolomite, tandis que 02 - 04 - 05, en position stratigraphique inférieure, présentent une structure typiquement grumeleuse (L. Cayeux, 1935) et contiennent de nombreuses calcisphères.

Les échantillons de la carrière Goyet contiennent un peu de pyrite dont la présence est confirmée par l'analyse chimique (sulfures).

- 04, Calcaire "Pisolitique" de Montainville - Seine-et-Oise (Pl. 2, fig. 1).

Les échantillons ont été recueillis dans la montée vers Montainville (500 m avant cette localité) sur le côté S. de la route encaissée, qui monte de la vallée de la Mauldre (N. 191) vers Montainville.

---

\* : Au laboratoire de Minéralogie de la Faculté des Sciences de Lille.

Ce calcaire Montien n'a de Pisolitique que le nom comme le précise Cayeux (1935). En fait, il s'agit plutôt d'un calcaire grossièrement graveleux assez peu cohérent constitué par l'accumulation de nombreux et divers débris organiques souvent arrondis. L'ensemble étant consolidé par un peu de ciment micritique ou microgranulaire. Du point de vue organique, citons les entroques, les bryozoaires, les mélobésiées (Pl. 12, fig. 2) (lithotamniées) et de nombreux foraminifères à test épais (Pl. 7, fig. 1). "L'ensemble évoque l'idée d'eau peu profonde et chaude", (L. Cayeux, 1935) périrécifale. Il est vrai que le faciès devient franchement récifal sur la rive droite de la Mauldre (Cl. Clavelier et al., 1967).

- 07, Calcaire de Beauce - Seine-et-Oise (Pl. 8, fig. 1).

L'Aquitaniien de la région de Milly-la-Forêt fut prélevé dans la carrière sise à l'W de Milly, le long de la N. 837, dans le virage au lieu-dit "La Montagne de Maise".

C'est "un calcaire blanchâtre ou jaunâtre en bancs mal réglés, souvent silicifiés au sommet" (G. Denizot et al., 1963). L'endroit choisi pour l'échantillonnage montre quelques gros bancs (05) d'aspect massif sur un ensemble de plaquettes jaunâtres (02-04) englobant un banc caverneux (01-03) blanchâtre, le tout s'allongeant subhorizontalement sur une quarantaine de mètres.

Quelque soit la texture, (toujours grossière) caverneuse (01-03) ou bréchoïde (02-04-05), la structure de la roche reste micritique avec tendance dismicritique (02-03-04). Dans les échantillons bréchoïdes, un réseau serré de filaments de calcite microgranulaire englobe des nodules d'assez petite taille. Il y a toujours du quartz, en faible quantité mais en cristaux dont la taille peut dépasser 0,15 mm.

Enfin, on notera la présence de rares débris de coquille de lamelibranches (03) et de ce qui pourrait être des algues encroûtantes (05-07).

- 09, Oxfordien moyen - Calcaire corallien de Mortagne-Orne

Dans ce faciès récifal on peut distinguer deux types d'échantillons.

Ceux (tels 01 à 05) prélevés dans le calcaire corallien proprement dit et ceux (tels 06-07) prélevés dans les calcarénites oolitiques (A. Bigot et al., 1967).

a) Calcarénites oolitiques : (Front ouest de la carrière)

Calcaires oolitiques typiques en plaquettes ne comportant que très peu de ciment ou même pas du tout entre les oolites. La structure de celles-ci est essentiellement concentrique. Le nucléus souvent recristallisé est constitué dans de nombreux cas par une plaque d'échinidé ou un débris de coquille de lamellibranche ou de brachiopode, ce qui donne à certaines oolites des formes étirées, polygonales même. A noter également la présence de fausses oolites et de quelques rares débris de coquille non encroûtés.

b) Calcaire récifal : (Front est de la carrière)

C'est un calcaire grossier, très hétérogène à ciment micritique lacuneux avec un réseau de recristallisation spathique microgrenu dans les fissures et les pores de la roche.

A l'oeil nu, on remarque de nombreuses cavités occupées par des colonies de petits polypiers et des coquilles de lamellibranches ou de gastéropodes, remplies de calcaire oolitique remanié.

Au microscope, on observe quelques oolites remaniées, disséminées dans la roche ainsi que des débris de gastéropodes, d'échinodermes (plaques, radioles) souvent remaniés eux aussi.

- 10, "Cipolins de Sauveterre" - Vendée

Il s'agit de lentilles carbonatées  $Ci^2$ , métamorphisées dans la zone des micaschistes à deux micas de la région des Sables d'Olonne (M. Ters et al., 1965).

Les échantillons ont été prélevés sur la plage en face du lieu-dit "Sauveterre" à 4 km environ au N-W des Sables d'Olonne, à l'exception de 1510 ( $Ci^1$ ) recueilli au lieu-dit "Fonsauze" ou "Fonsouce" (selon les documents). On considèrera ce dernier échantillon un peu à part du fait que chimiquement il semble se différencier des précédents.

A Sauveterre on a à faire à une dolomie métamorphique, plus de 90 % de dolomite, blanc-grisâtre ou gris-bleuâtre, à structure granoblastique ou lépidoblastique (les cristaux de dolomite semblent légèrement aplatis ou étirés), mais toujours microgranulaire. La roche est finement rubanée par de la pyrite, soit cryptocristalline soit cristallisée, et des altérations ferrugineuses.

Le clinocllore et de fines paillettes d'une phyllite blanche, ayant toutes les propriétés optiques du talc, soulignent la direction de linéation.

Il existe très peu de quartz (certains échantillons en sont totalement dépourvus), on en trouve quelques filonnets microscopiques manifestement

d'origine secondaire dans 09 et 11.

A Fonsouze "le cipolin" Ci<sup>1</sup> gris bleu également rubané est un calcaire dolomitique (15 % de dolomite), à structure franchement granoblastique, la calcite ayant largement cristallisé en mosaïque. On remarque comme précédemment la présence d'une phyllite blanche et surtout d'une quantité importante de clinocllore.

Il est tentant d'invoquer la paragenèse talc + dolomite (H. G. F. Winkler, 1965) ou calcite + dolomite + chlorite + quartz, ce qui correspond au subfaciès B 1-1, donc on a un métamorphisme trop faible par rapport à l'encaissant (micaschiste à 2 micas). On est donc en droit de penser que c'est à cause du manque de quartz que la dolomite n'a pas réagi et d'invoquer comme roche originelle, une dolomie très pure à Sauveterre.

- 11, Lutétien supérieur de la région de Vigny - Seine-et-Oise  
(Pl. 7, fig. 2)

Les échantillons ont été recueillis dans le "Banc royal", calcaire dur, fin, à milioles et *Orbitolites Complanatus* (L. Feugueur, 1967) dans une carrière en exploitation à 500 mètres de Vigny, au voisinage de la route N. P. 14.

C'est une calcarénite pétrie de milioles, à ciment soit micritique (01-02) soit microgranulaire (03-04). Les quartz anguleux sont très nombreux et assez développés. On rencontre parfois un feldspath orthose plus ou moins altéré ou un grain de glauconie (rare).

Aux miliolitidés sont associés de petits foraminifères, plus rares, mais à test fin.

- 12, Paléocène de l'anticlinal de plagne - Haute-Garonne (Pl. 7, fig. 3 et 4)

On distinguera deux types d'échantillons selon que l'on s'adresse au Thanétien (01 à 05) provenant des carrières de la région de Belbèze au lieu-dit " le Pédégas d'en bas " (sud d'Ausseing) et au Montien (06 à 08) prélevé dans un affleurement en bordure de la route D 83 sous le calvaire entre Ausseing et Belbèze-Escoulis.

01 à 05 : C'est le calcaire compact à Miliolitidés (M. Lemoine, 1961). Il s'agit soit d'une biomicrite (03), soit d'une biosparite (01-02-04-05) à Foraminifères bentiques (milioles et operculines). On rencontre également de gros débris de lamellibranches calcitisés ou même des coquilles entières ainsi que

quelques entroques. Un peu de quartz et de calcédoine cristallisent en sphérolites dans les loges ou le test des Operculines.

06 à 08 : Il s'agit d'une calcarénite glauconieuse, à ciment micritique. On y rencontre de nombreux foraminifères (Miliolites et Operculines) ainsi que des Bryozoaires.

Les quartz, relativement abondants et anguleux, voisinent avec la glauconie dont la teneur est très moyenne.

- 16, Lutétien inférieur de la forêt de St-Gobain - Aisne

Les échantillons ont été recueillis dans la forêt à l'W de Cessières, à proximité du lieu-dit "La Croix Girois" en bordure de la D 7. Il s'agit du Lutétien inférieur "sableux, glauconieux" (Ch. Pomerol et al., 1964).

C'est une calcarénite glauconieuse, à Foraminifères benthiques. Du point de vue organique, ce sont les Nummulites qui dominent. Elles sont accompagnées de quelques Miliolitidés et petits Foraminifères bisériés et enroulés. Les radioles d'Oursins et les entroques ne sont pas rares (L. Cayeux, 1935). On rencontre rarement quelques débris de Bryozoaires (06) et de coquilles de Lamellibranches (05-06). Le ciment est généralement microgranulaire, souvent spathique. Il contient de nombreux granules de glauconie parfois bien cristallisés et des quartz détritiques de toutes les tailles (Les E. L. sont visibles en 06, à la binoculaire).

Du quartz recristallise à l'intérieur des loges de certaines Nummulites. On note encore la présence de dolomite (02) de quelques feldspaths, orthoclases (03) ou plagioclases, probablement oligoclases (05) ainsi que rarement un cristal d'apatite (05) ou de muscovite plus ou moins altéré, (05).

- 17, Couvinien de la région de Givet - Ardennes (Pl. 2, fig. 2)

3 échantillons ont été recueillis le long de la nationale 51 à environ 3 km au S de Givet, dans la partie supérieure de l'assise de Bure (G. Waterlot 1969). Les prélèvements effectués sur les bancs redressés ont été espacés de 50 m (entre 01 et 02) et de 100 m entre (02 et 03) en remontant du S vers le N.

Il s'agit d'une calcarénite à Entroques, du moins quant aux deux premiers échantillons. 02 peut d'ailleurs être retenu comme calcaire gréseux à Entroques.

On reconnaît, outre la calcite, une grande quantité de minéraux dé-

tritiques, correspondant aux démantèlements d'un granite sodi-potassique\* à tourmaline soit :

- quartz nombreux (O1 possède plus de 35 % de  $\text{SiO}_2$  pour 31 % de CaO)
- plagioclases (probablement oligoclases An 30)
- orthoclases
- muscovite .

La présence des feldspaths est corroborée par l'analyse chimique qui indique (dans O1) jusqu'à 1,15 % de  $\text{Na}_2\text{O}$  et 1,1 % de  $\text{K}_2\text{O}$  (dans O3).

Outre ces minéraux, on peut encore observer de la pyrite, des traces de limonite (O3) et un peu de sphène et de tourmaline (O1). Quant aux organismes, ce sont outre les entroques, quelques débris de coquille de Brachiopodes, de rares *Cystiphyllum* et des formes dicotomisées pouvant appartenir au genre *Girvanella*.

La teneur en MgO de O217 atteint 1,60 %, ce qui correspond à 5,72 % de dolomite; cette roche est par conséquent une calcarénite magnésienne à Entroques. On note la correspondance de l'augmentation du MgO avec l'accumulation des entroques (L. Cayeux, 1935). La présente association "entroque-arène" est une exception à la règle de leur non juxtaposition dont parle l'auteur.

- 18, Récif de Marbre rouge du Frasnien de la région de Givet - Ardennes (Assise de Frasnes)

Deux aspects principaux dans les échantillons pris dans le récif isolé le plus voisin du Fort Condé, près de Givet :

a) O6 - Calcaire crinoïdique. (Pl. 3, fig. 3)

Prélevé à la base du récif et constituant un faciès d'implantation dans la vase (G. Waterlot 1969), c'est un calcaire grossier à Entroques contenant de nombreux débris organiques, mais essentiellement, des plaques d'échinodermes et surtout des articles d'encrines de tailles diverses. On peut encore y distinguer de petits Lamellibranches et des sections importantes de coquille de Mollusques. On reconnaît des Ostracodes et des tubes de Vers. Le ciment spathique ou cryptocristallin ne révèle aucune trace de quartz bien

---

\* : On trouve aussi (on le sait), dans l'arkose d'Haybes (Gédinien inférieur) et dans les lits d'arkose associés aux schistes d'Oignies (Gédinien supérieur), des éléments qui proviendraient d'un hypothétique massif éruptif ayant existé dans le Condroz.

que l'analyse chimique donne plus de 6 % de  $\text{SiO}_2$ . De même il est difficile d'expliquer par les quelques traces ferrugineuses observables, la forte teneur en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (4 %). La silice pourrait être mobilisée par des particules argileuses masquées dans le ciment cryptocristallin (2,14 %  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

b) Marbre rouge proprement dit

Calcaire rouge d'aspect massif à structure dismicritique. Les quatre premiers échantillons ont été prélevés sur les quatre côtés du récif (N. E. S. W.), et le dernier (05) provient du sommet du récif. En lame mince, on observe dans une masse micritique, de nombreux microorganismes (notamment des Ostracodes) dont l'intérieur est complètement calcitisé et un grand nombre de "calcisphères" (L. Cayeux, 1935). On remarque également des débris de coquilles de Brachiopodes et quelques entroques.

Le fond micritique de la roche semble receler une certaine quantité de minéraux argileux, car les teneurs analytiques en  $\text{SiO}_2$  ne correspondent pas aux quelques quartz rares et de très petite taille observés par exemple dans 02. Cette hypothèse est renforcée par les teneurs en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  pouvant atteindre 1,68 % dans 0118.

- 19, Argovo-Rauracien de l'Ardenne-Meuse

7 échantillons proviennent d'une carrière sise à 0,7 km au N.W. des Petites-Armoises dans la région de Sedan, le long de la route D. 12. Il est nécessaire de scinder l'échantillonnage en deux.

01 à 05 : Ils proviennent de récifs isolés. C'est un calcaire à Polypiers, parfois très recristallisé, pouvant même avoir un aspect saccharoïde. Malgré cette recristallisation, la structure des Polypiers subsiste avec une masse de substance micritique indéterminable. Ce calcaire contiendrait des Algues de l'espèce *Solenopora jurassica* (E. Asselberghs et al., 1964).

Latéralement, on passe à des calcaires oolitiques en bancs massifs (inférieurement) et en plaquettes (supérieurement) où ont été prélevés 06 et 07.

06 et 07 : C'est une oosparite à ciment microgranulaire lacuneux. Les oolites ont une structure concentrique et voisinent avec de nombreuses fausses oolites, quelques Foraminifères, radioles de *Cidaris* et d'assez gros débris de coquilles de mollusques.

06 provient des bancs massifs et ne contient que de petites oolites. 07 pris dans les plaquettes (de quelques centimètres d'épaisseur) est à oolites 2 ou 3 fois plus grosses.

- 20, Barrémien de la région d'Orgon - Bouches-du-Rhône

C'est la partie supérieure de cet étage qui a été échantillonnée dans la grande carrière située à 800 m au S E d'Orgon (Route d'Orgon à Eygalière).

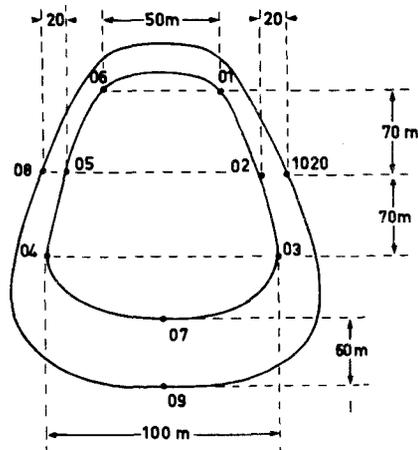


Fig. 40.- Echantillonnage du Barrémien dans la carrière d'Orgon

Les échantillons 01 à 07 proviennent du fond de la carrière large d'environ 100 m et longue de 200 m selon la disposition schématique fig. 40.

Les échantillons 08-09-10 ont été recueillis 20 m au-dessus du premier plan de prélèvement. (La structure géologique est subhorizontale). La roche est un calcaire crayeux à Polypiers et Rudistes (M. Lemoine et al., 1960a) qui montre une structure grumelleuse micritique passant presque à un terme pseudoolitique fin (01-04-05-06). Parfois certaines zones ont tendance à devenir microgrenue notamment au voisinage des polypiers qui, eux, sont largement cristallisés et donnent localement à la roche un aspect saccharoïde un peu jaunâtre. Outre les coelentérés, on remarque des débris de coquilles de lamellibranches et assez fréquemment des foraminifères, notamment des miliolitidés (H. et G. Termier, 1960). La roche est extrêmement pure et l'on n'y observe en lame mince aucun minéral détritique.

- 21, Givétien supérieur de Couvin - BELGIQUE

Tous les échantillons proviennent de la grande carrière située dans la proche banlieue de Couvin, au N de cette localité, derrière la gare. Les prélèvements ont été effectués en particulier à l'entrée nord de la carrière.

Le givétien supérieur est à cet endroit riche en coelentérés et en

stromatopores. C'est un calcaire qui présente de rapides variations de faciès. De teinte plus ou moins sombre, il est parfois grossier, riche en gros débris de brachiopodes (presque lumachellique 03-02) avec des Algues, des entroques et des zones où la calcite a largement cristallisé. Parfois (04-06) on rencontre de belles colonies de Cyathophyllidés dans lesquelles chaque individu touche le voisin ou ne s'en trouve séparé que par une très faible quantité de matière micritique.

01 et 05 ont été prélevés dans des Stromatopores dont la structure fine est parfaitement conservée (Pl. 3, fig. 3).

Enfin 07 et 08 représentent un calcaire très sombre à structure cryptocristalline, riche en silice (plus de 4 % en 08) et  $Al_2O_3$  mais ne montrant que quelques petits quartz très rares, ce qui tend à prouver que  $SiO_2$  analysé correspond à des particules argileuses. Ces calcaires, qui contiennent de la pyrite bien cristallisée en cube et de la matière organique, sont très riches en microorganismes difficiles à déterminer et montrent des spicules de Spongiaires épigénisés par la calcite. En outre, on rencontre quelques entroques.

#### - 22, Frasnien inférieur de la région de Givet - Ardennes

C'est un calcaire sombre d'apparence massive mais qui révèle en lame mince une structure très hétérogène (dismicritique). On remarque par endroit un passage de la structure grumeleuse à la structure pseudoolitique (01). Les pseudoolites observées sont généralement très petites. Dans les zones micritiques, on rencontre surtout en 01, quelques petits grains de quartz, qui ne justifient pas les teneurs en silice supérieures à 3 % associées à 1,32 % d' $Al_2O_3$ . Le fond micritique de la roche doit donc contenir une phase argileuse non négligeable et des zones riches en  $Fe_2O_3$ . On note la présence de cristaux de pyrite bien développés (04). La faune est abondante mais surtout composée de Cyathophyllidés (02-03-04) et Stromatoporidés (05). En outre, on remarque des débris de coquilles de Mollusques divers, notamment des Gastéropodes et des Ostracodes.

Les échantillons 01-02-03 ont été prélevés dans les fossés du Fort de Charlemont, 04 sous le Fort, le long de la route N.51 et 05 dans les mêmes niveaux que 04 mais sur la rive droite de la Meuse. Les deux derniers échantillons présentent une cristallisation plus développée que les trois précédents, ce qui est confirmé par des teneurs en  $Al_2O_3$  et  $SiO_2$  nettement plus basses (0,90 % de  $SiO_2$  dans 0522).

#### - 23, Tournaisien supérieur de Soignies - BELGIQUE (Pl. 2, fig. 4)

C'est le calcaire crinoïdique des Ecaussines dit "Petit granite". Les échantillons ont été prélevés dans la Carrière Gauthier à Soignies à la sortie sud-est de la localité.

C'est un calcaire à structure assez grossière, à Entroques nombreuses, et à ciment fait d'un enchevêtrement de petites pièces carbonatées et d'un peu de matière carbonée.

Les débris carbonatés du ciment pourraient être le résultat de fractionnement d'entroques. En effet, bon nombre de plaques d'échinoderme et d'articles de tiges d'Encrines ne présentent plus leurs contours extérieurs originaux. Ils sont plus ou moins dentelés et engrenés les uns dans les autres, le phénomène ayant pu aller jusqu'au fractionnement.

On trouve de nombreux Bryozoaires autour desquels se concentre la matière carbonée qui se rassemble également en zones dans le ciment. C'est cette matière qui, à l'état diffus, donne la teinte sombre à la roche. On observe également des débris plus ou moins importants de coquilles de Brachiopodes et de Lamellibranches (structure lamelleuse nette) ainsi que quelques grains de quartz rares. C'est une autre exception à la règle de non coexistence "minéraux détritiques - entroques" dont parle Cayeux (1935).

#### - 24, Bathonien de Ranville - Calvados

Les échantillons proviennent du bathonien moyen et de la partie supérieure du bathonien inférieur (oolite miliaire) affleurant dans une grande carrière en exploitation au N de Ranville, sur la rive droite de l'Orne.

##### a) L'oolite miliaire : (01-02)

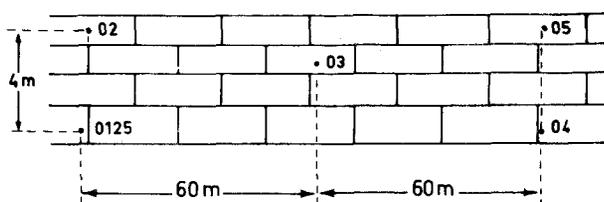
Il s'agit d'une oosparite à ciment microgrenu, contenant des débris peu nombreux de coquilles de Lamellibranches. Les oolites, assez petites ont une structure concentrique et radiée; elles sont quelque peu ferrugineuses (0,95 % de  $Fe_2O_3$ ). Les Foraminifères, unis ou bisériés, peuvent servir de nucléus. On observe quelques rares Bryozoaires et plaques d'échinodermes ainsi que quelques fausses oolites.

##### b) Biosparite à Entroques et Bryozoaires :

Prélevés dans les bancs situés immédiatement au-dessus de l'oolite miliaire, les échantillons 03-04-05 représentent le Bathonien moyen avec au sommet la Pierre de Ranville (L. Cayeux, 1935).

#### - 25, Bajocien de la région de Pouilly-en-Auxois - Côte-d'Or

Les cinq échantillons ont été prélevés en "étoile" dans une carrière sise à proximité de la route N. 470 de Pouilly à Sombernon, 1 km à l'W de Beaume au lieu-dit "les Perrières-Notre-Dame", (fig. 41).



Echantillonnage en étoile

Fig. 41.- Echantillonnage du Bajocien de la région de Pouilly-en-Auxois

Une légère variation de faciès oblige à quelques distinctions.

01 et 04 : C'est un même banc de calcaire à Bryozoaires, Entroques et débris de mollusques, équivalent moins spathique du Bathonien de Ranville.

02 à 05 : Calcaire à nombreux débris de mollusques et à Entroques cependant plus rares que dans les échantillons précédents. Ce calcaire correspond à la "Pierre de Brochon" (R. Ciry et al., 1942). On y rencontre également des polypiers, des foraminifères bisériés, des algues et des fantômes d'organismes méconnaissables, complètement recristallisés. Le ciment spathique devient largement cristallin dans les échantillons supérieurs (02-03-05).

#### - 26, Bajocien de la région de May/Orne - Calvados

Les échantillons furent recueillis dans une carrière située à la sortie sud-est de May, en face du cimetière.

Il s'agit localement du  $J_{1Vc}$  échantillonné à proximité immédiate du  $J_{1Vb}$  oolitique, ferrugineux. C'est une biosparite constituée par un grand nombre de débris de test d'échinodermes assez altérés, parfois déchiquetés (L. Cayeux, 1935), noyés dans un ciment spathique contenant quelques quartz arrondis et quelques zircons. La proximité du  $J_{1Vb}$  est attestée par la présence d'oligiste et de quelques oolites ferrugineuses remaniées (sur la bordure de l'échantillon).

Outre les entroques, on signalera encore quelques foraminifères et des débris de coquilles de mollusques divers.

#### - 27, Argovien de la région de Commercy - Meuse

Le prélèvement des échantillons s'est effectué dans une grande carrière sise à quelques centaines de mètres au sud-ouest de Léroville. C'est la "Pierre de Léroville" ou faciès à Entroques de l'Argovien, lequel est très varié dans cette région.

Il s'agit d'une biosparite à Entroques, typique, grossière, à structure grenue dans laquelle les débris d'Echinodermes sont souvent jointifs. Le ciment, peu important, est très largement cristallisé. Cette cristallisation atteint d'ailleurs certaines entroques et des radioles de *Cidaris*.

Il existe, dans O4, quelques formes organiques, indéterminables, complètement recristallisées en une calcite microgranulaire. Il y a parfois des amas de substances micritiques liées à des formes qui paraissent être quelques Algues.

L'échantillonnage a été fait verticalement dans une paroi dont les bancs, énormes, atteignaient plusieurs mètres d'épaisseur. Les échantillons, échelonnés sur une distance verticale de 3 à 6 mètres (couvrant une épaisseur d'une vingtaine de mètres), montrent un accroissement sensible de la teneur en micrite du haut vers le bas (légèrement récurrente pour O1 : le plus haut) avec maximum de cristallisation dans les échantillons O2 et O3.

#### - 28, Viséen du Boulonnais - Pas de Calais

L'échantillon prélevé est un calcaire oolitique formant un petit niveau de quelques centimètres dans les marbres de la Carrière Napoléon, sise à environ 3 km au N E de Marquise.

C'est un exemple de granoclasement inverse des oolites. Au contact d'un calcaire grumeleux beige, sans aucune transition on observe dans un même échantillon, sur quelques centimètres et de haut en bas :

- a) de grosses oolites à structure concentrique, pouvant englober de petites oolites à structure radiée, le tout dans un ciment micritique à grumeleux;
- b) une récurrence de calcaire grumeleux (quelques millimètres) à oolites rares;
- c) un niveau d'oolites très serrées, à contours polygonaux, à structure concentrique et radiée, sans ciment;
- d) une nouvelle et faible récurrence de calcaire grumeleux (inférieur à la précédente);
- e) des niveaux d'oolites (petites et fausses) en amas grumeleux, arrondis, noyés dans un ciment spathique.

En règle générale, les oolites diminuent très progressivement de

taille (de haut en bas) depuis les plus grosses jusqu'aux fausses oolites grumeleuses.

- 29, Gothlandien de la Montagne Noire - Hérault

Les échantillons proviennent de la région de St-Pons. Ils ont été recueillis le long de la route N. 620 au S de Cournion, dans la première épingle à cheveux après Uselats (Direction Sud). Ces échantillons d'âge dévonien inférieur ou Gothlandien, (A. Chabrol et al., 1954) sont tous cristallins, mais présentent des aspects légèrement différents. Ils portent la trace d'un métamorphisme léger.

01 et 02 : Ont l'allure de calschistes sériciteux. Tous les cristaux de calcite qui constituent la presque totalité de la roche sont aplatis et orientés, abouissant en lame mince à un aspect nématoblastique. Le mica blanc, quoique présent est assez dispersé en très fins cristaux. On remarque également un peu de quartz.

03 à 07 : Représentent une roche blanche très pure, marmoréenne, en apparence uniquement constituée par de la calcite granoblastique.

- 30, Tuffeau de Touraine - Cher

C'est le faciès Angoumien du Turonien (G. Denizot 1940) prélevé à quelques kilomètres à l'W de Montrichard, à Bourré, dans une maison troglodyte (01) et au voisinage. La roche a été décrite (L. Cayeux 1935) comme un calcaire crayeux ne pouvant faire partie du faciès craie puisque "ne procédant pas d'une vase à Foraminifères".

C'est une calcarénite glauconieuse, micacée, à structure micritique. Les quartz sont petits, anguleux, le mica : blanc. Les grains de glauconie, rarement bien développés, restent généralement assez ténus. Aucune faune n'était visible dans la roche échantillonnée, qui doit néanmoins selon les auteurs, (L. Cayeux 1935), être considérée comme tirant les éléments de sa gangue calcaire, d'une boue fine engendrée aux dépens des Bryozoaires.

- 31, Tournaisien supérieur de Dinant (Rocher Bayard) - BELGIQUE

Deux échantillons furent recueillis à quelques kilomètres de Dinant. L'un au pied du Rocher Bayard (02), le second de l'autre côté de la route N. 47 en face du rocher.

Il faut faire une distinction entre ces deux échantillons bien qu'ils aient tous deux le faciès récifal ou périrécifal (faciès Waulsortien, L. Cayeux 1935).

01 : C'est un calcaire constitué par l'entassement d'une multitude de débris organiques et surtout d'entroques. On y trouve également du quartz (3,12 %  $\text{SiO}_2$ ) associé à un peu de dolomite.

02 : C'est un calcaire dolomitique franc (16 à 17 % de dolomite). Ce calcaire est pourtant simplement en voie de dolomitisation. La dolomite qui s'attaque surtout au ciment et aux microorganismes laisse intacts de nombreuses entroques, des radioles, de grands débris de Mollusques divers et surtout des zones complètes où l'on retrouve la roche saine qui apparaît comme étant une biomitrite à Entroques.

- 32, Frasnien de la région de Trélon - Nord

Les échantillons proviennent de la région Ouest de Baives dans d'anciennes carrières actuellement abandonnées au Lieu-dit "Par delà l'Eau", entaillées dans un bioherme (G. Waterlot 1969). C'est un calcaire gris-clair à structure hétérogène soit micritique, soit grumeleuse. On peut y observer de nombreux débris d'organismes qui apparentent la roche à un calcaire récifal ou périrécifal : entroques de tailles variées, radioles, débris de coquilles de divers Mollusques et quelques calcisphères.

On note la présence de petits grains de quartz détritiques visibles au seul grossissement 140.

- 33, Viséen de la région d'Avesnes - Nord

L'échantillonnage effectué dans les carrières de la Cressinnière situées à 1,5 km au S O d'Avesnes oblige à considérer 3 types de calcaire viséen à cet endroit.

01 et 02 : Calcaire en voie de dolomitisation. C'est une roche grise d'aspect compact, complètement recristallisée, à structure microgranulaire, prélevée sur le front nord de la carrière.

03 : Calcaire à structure hétérogène recueilli sur le front est de la Carrière à une trentaine de mètres sous les niveaux 01-02 (Pendage apparent, 30° vers le N). La roche a une structure tantôt cryptocristalline, tantôt grumeleuse, avec de nombreux débris spathiques de provenance organique mais non déterminables. On rencontre quelques *Endothyra* et "calcisphères".

04 : Prélevé dans un banc, quelques mètres au-dessous de 03, cet échantillon est un faciès oolitique du viséen (C.F. 97). Les oolites à structure concentrique et radiée sont noyées dans un ciment spathique (oosparite). Elles englobent quelques entroques et de nombreuses *Endothyra*.

- 34, Frasnien du bord nord du synclinal de Dinant - BELGIQUE

Les échantillons proviennent de la sortie Est de Mazy (Belgique) sur le côté droit de la route N. 47 entaillée dans une série de bancs à pendage 20° Est. Les quatre échantillons ont été recueillis sur une distance de 60 m.

Il s'agit d'un calcaire micritique noir ou gris-foncé contenant quelques très petits quartz extrêmement rares, et un peu de pyrite (confirmation analytique par la présence de sulfures).

La teneur en éléments et substance organique est variable. Elle peut être pratiquement nulle (01-02) ou donner lieu à un véritable calcaire lumachelique à *Spirifer* (04) ou à une micrite sapropélique (03) ne contenant que quelques sections de Mollusques.

- 36, Muschelkalk supérieur de la région de Gerbéviller - Meurthe-et-Moselle (Pl. 5, fig. 1)

Les échantillons ont été recueillis dans une carrière ancienne, en voie de comblement à environ 1 km au S O de Gerbéviller au lieu-dit "Le Moulin du Minet". Il s'agit de lumachelles à *Coenothyris vulgaris* dans la zone à *Ceraticites semipartitus* (R. Laugier et al., 1966). C'est un calcaire lumachelique à ciment plus ou moins cristallisé selon les endroits (micritique à largement spathique). Parallèlement, le degré de recristallisation des débris de Brachiopodes, qui constituent la quasi totalité de la roche, est variable. De la collophanite (surtout en 01) épigénise des éléments organiques difficilement déterminables et donne localement naissance à des recristallisations d'apatite (Pl. 5, fig. 2).

- 38, Kimméridgien du Boulonnais - Pas-de-Calais

L'échantillonnage a porté exactement sur les bancs de lumachelles à *Exogyra Virgula* (A. Bonte, 1969).

01 : Provient d'une carrière abandonnée depuis longtemps sur le flanc sud du Mont-Lambert.

02-03-04-05 : Ont été prélevés sur la falaise bordant la plage immédiatement au N d'Audreselles.

Il s'agit d'un calcaire lumachelique grossier à structure hétérogène passant à une calcarénite à débris de Lamellibranches là où s'élève la teneur en quartz détritique (01-04).

Le ciment des échantillons faiblement siliceux est en général large-

ment cristallisé (02-03-04) et contient parfois un peu de dolomite.

- 39, Lutétien de la région de Creil - Oise

Les trois échantillons furent prélevés dans une carrière abandonnée au N de Villers-St-Paul. C'est une calcarénite tendre à structure micritique comprenant de nombreux quartz détritiques, quelques feldspaths très altérés, un peu de glauconie et de tourmaline.

On y rencontre quelques Miliolitidés de petite taille et çà et là un débris de Bryozoaire. Qualitativement, cette roche est très semblable à son homologue de la forêt de St-Gobain.

- 40, Givétien de l'Avesnois - Nord (Pl. 8, fig. 1)

Les échantillons proviennent de la Carrière Gauthier, sise au N de Bavay, dans la région de Hon-Hergies au lieu-dit le "Pissotiau". La carrière est grande et les dimensions extrêmes du domaine échantillonné en étoile sont 80 m et 15 m. (Les coordonnées correspondent au centre de l'étoile, soit à 05).

La roche se présente en gros bancs massifs de calcaire gris-fumée ou noir avec çà et là une section calcitisée d'un gros Brachiopode. En fait, en lame mince cette roche a une structure très hétérogène. C'est un calcaire organo-détritique, à nombreux débris organiques divers et souvent remaniés dans lesquels on reconnaît difficilement des entroques (01-02-04), des morceaux de Bryozoaire (01), des Algues encroûtantes (02), des Polypiers (03) et des morceaux de coquilles de Mollusques divers. Le faciès est franchement récifal ou périrécifal.

Le ciment peut être spathique, microgranulaire ou micritique selon les zones.

On note en 04 la présence (en association avec des Polypiers dont il est difficile de dire s'ils sont remaniés ou non) d'une quantité importante de substance sapropélique et bien entendu de sulfures (confirmée par l'analyse chimique). La pyrite existe d'ailleurs en teneurs plus ou moins grandes dans tous les échantillons. Elle y forme un réticule très fin autour de la calcite microgranulaire. Indépendamment de ce minerai, on trouve un peu de quartz détritique et de dolomite concentrée en certains points.

- 41, Tourtia Cénomaniens du Boulonnais - Pas-de-Calais

Trois échantillons furent extraits à 20 m d'intervalle, de la falaise bordant la plage, au S du Cran d'Escalles, au niveau du lieu-dit "Strouanne".

C'est "la craie glauconieuse", base du Cénomaniens (L. Cayeux, 1935). La roche, riche en glauconie, est une calcarénite à ciment micritique, contenant en outre, de nombreux quartz détritiques anguleux et des grains ronds de collophanite. On rencontre également çà et là quelques paillettes de mica blanc plus ou moins épigénisées par de la calcite. Quelques Foraminifères, surtout des Globigérinidés, sont parfois remplis par du quartz limpide, d'origine secondaire. On remarquera avec Cayeux (1935), que la teneur en glauconie semble varier dans le même sens que la teneur en quartz.

#### - 42, Cénomaniens du Boulonnais - Pas-de-Calais

C'est la "craie marneuse" grise à *Kingena lima* (A. Bonte, 1969), de la falaise s'étendant au S du Cran d'Escalles.

Les prélèvements extrêmes d'échantillons sont séparés par une distance de 1 km, (04 dans le Cran). L'observation en lame mince permet de définir cette roche comme une micrite quartzo-micacée à Globigérinidés. Indépendamment du quartz (en petits grains anguleux) et du mica blanc en fines paillettes, on peut reconnaître de la glauconie et un peu de collophanite (de plus en plus rares au fur et à mesure que l'on s'éloigne du tourtia vers le cran), un peu de tourmaline et de sulfure à l'état très diffus. Tous ces minéraux ont déjà été décrits par les auteurs, notamment Cayeux (1935).

#### - 43, Craie blanche sénonienne - Nord et Pas-de-Calais

Des échantillons ont été prélevés en deux endroits : dans le Boulonnais, le long de la route N. 40 à 1 km au N d'Escalles (01 à 04) et dans la région lilloise (05 à 1943) très exactement dans la carrière des ciments d'Haubourdin.

Le détail de l'échantillonnage du front nord (en entrant dans l'exploitation) est donné dans la figure 42.

C'est la craie coniacienne abondamment décrite par les auteurs (L. Cayeux, 1935, B. Fenet, 1965). Biomicrite à Foraminifères planctoniques, en lame mince cette roche s'apparente assez bien aux "Packed biomicrite" des auteurs anglo-saxons (R.L. Folk, 1962). La calcite cryptocristalline, parfois dismicritique (05-06) contient une grande quantité de Foraminifères planctoniques (Globigérinidés, Globotruncanidés, Textulariidés), des spicules de Spongiaires, quelques entroques, des débris de coquilles de Mollusques et notamment dans la carrière d'Haubourdin de très nombreux "prismes" de coquilles d'Inocérames.

On reconnaît quelques grains de glauconie, assez rares, bien individualisés ou en épigénie de petits minéraux ou de loges de Foraminifères (1443)

et surtout au Blanc-Nez, un peu de phosphate de chaux sous forme de collophane ayant pu recristalliser en apatite.

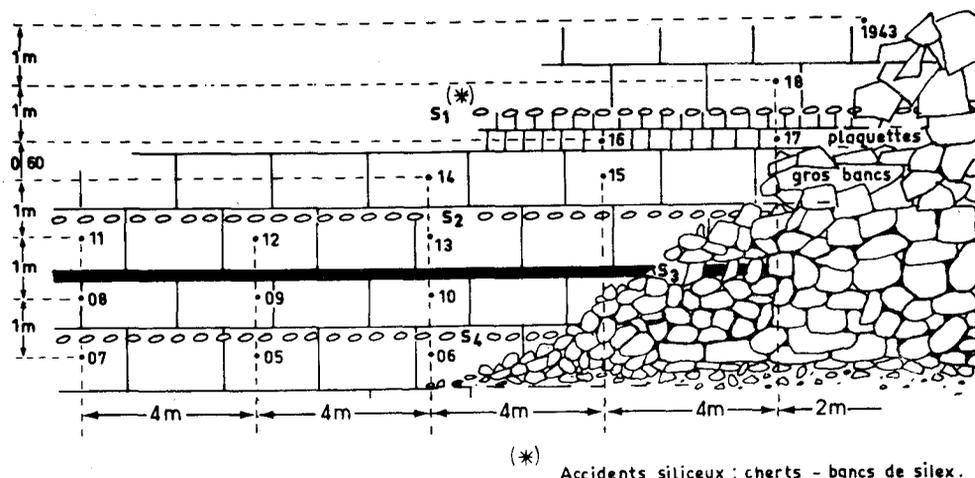


Fig. 42.- Échantillonnage du Sénonien dans la carrière d'Haubourdin

- 45, Givétien supérieur du bord sud du synclinal de Dinant - Ardennes

Ce calcaire a été prélevé à la sortie sud de Givet au N des carrières des Trois-Fontaines (G. Waterlot 1969), dans les bancs épais à pendage est, de l'autre côté de la voie ferrée par rapport à la Meuse.

De teinte foncée, la roche se présente en gros bancs recoupés de filons de calcite recristallisée.

On peut distinguer en O1 des "calcisphères", des débris d'algues et des prismes de coquilles de mollusques d'origine variée. O2 est suffisamment riche en débris de coquilles pour en faire un calcaire coquillier à "calcisphères" et quelques entroques. Les deux échantillons (surtout O1) sont pratiquement identiques à O6 et O721 (Givétien de Couvin).

- 46, Viséen du Boulonnais - Pas-de-Calais (Pl. 3, Fig. 1)

C'est le marbre "Lunel" (A. Bonte, 1969) exploité actuellement au fond de la carrière des Marbres du Boulonnais à Blecquenecques (c. f. O128). L'échantillonnage a été effectué en étoile dans des bancs massifs sub-horizontaux.

O1 et O2, échantillons supérieurs, sont distants de 60 m; O3 et O4, prélevés 12 mètres plus bas, sont en regard respectivement de O1 et O2. O5 occupe approximativement le centre de l'échantillonnage.

Il s'agit d'un calcaire périrécifal qui permet d'observer deux types

principaux de faciès :

a) Structure hétérogène (Pl. 4, fig. 2) assez grossière comprenant de nombreux éléments d'origine organique : débris de coquilles de divers Mollusques, entroques et radioles, "calcisphères", *Endothyra*, Polypiers, Algues, (largement cristallisés), noyés dans un ciment cryptocristallin grumeleux (01-03-04-05).

b) Structure oolitique ancienne avec des oolites dont on reconnaît encore la structure concentrique et radiée et de nombreuses fausses oolites cryptocristallines noyées dans un ciment spathique microgrenu (02). On notera quelques rares zones non oolitiques à structure et composition identiques à celles des échantillons 01-03-04-05.

#### - 47, Calcaires micritiques du Jura - Doubs

Les cinq prélèvements considérés semblent pétrographiquement identiques bien que l'échantillonnage concerne divers étages et une région assez étendue.

01, 02 et 05 représentent le Séquanien inférieur des abords immédiats de Besançon, (01 et 02 route d'Arguel le long de la route D. 111, et 05, chemin de la chapelle des buis à quelques centaines de mètres de la route N. 83).

Quant aux échantillons 03 et 04, ils proviennent du Kimméridgien des sources de la Loue.

Dans tous les échantillons, la roche est massive, de couleur "café au lait" et de structure micritique, à dismicritique noduleux. On rencontre un peu de pyrite (01) et de quartz très diffus (1,52 % SiO<sub>2</sub> dans 01). Pétrographiquement les différences Séquanien-Kimméridgien ne sont pas perceptibles, de même à l'analyse chimique, sauf peut-être par l'intermédiaire de certaines traces.

#### - 48, Tithonique de la région de Chambéry - Savoie (Pl. 5, fig. 3)

Les échantillons proviennent de la Montagne de l'Epine exactement au Col de l'Epine, le long de la N. 516.

Il s'agit d'un calcaire blanc-crème, d'aspect compact qui présente des niveaux micritiques sans faune (04), avec un peu de pyrite et des niveaux riches en *Clypéina jurassica*. C'est alors un calcaire noduleux, grumeleux (à Dasycladacées), dans lequel on rencontre également quelques rares coquilles de Mollusques.

#### - 49, Frasnien moyen de la région de Namur - BELGIQUE (Pl. 6, fig. 1)

L'échantillonnage a été effectué à Golzennes au N W de Namur dans le calcaire de l'assise supérieure du Frasnien moyen (assise de Rhines).

La roche à texture massive, en gros bancs, à cassure noire mate et à patine d'un blanc-grisâtre caractéristique (A. Carozzi, 1953) est un calcaire micritique sapropélien à Ostracodes (boues à Ostracodes : L. Cayeux, 1935) qui contient un peu de quartz très finement dispersé et de la pyrite bien cristallisée en cubes, (l'analyse chimique confirme la présence de sulfures).

- 50, Viséen des régions de Dinant et de Basècles - BELGIQUE (Pl. 6, fig. 2)

Neuf échantillons de cet étage ont été prélevés en Belgique, cinq à Dinant, sur la rive droite de la Meuse à proximité du Rocher-Bayard (il s'agit du Viséen inférieur), et quatre dans le Viséen moyen d'une carrière sise à la sortie S W de Basècles (06 à 0950).

C'est une roche noire, d'aspect compact, à cassure mate et à patine grisâtre. En fait, il s'agit d'une "biomicrite" (R.L. Folk, 1962), sapropéli-fère ou noduleuse à "calcisphères" et Ostracodes.

Lorsque les nodules existent, ils se fondent dans la masse de la roche et ne se distinguent pas toujours, Dans ce cas, on n'observe pas d'orientation préférencielle (01-02-05). Lorsque les nodules sont absents, la roche est très finement litée, tous les éléments allongés étant orientés parallèlement à la stratification. (03-04-07-08-09). Dans ce cas, les facules de substances sapropéliques s'étirent et soulignent cette disposition.

Enfin, un échantillon (06) montre quelques *Endothyra*, on y observe également à l'état diffus, une certaine quantité de sulfures.

- 52, "Virgulien" de la région de Belley - Ain (Pl. 6, fig. 3)

Les échantillons ont été récoltés à 4 km à l'W de Belley, sur la rive W du Lac d'Armaille. C'est le calcaire bitumeux kimméridgien, à structure finement zonée, abondamment décrit par les auteurs (L. Cayeux, 1935).

Les prélèvements concernant ce travail confirment, en lame mince, les descriptions de Cayeux. On observe en effet dans le cas général des lits ou de petits bancs de calcaire de couleur "crème", micritique, contenant un peu de quartz xénomorphe ainsi qu'une faune d'Ostracodes et de Radiolaires calcifiés assez rares avec, en alternance, des zones bitumineuses finement stratifiées contenant également quelques Ostracodes et surtout des Radiolaires calcifiés. La présence de sulfures, relevée par Cayeux (1935) est assez discrète, (le fer ferreux n'est pas décelé à l'analyse chimique). Cependant on

peut observer de nombreuses traces d'oxydation et quelques cristaux de pyrite presque totalement oxydés. Il est certain que la carrière du Lac d'Armaille étant abandonnée depuis fort longtemps, l'altération superficielle a pu agir profondément sur les échantillons prélevés en surface.

On remarquera certains petits niveaux contenant d'importantes teneurs en quartz, notamment en O1. Là se trouvent concentrés, la matière bitumineuse et de nombreux Radiolaires. La silice a épigénisé l'intérieur des Ostracodes. Le quartz s'y rencontre en amas, séparés par de la substance organique et dans ces amas, les cristaux, petits, s'arrangent ainsi que dans un quartzite. Les délits sont tapissés de calcédoine qui forme une limite continue entre le calcaire micritique et le grès.

De même, on doit préciser la présence dans certains bancs micritiques d'une sorte de variation verticale rapide dans la structure, qui peut être récurrente. Ainsi, 0552 est dans l'ensemble une "biomicrite" noduleuse à Foraminifères planctoniques. Cependant sur quelques centimètres, on peut observer en passage progressif, de bas en haut :

- une micrite franche;
- une biomicrite noduleuse;
- une biosparite noduleuse (le ciment devenant de plus en plus spathique);
- des lits de substance bitumineuse;
- et à nouveau une micrite franche.

Bien que dans cette transformation progressive, le ciment passe de l'état micritique à l'état spathique, les nodules restent cryptocristallins et renferment soit des sphérolites de substance bitumineuse, qui réagissent sur la lumière polarisée, (hatchettite), soit des Foraminifères encroûtés.

Il semble bien que ces nodules se soient formés aux dépens de la boue calcaire avant que celle-ci ne soit consolidée.

Enfin, dans quelques échantillons (02-03), il paraît y avoir quelques amas de collophanite.

On rappellera que selon les auteurs, l'imprégnation est contemporaine du dépôt.

#### - 53, Lutétien supérieur d'Agel - Hérault (Pl. 6, fig. 4)

L'échantillonnage a été effectué dans de petites carrières désaffectées, au N d'Agel, à environ 500 m de la route D. 20 au lieu-dit "Peyremale".

O1 à O7 proviennent de l'escarpement faisant face au S tandis que O8 à O10 ont été prélevés 50 m derrière, dans des bancs stratigraphiquement plus

élevés de quelques mètres. C'est un sédiment rouge-brunâtre d'eau douce caractéristique, à Characées et Planorbes (L. Barrabé et al., 1948), qui se présente sous la forme d'une biomicrite à Characées (01 à 07), ou d'une biomicrite lumachellique à Planorbes (08 à 10), imprégnée de substance asphaltique diffuse dans toute la masse de la roche et d'apparition secondaire selon les auteurs (L. Cayeux, 1935).

Outre les traits caractéristiques précités, on soulignera la présence de nombreux filaments algaires, d'Ostracodes et d'un peu de quartz très rare. Il y a accumulation de substance asphaltique dans la plupart des oogones de Characées, ce qui, à l'oeil nu, donne un aspect ponctué de noir à certaines cassures de la roche.

- 54, Calcaires concrétionnés de la Limagne - Puy-de-Dôme (Pl. 8, fig. 2)

Ce sont les calcaires lacustres, d'âge Stampien supérieur à concrétions constituées par des tubes de Phryganes (P. Lapadu-Hargues, 1965) ou des indusies (J. Bertrand - Sarfati et al., 1966). Les échantillons proviennent tous d'une carrière abandonnée dans le faubourg St-James à Gannat.

Il faut y distinguer les prélèvements effectués dans les concrétions (01-02-05) et ceux effectués dans les calcaires encaissants (03-04).

01-02-05 : Des lames minces taillées à travers un "tube de Phrygane" (01-02), ou une accumulation d'Indusies (05), montrent une disposition fibro-radiée du carbonate de calcium, dessinant une structure identique à celle des Stromatolites (J. Bertrand - Sarfati et al., 1966). Au centre ou à la périphérie se concentrent de petits organismes sphériques attribués aux Chloréllopsis (P. Raynal, 1953). De la calcite microgranulaire a recristallisé dans les anfractuosités.

03 - 04 : Ils sont représentés par un calcaire grossier graveleux, à peine consolidé, dans lequel on reconnaît des débris remaniés de calcaire à Chloréllopsis, des morceaux de coquilles de Mollusques variés, quelques oolites et d'assez nombreuses fausses oolites, (04).

- 55, Calcaire de St-Ouen - Oise (Pl. 8, fig. 3)

Les échantillons analysés proviennent de la région de Fleurines. Ils ont été recueillis dans une petite carrière en voie de comblement à deux kilomètres au S E de Fleurines sur le Mt Alta exactement au lieu-dit "Carrefour de l'Arbre à Fougères". Il y a là un affleurement de quelques mètres d'épaisseur sur une cinquantaine de mètres de long. On peut y observer 2 séries

de petits bancs de calcaire beige-clair séparés par un banc marneux, (fig. 43).

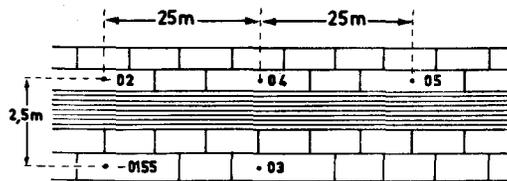


Fig. 43.- Echantillonnage du calcaire de St-Ouen

Ce calcaire lacustre du Bartonien moyen montre à l'endroit du prélèvement deux faciès légèrement différents soit :

a) à la base de l'affleurement, sous le banc marneux, une roche plus tendre, (percée d'alvéoles ayant contenu de petits Gastéropodes), à nombreuses oogones de Characées recristallisées et creuses, donc une biomicrite à Characées, Ostracodes et petits Gastéropodes avec un peu de quartz détritique (01-03).

b) au-dessus du banc marneux, un calcaire compact dur, beige-clair, à cassure coupante qui ne contient pas de Characées. Il s'agit d'une biomicrite à Ostracodes, Gastéropodes petits et surtout contenant d'assez nombreux petits Foraminifères *Discorbis bractifera* "indiquant probablement une influence lagunaire" (A. Blondeau et al., 1967).

#### - 58. Séquanien du Boulonnais - Pas-de-Calais

Les échantillons ont été recueillis à partir de plusieurs affleurements :

- 01-02 : près de Ausques à 2 km à l'E de Tardinghen.
- 03 : 2,5 km au S E de Wirwignes au lieu-dit "la Plaine du Bellanoy".
- 04 : le long de la route N. Pl de Marquise vers Boulogne au lieu-dit "Le Bois Pierrot".
- 05-06 : au carrefour des routes D. 242 et D. 238.
- 07 : au carrefour des routes D. 232 et D. 242, au S de Hesdres.

Tous ces échantillons furent choisis dans l'oolite d'Hesdin-Labbé (A. Bonte 1969). C'est un calcaire oolitique grossier qui contient un pourcentage non négligeable de quartz détritique, et de nombreux débris d'organismes variés. Il est possible de relever dans les échantillons :

- des sections de coralliaires isolés;
- des morceaux de coquille de Lamellibranche;
- des coquilles de petits Gastéropodes;

- des Foraminifères (Textulariidés bisériés, Lagénidés);
- des radioles d'Oursins;
- des Algues siphonnées, encroûtées.

Les oolites, à texture essentiellement concentrique, constituent la majeure partie de la roche; leur nucléus peut être un grain de quartz, un Foraminifère, un morceau de radiole, une Algue siphonnée etc... Le ciment est spathique microgrenu (03) ou micritique (07) ou encore intermédiaire. Le quartz se rencontre soit en nucléus, soit dans les zones micritiques du ciment. Le cas de 0558 est spécial : il correspond à un niveau de toutes petites oolites mal définies, pouvant n'être que de fausses oolites. Des teneurs importantes en alumine subsistent, et c'est paradoxal, même là où le ciment paraît essentiellement spathique. Ceci suggère la présence de minéraux argileux autour des oolites qui justement sont mal cristallisées et formées de matière micritique agissant peu sur la lumière polarisée. Ainsi les oolites appartiendraient au type se formant, non par précipitation directe du carbonate entre deux eaux, mais par roulage des nucléus sur le fond marin.

- 59, Calcaire oolitique lacustre, Oligocène de Chaptuzat - Puy-de-Dôme

Des échantillons ont été recueillis dans une carrière abandonnée située entre Chaptuzat et Venzat à environ 800 m au sud de cette dernière localité. Il s'agit d'un aspect particulier du Stampien, constitué par un calcaire oolitique à éléments détritiques nombreux. Les échantillons récoltés montrent, noyés dans un ciment lacuneux (J. Jung, 1963), et parfois absent :

- des oolites à structure concentrique et radiée;
- très peu d'un ciment calcique micritique;
- de fausses oolites;
- des débris assez rares d'Ostracodes (L. Cayeux, 1935);
- des minéraux détritiques nombreux, soit par ordre de fréquence décroissant :
  - a) une grande quantité de quartz, libres ou en nucléus;
  - b) de l'orthose ± altéré (les teneurs élevées en potassium le confirment);
  - c) des plagioclases (probablement de l'andésine);
  - d) de la barytine;
  - e) de la tourmaline (assez rare).

L'Oligocène de Chaptuzat se distingue par sa richesse minéralogique due à la proximité de la zone d'alimentation de ce sédiment détritique.

Remarque : La barytine, assez altérée, était difficilement déterminable en lame

mince. Cependant sa présence fut recherchée à cause des importantes concentrations en baryum décelées par fluorescence X.

On notera deux points principaux, ainsi mis en évidence :

- dans le Massif Central Français la remise en circulation du baryum est antéoligocène;
- la zone d'alimentation détritique des sédiments lacustres étudiés ne peut être que le granite de Champ, tout proche et riche en barytine (J. Grolier 1965).

- 60, Calcaire métamorphique de St-Léon - Allier (Pl. 12, fig. 1)

Tous les échantillons furent prélevés dans la carrière des Gouttes-Pommiers à environ 4,5 km au N de St-Léon, en collaboration avec Di Nota (1967)\*.

La roche est considérée comme l'équivalent stratigraphique du calcaire de Diou (Frasnien) métamorphisé au contact des granites du Charollais (F. Grandjéan, et al., 1940).

C'est un calcaire métamorphique très pur, à texture massive, d'aspect saccharoïde. Sa structure granoblastique est due à une recristallisation de la calcite, en mosaïque, qui constitue à elle seule la quasi totalité de la roche, exception faite de quelques petits cristaux de phlogopite et quelques traces de minéraux opaques.

Vu la pureté de ces échantillons et le manque de minéraux autre que la calcite, il est difficile d'évaluer le degré de métamorphisme de cette roche.

- 61, Calcaire de Corps-Nuds et de St-Thurial - Ille-et-Vilaine

Ces roches appartiennent à la zone supérieure des schistes et poudingues de Gourin, d'âge Briovérien (Ch. Barrois et P. Pruvost, 1938).

On peut d'une manière générale réunir les échantillons correspondants sous le vocable de calcarénite à ciment carbonaté microgranulaire. Cependant, il vaut mieux considérer séparément les deux séries d'échantillons, récoltées l'une, dans la région de Corps-Nuds (01 à 06 carrière de Corps-Nuds 250 m à l'W du lieu-dit "Launay-Garnier"), l'autre dans l'anticlinal de St-Thurial (11 à 17 : carrière contre l'Eglise de St-Thurial).

Les échantillons correspondent parfaitement aux définitions qu'en ont faites Barrois et Pruvost (1929).

---

\* : Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

- A Corps-Nuds : (Pl. 9, fig. 1 et 2) : "Calcaire bleuâtre, impur, à lits de composition variable, inégalement chargés de quartz, alumine, fer, pyrite, allant des calcaires à peu près purs aux grès calcareux" (06) (Ch. Barrois et P. Pruvost 1938).

Cette calcarénite contient outre du quartz anguleux ou en nodules cryptocristallins, de la séricite, de fines paillettes de mica blanc parfois chloritisé, des plagioclases (probablement oligoclase An 30) et un peu de tourmaline. La roche est finement rubanée par de la pyrite très divisée ou cristalline. On peut rencontrer quelques zircons (0361). On remarquera que la phase détritique contient tous les éléments d'une roche éruptive à caractère calcosodique.

- A St-Thurial : (Pl. 9, fig. 3 et 4) : On retrouve une roche sensiblement identique à la précédente, mais contenant de nombreuses oolites dans tous les stades de la recristallisation. "Toutes les modifications subies par les oolites... peuvent s'observer dans les calcaires de St-Thurial". (L. Cayeux 1935). On remarque également la présence de nodules de substance carbonneuse (1161) ou de débris de calcaires oolitiques (1461) remaniés. Il semblerait que ce qui se rapporte aux oolites ne soit pas contemporain du sédiment lui-même mais corresponde aux éléments remaniés d'un sédiment antérieur.

Tous les termes de passage existent entre le calcaire gréseux "et le grès calcareux", (1661).

- 64, Le Calcaire métamorphique de Sussac - Haute-Vienne (Pl. 10, fig. 3)

Ce calcaire a été décrit en détail par Chenevoy (1958) qui précise que des cipolins de Sussac cités par les auteurs, il n'a retrouvé que ceux situés près de Beauvais, au S W de Sussac, ainsi que quelques lits dans la carrière dite de la "Combade".

En 1965, ces affleurements étaient difficiles à repérer par suite des comblements et du retour à la végétation.

En fait, il ne restait plus que quelques chicots derrière le Moulin de Beauvais, à proximité du lit du ruisseau. Les deux échantillons prélevés correspondent aux descriptions de Chenevoy. Il s'agit d'une roche de teinte sombre grisâtre à structure granoblastique (01) ou hétérogranulaire (02), emballée dans des gneiss à deux micas. Un certain litage est imputable aux minéraux opaques (pyrite, oligiste et ilménite) qui, bien que diffus dans la roche ont tendance à se rassembler en lits. Contribue à cette anisotropie, l'orientation des cristaux de calcite parallèlement au litage. Les deux échantillons

prélevés diffèrent toutefois dans leur composition minéralogique. O2 plus près du gneiss encaissant, plus pauvre en chaux, est notablement plus riche en silice et en alumine, ce que traduit l'apparition d'une importante quantité de biotite, de quartz et de plagioclase acide (oligoclase An 20). Le quartz est moins bien représenté en O1 et le plagioclase correspond à de l'Andésine An 30. A noter encore un peu de mica blanc et de sphène, communs aux deux échantillons. Les teneurs non négligeables en magnésie, à peu près identiques dans les deux prélèvements, suggèrent qu'il doit exister en O1 un peu de dolomite secondaire. Les paragenèses observées et les résultats de l'analyse chimique indiquent un métamorphisme de calcaire marneux (O1) et de calcarénite argileuse (O2).

- 66, "Cipolin de Peyralbe" - Cantal (Pl. 10, fig. 1 et 2)

Plusieurs affleurements de ce calcaire métamorphique sont connus dans la "série de la moyenne Dordogne" (A. Roques 1941) : en bordure de la route N. 682, entre le hameau de Peyralbe et le Pont de St-Projet, sur la Dordogne (P. Tempier, 1966).

Ces roches sont interstratifiées dans des gneiss à biotite et sillimanite. Pribile (1959) signale, outre la calcite prédominante, de la biotite, de l'apatite en abondance, des plagioclases séricitisés, un peu de quartz, de sphène, et d'ilménite, avec en certains points des filonnets feldspathiques à microline. Tempier (1966) y ajoute du diopside, du grossulaire et de la forstérite.

Parmi les sept affleurements signalés par Tempier, j'ai étudié plus précisément celui noté par Roques (1941), qui est situé au voisinage d'anciens fours à chaux en bordure de la route N. 682 dans le lacet du lieu-dit "Maison Neuve", environ 1 km au N E de la Forestie.

Les quatre premiers échantillons proviennent d'un gisement de surface restreinte (une dizaine de mètres), se présentant sous la forme de piton rocheux, montrant une zonation sub-horizontale mais un délit ou stratification grossière, sub-verticale. O5 et O6 ont été recueillis 50 m à l'W, en un point où la végétation n'avait pas recouvert le calcaire autrefois exploité (O6) et son contact (O5).

A l'exception de O6 qui est une roche blanche saccharoïde massive, les échantillons sont assez sombres parfois grossièrement rubanés par des niveaux où sont concentrés les minéraux opaques et beaucoup de minéraux altérés, réunis parfois en amygdales plus ou moins alignés (O1-O3-O4). La structure généralement granoblastique peut devenir hétérogène dans les zones d'altération.

On observe : du quartz, de la biotite et du phlogopite, des plagioclases rarement sains (probablement andésine An 35), du sphène, de l'ilménite,

de la pyrite et de l'oligiste dans tous les échantillons, du microcline, isolé ou en filonnets (03-04-05), de l'apatite (03-04-06), et exceptionnellement un peu de ferrohyperstène (05). Tous ces minéraux sauf l'hyperstène, le microcline et le sphène alors absents, se rencontrent à l'état diffus et en très faible quantité dans 06.

Les plagioclases sont concentrés au niveau des zones altérées (avec les op<sup>a</sup>ques et l'hyperstène, quand il existe) tandis que ces mêmes endroits sont généralement exempts de biotite et de microcline.

Remarque : L'existence d'une stratification sub-verticale, pressentie localement, semble confirmée dans l'étude des quatre premiers échantillons. 0166 et 0266, pris sur une même verticale, sont parfaitement identiques du point de vue minéralogique et très voisins quant à la teneur en chaux. Lorsque l'on s'éloigne vers l'E apparaît le microcline avec 0367 et 0467 où sa teneur augmente. Par ailleurs la concentration en chaux croît de 3 % environ dans le même temps, rendant identiques, quant à ce critère, les échantillons voisins 0366 et 0466.

Les renseignements, apportés par les paragenèses observées, sont minces mais, se référant aux descriptions régionales, on peut estimer que ces calcaires métamorphiques dérivent d'une calcarénite argileuse faisant suite à un calcaire relativement pur, l'ensemble étant plus ou moins dolomitique et ayant subi les effets d'un métamorphisme intense.

#### - 67, Calcaires métamorphiques de Savennes - Corrèze (Pl. 10, fig. 4)

Ce sont des cipolins rubanés, bleutés, situés en lentilles dans les gneiss à biotite et sillimanite (M. Roques et al., 1965). Bigonnet (1960) décrit un calcaire saccharoïde du gîte de la gare de Savennes (01-02) : calcite bien recristallisée, amphiboles, pyrite et phlogopite. Grolier (1965) et Debrabant (1967) ont fait une étude comparative (stratigraphique et géochimique) avec les cipolins de la série de la Sioule.

Les échantillons étudiés ont été prélevés au voisinage de la gare du Decauville au lieu-dit "Crémon" au N W de Savennes. 01 et 02 proviennent de l'escarpement derrière le four à chaux et les autres échantillons, de trois petits affleurements 1 km à l'E, sur le côté droit de la route longeant le ruisseau de la Barricale, où l'on retrouve, sur quelques mètres de hauteur, une alternance de bancs de cipolin massif ou en plaquettes avec des intercalations de gneiss quartzitique très fin à biotite (04-09-10) et sillimanite. Les trois coupes (A), (B), (C) sont schématisées fig. 19 (Volume 1), (A) étant la plus à l'E.

Sur les 14 échantillons prélevés, n'ont été retenus, dans la catégorie roche carbonatée, que 01-02, 05 à 08, 12 et 1367, soit 8 échantillons. La structure, généralement granoblastique, largement cristalline, peut devenir hétérogranulaire au niveau des lits sombres de cette roche rubanée (05) ou même cryptocristalline, lorsque la teneur en quartz augmente (1367).

Dans la composition minéralogique, on notera la pauvreté en minéraux de métamorphisme des échantillons 01 et 02, où l'on observe, à l'exception de la calcite que très peu de phlogopite trémolite, pyrite, sphène et quelques cristaux de wollastonite (01).

Dans les échantillons de "La Barricade", où la trémolite est rare (08 seul en contient), le sphène, la phlogopite et la wollastonite (07-08-12) sont accompagnés de quartz, de plagioclases souvent très altérés (oligoclase andésine) dans tous les échantillons et de diopside (sauf 13). On soulignera la présence d'un peu d'épidote au contact cipolin-gneiss et le fait que l'oligiste (07-13) ou l'ilménite (13) peuvent accompagner la pyrite.

De la dolomie secondaire peut apparaître en pseudomorphose de minéraux.

On observe parfois deux générations de calcite (02) dont certains cristaux sont poeciloblastiques. Des phlogopites sont alors tordus par une croissance différencielle de la calcite voisine et présentent une extinction roulante.

A ce propos, on décrira particulièrement 1367.

Ce calcaire métamorphique, très siliceux, possède un débit en dalles de 5 à 10 cm d'épaisseur. Il est très faiblement rubané et la répartition de la calcite est extrêmement variable; tantôt elle forme une sorte de trame cryptocristalline (manifestement secondaire), tantôt elle cristallise largement, donnant à la roche une structure granoblastique. A côté de la calcite, beaucoup de quartz à extinction roulante, de chlorite fibreuse ou cryptocristalline, de pyrite et surtout d'apatite bien cristallisée (teneur la plus importante en  $P_2O_5$ ).

On précisera enfin que dans l'ensemble, le cipolin de Savennes, riche en calcite largement cristallisée en mosaïque, est irrégulièrement rubané par des lits sombres formés parfois de nodules d'altération, ovoïdes, alignés, riches en sphène et pyrite (11) auxquels peuvent venir se joindre l'épidote (05), des plagioclases altérés et du diopside.

D'après l'observation microscopique, il semble qu'il soit possible de considérer les trois affleurements de la Barricade comme un seul et même gisement dont la partie supérieure (ou inférieure) serait située au niveau de

l'affleurement (C) sous (ou sur) les gneiss à biotite. Pour plus de facilité, on considèrera l'ensemble comme se trouvant dans un ordre normal. Les roches de (C) (fig. 20) doivent reposer par 1267 sur les plaquettes 1167 de (B) soit directement, soit par l'intermédiaire d'une faible épaisseur de roche non observable à l'affleurement. (B) repose par l'intermédiaire des gneiss fins (leptyniques), 1067 et 0967 sur (A), dont on ne voit pas la base. Cette liaison entre les leptynites des types 0967 et 1067 est confirmée, non seulement par la texture de ces roches, voisines dans l'espace, mais surtout par l'identité de leurs compositions minéralogiques et chimiques (vol. 1 chapitre X).

A priori une autre possibilité était envisageable, à savoir, mettre en parallèle les plaquettes de 0467 avec celles de 1067, mais le vide à combler entre ces roches chimiquement et minéralogiquement voisines est plus large. Par ailleurs les teneurs en micas blancs secondaires et en plagioclases acides sont comparables entre 09 et 10 alors qu'il semble y en avoir moins en 04, d'ailleurs plus calcique (fait corroboré par l'analyse chimique). Enfin les teneurs en Ba et Sr tranchent parfaitement la question. En effet 09 et 10 sont parfaitement homogènes vis à vis de ces deux éléments, tandis que l'on voit croître fortement les teneurs en Ba et Sr en 04, à tel point que le rapport Sr/Ba s'y trouve renversé. Ba joue ici le rôle d'un excellent traceur géochimique.

En résumé, dans la vallée de la Barricade on pourra donc observer environ 6 m d'une alternance de calcaires métamorphiques et de gneiss leptyniques emballés dans des gneiss à biotite. Les niveaux leptyniques sont environ dix fois plus riches en CaO que le gneiss encaissant, ce qui permet de les engager dans le même ensemble stratigraphique que les calcaires métamorphiques et de les étudier simultanément dans certains cas.

L'épidote ne se manifeste qu'au contact se produisant entre deux roches de natures différentes au niveau de 1167, ainsi que dans le calcaire le plus éloigné du gneiss encaissant soit en 0567, où elle est d'ailleurs associée aux plagioclases.

Les paragenèses observées :

Calcite ± diopside ± wollastonite ± plagioclases ainsi que la présence discrète de sillimanite dans une des leptynites interstratifiées (1067), suggèrent que le métamorphisme au niveau du cipolin de Savennes a atteint le degré du faciès B. 2. 3. (H.G.F. Winkler 1965). Ce fait est confirmé par la grande quantité de sillimanites entrant dans la composition du gneiss encaissant.

Schématiquement, l'affleurement de la Barricade représente le métamorphisme d'une alternance de pelites faiblement carbonatées et de bancs cal-

caires plus ou moins dolomitiques.

- 68. Les cipolins de la série de la Sioule - Puy-de-Dôme et Allier

Sous la référence 68 ont été regroupés des échantillons provenant de trois gisements différents, apparaissant en lentilles assimilées, selon les auteurs, à un même niveau stratigraphique.

Il s'agit des calcaires métamorphiques de Malmouche, Moureuille et la Chaume-des-Veaux, déjà abondamment étudiés dans le détail par les auteurs (J. Grolier, 1965, P. Debrabant, 1967).

Ces lentilles carbonatées de faible extension verticale et horizontale, sont interstratifiées dans des gneiss à biotite et sillimanite, en bordure de la zone de gneiss à deux micas. Jung (1946) a supposé qu'il s'agissait là de calcaires à caractère "récifal", faisant partie d'une ancienne sédimentation plus ou moins détritique.

Pour plus de facilité, on étudiera successivement les roches issues des trois gisements.

MALMOUCHE (01-08).

L'affleurement est situé à environ 1,5 km au N E de Menat (G. Garde, 1920). Il s'agit d'une ancienne carrière, qui permet de découvrir, de bas en haut, la coupe schématisée fig. 44 (J. Grolier, 1965).

Du point de vue pétrographique on peut observer une roche gris-bleuté, finement litée, à l'aspect rubané, de structure granoblastique, (Pl. 11, fig. 1), parfois hétérogranulaire. Dans la plupart des échantillons, la calcite a recristallisé largement en mosaïque. On signalera qu'il semble y avoir deux générations de calcite; la deuxième, qui a tordu certains cristaux de phlogopite, est plus finement cristallisée et nettement plus transparente (01). Cette deuxième cristallisation renforce l'impression de dolomitisation secondaire des minéraux de métamorphisme de certains échantillons (03), observations corroborées par l'analyse chimique qui montre les teneurs en MgO trop élevées pour la quantité de silicates de métamorphisme magnésiens offerts. Ce phénomène présente certaines analogies avec des observations effectuées dans les Vosges (Le Chippal, St-Philippe). Outre la dolomite et la calcite, on signalera un peu de trémolite et de phlogopite dans tous les échantillons, du diopside (03-06), de l'épidote (01-02-04), un peu de quartz (01-04-05-06), des minéraux très altérés (02-03-04), pouvant être attribués aux humites (iddingsite), un peu d'apatite et de pénnine (déterminée sur 0268 par dif-

fractométrie X), ainsi que du plagioclase (04-05-06). Le rubanement est obtenu par concentration de pyrite (diagramme de poudre en 01 et 07) et de sphène microgranulaires en certains lits. On notera que l'épidote se présente dans les échantillons les plus éloignés de l'encaissant, tandis que le quartz, le plagioclase et le diopside au contraire, apparaissent surtout au voisinage du gneiss (1 m à 1,20 m) d'où une sorte de "gradient de métamorphisme" se manifestant dans cette lentille de la périphérie vers le centre (*c.f.* cipolins des Vosges).

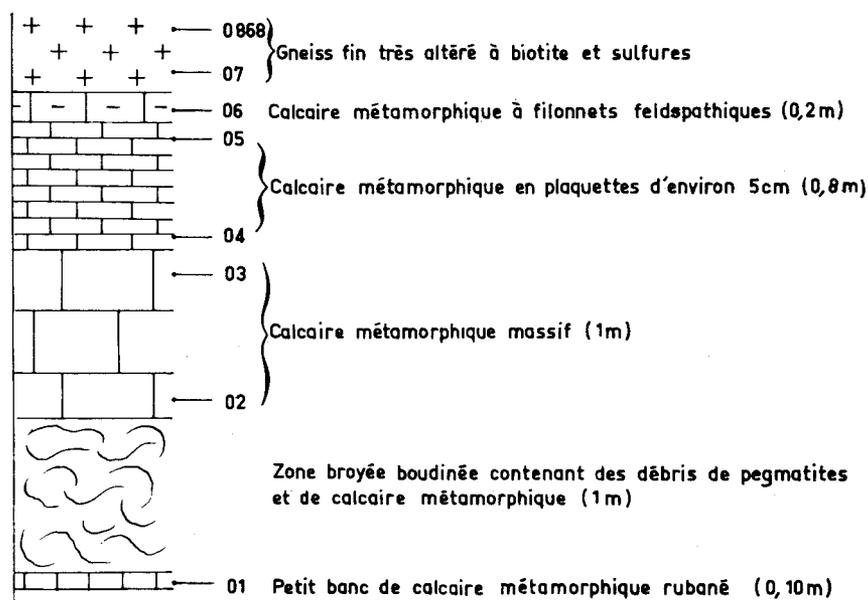


Fig. 44.- Calcaires métamorphiques de la Sioule : gisement de Malmouche

L'étude pétrologique de deux échantillons du gneiss encaissant (07-08) a révélé la présence d'un enrichissement en sulfures à proximité du cipolin (J. Grolier 1965). Des diagrammes de poudre ont permis de distinguer en 07, de la pyrite, de la pyrrhotite et des traces de covellite. La présence de ce dernier sulfure (CuS) est d'ailleurs corroborée par l'analyse spectrochimique qui titre 76 p.p.m. de Cu.

Les paragenèses observées :

calcite ± trémolite ± diopside ± épidote, permettent de penser au métamorphisme d'une série de bancs relativement "purs", d'un calcaire plus ou moins dolomitique.

#### MOUREUILLE (09-19).

Il existe, à 1 km à l'W de Moureuille, une excavation de 7 m de pro-

fondeur en bordure de la route (carrière de plateau) au lieu-dit à l'Etang (L. de Launay, 1894). On y observe verticalement la coupe schématisée par la fig. 45.

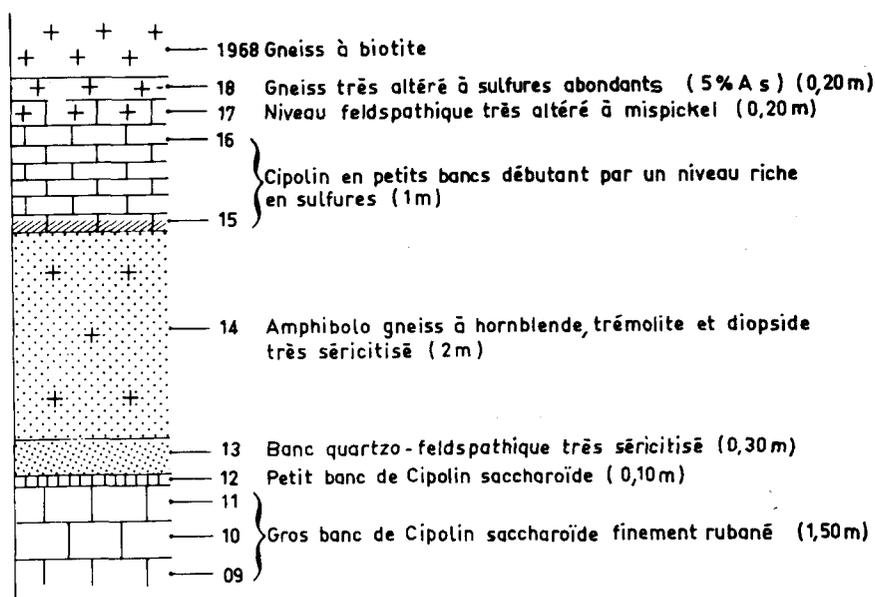


Fig. 45.- Calcaires métamorphiques de la Sioule :  
gisement de Moureuille

Dans cette carrière s'observe une alternance de bancs carbonatés et de bancs silicatés, cependant, même les bancs les plus silicatés contiennent toujours une teneur notable en CaO (12 % en 1468 pour 55 % SiO<sub>2</sub>). Dans cet ensemble, les calcaires métamorphiques proprement dits sont des roches gris-bleuté à structure granoblastique.

Avec l'accroissement des teneurs en SiO<sub>2</sub>, vont apparaître des silicates de métamorphisme (Pl. 11, fig. 2, 3 et 4). On rencontre surtout du diopside (sauf en 09), de la phlogopite souvent associée à la pennine (probablement d'altération des phlogopites) du plagioclase (n'apparaissant qu'à partir de 1568) diffus et altérés ou en filonnets parfaitement limpides, de l'apatite et beaucoup de sphène (tous les échantillons), ainsi qu'un peu de quartz dans les bancs supérieurs. Enfin, un peu d'épidote se remarque à la base du banc inférieur, c'est-à-dire dans l'échantillon le plus éloigné de l'encaissant.

L'aspect rubané de la roche est donné dans certains échantillons, soit par un regroupement de microcristaux de pyrite de pyrrhotite (diagramme de poudre en 12) et d'ilménite, soit par l'association de sphène, de diopside et de feldspath altéré.

Comme à Malmouche, il existe au contact du gneiss encaissant et du cipolin, un enrichissement en sulfures. L'étude chimique de deux échantillons de

gneiss a permis de préciser la présence de mispickel (2 % et 5 % As, respectivement en 17 et 18) et par diagrammes de poudres, de pyrrhotite, d'un peu de blende et surtout de chalcopyrite ( $\text{Cu}_2\text{S}$ ,  $\text{Fe}_2\text{S}_3$ ) dont la présence est confirmée par d'importantes teneurs en Cu observées à l'analyse spectrochimique (640 p.p.m. en 1868).

On notera encore une fois la présence "d'un gradient de métamorphisme" (épidote à la base, diopside, feldspath à la partie supérieure). Enfin, les paragénèses observées dans les bancs carbonatés :

calcite  $\pm$  diopside  $\pm$  trémolite  $\pm$  quartz et dans les bancs silicatés :

plagioclase  $\pm$  horblende  $\pm$  diopside  $\pm$  quartz  $\pm$  biotite  $\pm$  orthose ainsi que les teneurs en MgO permettent de considérer le gisement de Moureuille comme le résultat du métamorphisme d'une alternance de bancs marneux et calcaires plus ou moins dolomitiques.

Remarque : Dans certains niveaux feldspathiques, les feldspaths présentent une réfringence anormalement forte. Il n'est pas impossible d'avoir à faire à des individus du type hyalophane, étant donné les hautes teneurs en baryum.

#### LA CHAUME-DES-VEAUX : (20 à 25).

Les échantillons ont été prélevés dans une petite carrière située à 2,6 km au N d'Echassières, à 200 m de la N 698, où l'on peut observer de bas en haut la coupe schématisée (fig. 46), (J. Grolier, 1965).

Comme les lentilles de Malmouche et de Moureuille, le cipolin de la Chaume-des-Veaux est emballé dans des gneiss à biotite et sillimanite et devrait révéler des paragénèses correspondant à un métamorphisme intense. La roche irrégulièrement rubanée, de structure granoblastique ou hétérogranulaire (24), est, en ce qui concerne les bancs carbonatés, relativement homogène. Elle se caractérise par une large cristallisation de la silice, par la pauvreté en minéraux de métamorphisme et surtout par un aspect altéré parfois prononcé dans certains niveaux.

On rencontre de la phlogopite dans tous les échantillons, de l'apatite, du sphène, du quartz qui apparaît en fait comme minéral secondaire, occupant des vides à contours réguliers entre les cristaux de calcite ou accumulé en amas vermiculaires entourés de pigments ferrugineux représentant manifestement des pseudomorphoses de minéraux préexistants dont il n'est plus possible de deviner la nature. Plusieurs échantillons montrent des amas globulaires de substances ferrugineuses (20-21-22) qui pourraient être des fantômes de humites. De la chlorite (pennine et clinochlore) s'est développée dans plusieurs échantillons (20-23-25) et de rares feldspaths altérés ne font

leur apparition que dans les bancs supérieurs (23). Ceci est analogue aux observations faites à Moureuille et à Malmouche. C'est le seul indice de variation dans la composition minéralogique de ce calcaire métamorphique. Grolier (1965) signale un niveau à amphiboles dans la partie supérieure du gisement. En fait il est difficile de tirer un renseignement irréfutable de ce niveau de faible épaisseur analogue à certains termes de passages (carbonate-gneiss) observés à Moureuille ou comme on le verra ultérieurement dans les calcaires métamorphiques des Vosges.

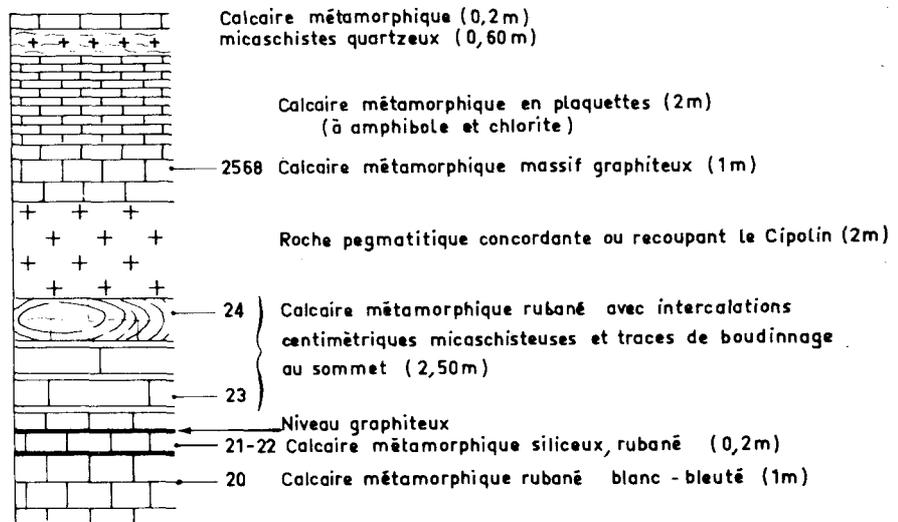


Fig. 46.- Calcaires métamorphiques de la Sioule :  
gisement de la Chaume-des-Veaux

En fait il ne reste pratiquement plus d'amphibole. Ce niveau complètement altéré est actuellement composé de calcite, de pennine (diffractométrie X) qui constitue environ 90 % de la roche, auxquelles s'ajoute un peu de biotite et de sulfure.

La cristallisation de la pennine s'est orientée selon les plans 010 de l'amphibole primitive et la calcite a généralement cristallisé entre ces plans. Quelques fibres originelles rares, en partie intactes, permettent de penser que l'amphibole devait être de la série de l'actinote (trémolite ?). On remarquera que la biotite déjà sérieusement altérée a perdu une partie de son fer et de ce fait sa teinte et son pléochroïsme.

Il est difficile de dégager de ces observations une paragenèse significative et les teneurs en MgO tendent à prouver, vu la pauvreté en silicate de métamorphisme, qu'il y a eu dolomitisation de minéraux préexistants. Cependant, la présence de quelques bancs silicatés interstratifiés dans les bancs carbonatés fait penser (comme à Moureuille) au métamorphisme d'une séquence marno-cal-

caire plus ou moins dolomitique.

Remarque : Dans les trois gisements de la Sioule, existe principalement à l'état diffus une substance graphiteuse. Et l'on rencontre à la Chaume-des-Veaux, à la base de l'affleurement, deux petits niveaux de graphite centimétriques.

- 69, Calcaire métamorphique de la région de Tournon - Ardèche

Les échantillons proviennent de la carrière sise 500 m au S E de Vion, le long de la N. P. 86 (J. M. Peterlongo, 1960). La lentille carbonatée intéressée est emballée avec des amphibolites à cummingtonite, épidote et labrador (spectre de diffractométrie X sur 0469) et des pyroxénites à diopside, dans un granite gneissique (A. Demay et al., 1948). Un état d'altération prononcé caractérise cette roche dont la structure peut être largement granoblastique (calcite bien recristallisée en mosaïque) jusqu'à diablastique (lorsque tous les constituants ont été plus ou moins épigénisés par des minéraux d'altération).

Même dans le prélèvement le mieux conservé, l'altération serpentineuse est presque complète; cependant grâce à quelques reliquats et à la forme des sections minérales serpentinisées par de la bastite ou de l'antigorite, on reconnaît la présence ancienne de diopside et de forstérite.

Dans certaines lames, la serpentine est elle-même secondairement épigénisée par de la dolomite. On signalera quelques petites sections globulaires, saines, d'apatite et de grenat.

La paragénèse :

calcite + diopside + forstérite (sans quartz) précise bien le degré de métamorphisme important confirmé par le "contexte" de migmatite et de granite gneissique à biotite.

- 70, Argovien récifal de la région de Sombacour - Doubs (Pl. 3, fig. 2)

L'échantillon récolté au cours d'une excursion géologique provient du Col des Roches, quelques centaines de mètres au S E de Sombacour. Il a été extrait d'un épais banc calcaire à patine jaunâtre (M. Lemoine et al., 1960b) et cassé à travers une zone à Polypiers. En lame mince, on constate que la roche est une biomicrite à nombreux débris de Polypiers, de Brachiopodes et de Lamellibranches dans lesquels la calcite a cristallisé largement. Le Polypier correspondant à l'échantillon prélevé indique que la recristallisation s'est faite du centre vers la périphérie, où les loges sont encore remplies de substance micritique.

- 71, Barrémien du Lac de St-Point - Doubs (Pl. 5, fig. 4)

Le prélèvement fut effectué sur la rive ouest du Lac de St-Point, à 500 m au S de Port-Titi, dans un récif de Rudistes bien apparent (M. Lemoine 1960b).

Il s'agit d'un calcaire grossier jaune à patine roussâtre, ferrugineuse. La structure, micritique dans l'ensemble peut devenir pseudoolitique, à ciment spathique. Dans le fond cryptocristallin s'observent de nombreux débris organiques, des Foraminifères difficilement déterminables et quelques sections de Dasycladacées des morceaux de coquilles de différents Mollusques.

- 72, Frasnien de Diou-Gilly - Allier

Il faut faire une distinction entre les échantillons provenant de Diou, rive gauche de la Loire, (type 03) et ceux provenant de Gilly, rive droite, (type 04).

- Calcaire de Diou : La structure va de cristalline à grumeleuse avec des pourcentages très variables pour les surfaces respectivement occupées par les deux structures. C'est un calcaire fossilifère à Entroques recristallisées particulièrement nombreuses et Stromatopores (01-03).

- Calcaire de Gilly : Calcaire "marmorisé" (F. Grandjean et al., 1940) gris-bleu, à texture d'apparence massive et structure très hétérogranulaire. On peut y voir outre la calcite formant la quasi totalité de la roche, du quartz automorphe ou xénomorphe, un peu d'apatite (en très fins bâtonnets) et de pyrite, ainsi que quelques restes probablement organiques, lenticulaires allongés parfaitement amorphes. Notons que 0572, avec 2,80 % de MgO, soit 12,81 de dolomite est un calcaire dolomitique.

- 74, Bajocien inférieur de la région d'Ornans - Doubs

Deux échantillons du J<sup>1a</sup> ont été extraits dans une carrière sise au S E de Mamirolle, à proximité de la route N. 461. Les deux prélèvements sont distants de 5 mètres et proviennent de bancs relativement épais d'aspect compact.

C'est un calcaire grossier à Entroques, de structure grenue, dont le ciment spathique a largement cristallisé. On peut y distinguer, outre les débris d'Echinidés (plaques, radioles), de nombreux articles d'Encrine, des débris de Bryozoaires, de coquilles de Mollusques divers et quelques rares Foraminifères enroulés ou bisériés.

- 75, Valanginien du Lac de St-Point - Doubs (Pl. 1, fig. 1)

L'échantillon correspondant provient de la base du Valanginien. C'est un calcaire jaune, oolitique, (M. Dreyfus et al., 1964).

Les oolites bien développées ont une structure concentrique et radiée. Le nucléus est formé très souvent d'un Foraminifère bi-ou trisériel ou d'un prisme de coquille de Lamellibranche.

Le ciment dismicritique indique qu'il devait être à l'origine, lacuneux. On note la présence de quelques Algues siphonnées et du point de vue minéralogique de paillettes d'oligiste assez nombreuses (fait d'ailleurs corroboré par une importante teneur en fer ferrique). Ceci n'a rien d'étonnant, le Valanginien supérieur étant très riche en limonite. La teneur de 1,50 % en silice ne semble pas due au quartz détritique (non visible sur la lame) mais proviendrait plutôt de matériaux argileux probablement illitiques.

- 76, Stampien supérieur du Bassin d'Ebreuil - Puy-de-Dôme (Pl. 8, fig. 4)

Sous le numéro 76 furent recueillis deux échantillons du Stampien supérieur : 01, dans une carrière en activité du Faubourg St-James à Gannat et 02 dans une carrière sise au sommet de la colline à 1 km au N d'Ebreuil. 01 fait en réalité partie des calcaires concrétionnés recueillis à peu près au même endroit, un peu plus à l'W dans une carrière en voie de comblement (voir échantillons 01-02-0554). C'est un morceau d'une concrétion d'un  $1/2$  mètre cube constituée par une accumulation d'indusies (J. Bertrand-Sarfati et al., 1966). Il est identique à 0554 antérieurement décrit.

02 : Est au contraire une roche blanche, crayeuse. L'étude au microscope révèle qu'il s'agit d'une calcarénite à structure micritique, constituée de grains de quartz assez gros associés à de l'orthose, à quelques plagioclases (probablement de l'oligoclase), à de la muscovite et de la tourmaline. Tous ces minéraux sont noyés dans une accumulation de débris organiques souvent arrondis, à structure micritique, difficilement reconnaissables.

La composition minéralogique est identique à celle du calcaire oolitique de Chaptuzat (c.f. 59).

- 77, Calcaire métamorphique de la série Cristallophylienne d'Aigurande - Creuse

La roche a été décrite notamment par Delorme et Emberger (1949). Selon ces auteurs elle est associée à des quartzites et témoigne d'une légère cataclase. Elle contient du quartz, une chlorite incolore, de l'andésine An 32,

de la calcite, de l'épidote, du sphène, de la limonite et une hornblende qui peut se développer fortement en donnant naissance à une amphibolite de faible épaisseur.

L'ensemble est situé dans "la zone des gneiss inférieurs légèrement graphiteux et contenant un peu de mica blanc".

Les échantillons ont été recueillis sur deux petits affleurements situés à une centaine de mètres l'un de l'autre dans la vallée de la Creuse, au niveau du petit pont, en face du "Moulin du Faneau", à 1 400 mètres à l'E de la Celle Dunoise. 01, 02, 03 furent prélevés en bordure de route, 04 et 05, à 100 mètres à l'E.

Premier Affleurement. Il se situe 30 mètres avant d'arriver au petit pont; il présente trois gros bancs d'une roche verdâtre, d'aspect massif, d'environ 1,50 mètre d'épaisseur (01-02), se terminant par une série de plaquettes (03) de faible épaisseur (environ 3 cm). L'ensemble est affecté d'un pendage apparent de 60° vers l'E. Les échantillons correspondants ont une structure granoblastique hétérogranulaire et sont caractérisés par leur richesse en silice.

En association avec une petite quantité de calcite, on trouve du quartz, du diopside, de l'orthose, des plagioclases (andésine An. 34), de l'apatite, du sphène et quelques rares minéraux opaques (magnétite, pyrite, oligiste). Un peu de diallage s'observe en 01 et une association chlorite-sphène-clinozoïsite apparaît en 03 mais par sa richesse en quartz et sa pauvreté en calcite le dernier échantillon est en fait un quartzite à diopside.

Deuxième Affleurement. Il est composé de quelques plaquettes carbonatées (04), adossées sub-verticalement à une série de bancs assez épais, ayant la composition minéralogique d'une amphibolite rétro-morphosée (05).

04 présente une structure diablastique hétérogranulaire et outre la calcite dont il semble que des spécimens secondaires aient recristallisé en filonnets, on observe comme dans les plaquettes du premier affleurement une grande quantité de quartz, parfois en filonnets aux épontes altérées, de l'orthose, des plagioclases nombreux (altérés), du sphène en petits grains, de l'apatite, de la chlorite, un peu de clinozoïsite et de pyrite en cristaux isolés.

05 a une structure lépidoblastique ordonnée par la chlorite avec du quartz, de l'orthose et des plagioclases altérés, beaucoup de sphène, quelques restes d'amphibole et un peu de zoïsite.

La paragenèse :

calcite + diopside + quartz + plagioclase + orthose, observée dans les échantillons 01 et 02, permet de considérer ces roches comme le résultat du métamorphisme (sous faciès B 2-3 de Winkler, 1965) d'une calcarénite marneuse.

- 81, Calcaire métamorphique de Capo-Tindari - Sicile

Les échantillons (05) ont été prélevés\* "en étoile" dans une épaisse lentille de cipolin, emballée dans une série de séricitoschistes largement développée. Ce gisement est situé à Capo-Tindari, à l'W du sanctuaire, sur le flanc Nord-est du Mongiove, (falaise de gauche en montant vers le Mongiove). C'est un calcaire métamorphique blanc bleuté, légèrement rubané, à structure granoblastique, qui contient, outre la calcite largement cristallisée en mosaïque, du quartz en cristaux de plus souvent arrondis, du mica blanc, de la pyrite bien cristallisée en dodécaèdres, mais largement limonitisées. Des feldspaths plagioclases très altérés sont manifestement d'origine détritique (probablement de l'oligoclase).

Il semble que l'on ait affaire à une calcarénite simplement recristallisée dans la zone "supérieure" du faciès albite-épidote (H. G. F. Winkler, 1965).

La présence de la fluorine, reconnue au microscope, a été confirmée par diffractométrie. Ce minéral, parfois diffus dans la roche, est généralement regroupé en masses clivables dans de petits niveaux plus riches en mica blanc. L'importante réfringence de cette fluorine suggère que ce minéral pourrait contenir un excès de calcium dans les cavités structurales ou une teneur appréciable en terres rares (dans la dernière éventualité, il s'agirait plutôt du cérium, car les raies ultimes yttriques n'apparaissent pas dans le spectre). On remarquera que l'association du mica blanc à la fluorine permet de penser que les venues de fluor sont synmétamorphiques.

- 82, Calcaire métamorphique du Lago de la Escarpinosa - ESPAGNE

Il s'agit d'un calcaire métamorphisé par le granite d'Eriste (M. Waterlot, 1966). L'échantillon a été<sup>+</sup> prélevé aux sources du torrent des Batielles, à 200 mètres au N du Lago de Ferramo, près du bord du Lago de la Escarpinosa. C'est un calcaire métamorphique gris, d'aspect massif, à structure porphyroblastique. En effet, on trouve dans un fond microgranulaire de calcite,

---

\* : Echantillonnage : G. Duée 1966, Faculté des Sciences d'Alger.

\* : Echantillonnage : M. Waterlot 1966, Faculté des Sciences de Lille.

phlogopite et zoïsite ou épidote en petits grains, de grands phénoblastes de vésuvianite. On notera la présence d'un peu de quartz et de quelques plagioclases.

La paragenèse observée correspondrait au faciès quartz-albite-épidote (H. G. F. Winkler, 1965). Cependant la présence de vésuvianite (minéral de haute température) et le fait que l'épidote peut coexister à 2 000 bars, avec le quartz, jusqu'à des températures supérieures à 650° (H. G. F. Winkler, 1965) indiquent que le calcaire étudié se situe aux confins des faciès cornéenne à amphibole et cornéenne à pyroxène;

(température de l'ordre de 600° pour une pression de 2 000 bars).

### - 83, Calcaires métamorphiques du Noirceux - Bas-Rhin

7 échantillons de calcaire métamorphique ont été recueillis à environ 5 km au N de Ste Croix-aux-Mines, à proximité du col du Noirceux à 200 m à l'E de la borne 804,7, sur le flanc amont d'un chemin nouvellement entaillé dans la montagne. A cet endroit une série de bancs subverticaux se trouve dégagée sur une trentaine de mètres (fig. 47). L'affleurement se présente comme une alternance de bancs silicatés et carbonatés comprenant des calcaires métamorphiques de différentes puretés, des quartzites et des diaphtorites à tourmaline. L'ensemble est emballé dans des gneiss à biotite et sillimanite (J. P. Von Eller, 1961).

On peut observer des roches carbonatées très pures présentant plus de 54 % de CaO, des teneurs en MgO quasi nulles et des concentrations en quartz inférieures à 1 % (08-09-10). Les échantillons correspondants, concentrés au coeur de l'affleurement, sont pauvres en minéraux de métamorphisme. Ils ont une structure granoblastique et, diffus dans la calcite largement cristallisée, on rencontre un peu de phlogopite, de quartz, de graphite, de diopside, de forstérite et d'apatite, en cristaux microgranulaires.

Inversement, aux extrémités de l'affleurement, à proximité de l'encaissant, les teneurs en silice et magnésie augmentent considérablement et il apparaît un développement important des minéraux précités, avec en plus des plagioclases, quelques spinelles et du sphène. C'est au voisinage de ces bancs que l'on rencontre des phénomènes de diaphtorèse plus ou moins importants, avec apparition de roches à structure porphyroblastique à résidus (02-03-05), diastiques (11), avec développement de la zoïsite ou d'épidote, parfois en filonnets (1183) et d'un peu de méionite (08-09-1083). Les pyroxènes sont alors bastitisés, les plagioclases damouritisés et le quartz réparti en zones amygdalaires. Cette rétro-morphose peut s'exprimer dans les calcaires métamorphiques (1283) par la dolomitisation des phlogopites (Pl. 13, fig. 4) avec exuda-

tion de quartz ou d'orthose (W. A. Deer et al., 1963a).

Enfin deux échantillons, l'un provenant du gneiss à biotite encaissant, l'autre du premier banc de calcaire métamorphique immédiatement voisin, renferment des éléments difficilement déterminables évoquant des structures organiques. Il s'agit là de formes variées (Pl. 13, fig. 1, 2 et 3) à contour net. Dans le gneiss encaissant elles montrent un bourgeon sommital et une sorte de réticule graphiteux. Les formes développées dans le calcaire métamorphique sont de taille supérieure à celle du gneiss et l'intérieur, limité par un contour graphiteux, est épigénisé par de la calcédoine.

Les paragénèses observées :

calcite + plagioclase + épidote + forstérite (04), calcite + diopside + forstérite + méionite (08-09-10), ne traduisent pas exactement le fort degré de métamorphisme de l'encaissant (gneiss à biotite et sillimanite). Notamment la présence de méionite et d'épidote cantonne les roches correspondantes à la limite des degrés B 2-1 et B 2-2 (H. G. F. Winkler, 1965) si l'on n'invoque pas la diaphtorèse.

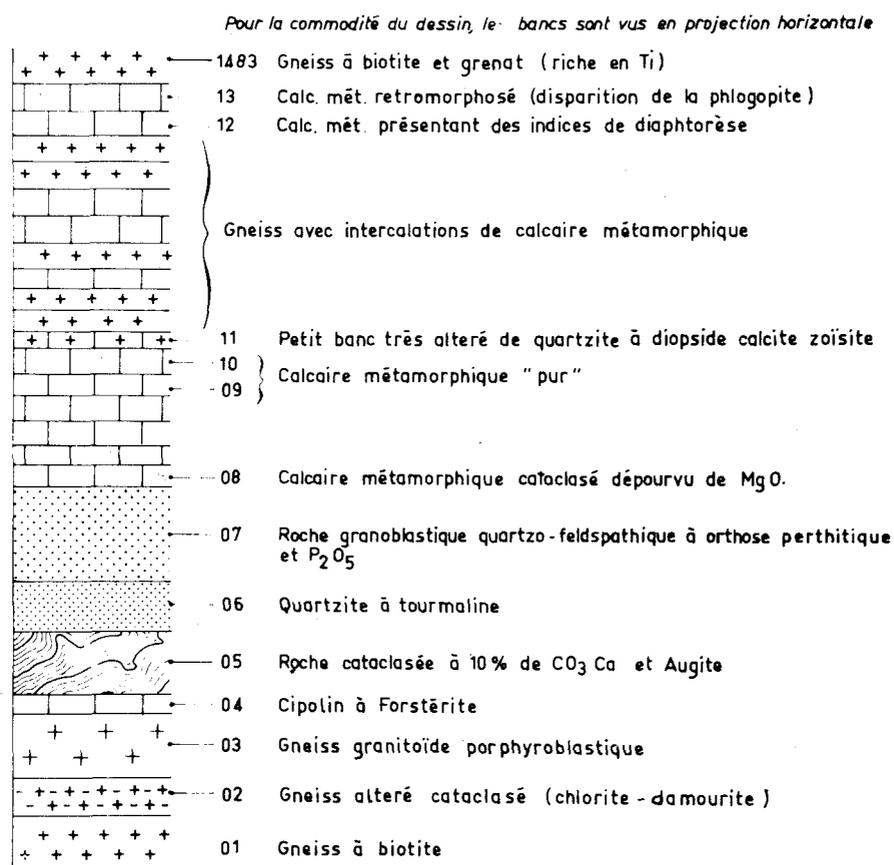


Fig. 47.- Calcaires métamorphiques des Vosges  
Gisement du Noirceux

L'ensemble du gisement suggère le métamorphisme d'une série silico-carbonatée. 08-09-10, représentent d'anciens carbonates, pratiquement purs, les autres échantillons correspondent à d'anciennes calcarénites dolomitiques (pouvant avoir renfermé jusqu'à 18 % de dolomite) ou à des grès à ciment argilo-carbonaté (05, possède 55 % de  $\text{SiO}_2$ , pour 11 % de CaO et 14 % de  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

- 84. Calcaire métamorphique de St-Philippe - Haut-Rhin (Pl. 14, fig. 1)

Les échantillons ont été recueillis dans les carrières abandonnées, à proximité du lieu-dit St-Philippe, environ 1 km au S E de Ste Maria-aux-Mines. Pour ne pas disperser arbitrairement les prélèvements, ils ont été faits dans la carrière principale :

- de 01 à 0784 : front ouest de la carrière
- de 08 à 1184 : " est " " " "
- 12 et 13 dans une petite excavation située à une altitude supérieure d'une dizaine de mètres au front est.

Autrefois activement exploité, ce calcaire métamorphique interstratifié dans des gneiss à grenats et sillimanite prismatique (J. P. Von Eller, 1961), est bien connu.

Les auteurs (A. Lacroix, 1895, J. Jung, 1928), qui ont abondamment décrit cette roche à structure granoblastique parfois diablastique (04-05-08) y distinguent généralement plusieurs catégories qui sont :

- le "calcaire pur";
- le cipolin à phlogopite;
- le cipolin à diopside et quartz.

En fait, il est parfois très difficile de classer un échantillon dans l'une ou l'autre catégorie car, exception faite "du calcaire pur" (échantillons 05 et 11 dans lesquels on peut observer de nombreux fantômes de minéraux calcifiés), la plupart des prélèvements contiennent de la phlogopite et de la forstérite, ou des fantômes de forstérite complètement serpentinisés.

Il est cependant possible de ranger :

- 05 et 11..... : dans les "calcaires purs"
- 02 et 03..... : dans les "cipolins à forstérite"
- 04-06-08-10-12..... : dans les "cipolins à phlogopite et forstérite".

Indépendamment des minéraux principaux, on signalera le diopside (02-03-08-10), la pargasite (04-05-08-10), la serpentine (chrysotile, iddingsite) plus abondante en fait que la forstérite, le spinelle (02-03), le grossulaire

(03-06) et de l'apatite dans la plupart des échantillons, du graphite, de l'oligiste, de la pyrite, un peu de méionite (10) et de la dolomite secondaire épigénisant des fibres de serpentine ou de phlogopite.

Trois faits importants doivent être remarqués :

- a) La présence de deux types de roches carbonatées (pures et silicomagnésiennes);
- b) L'association des teneurs les plus importantes en silice et en magnésie;
- c) L'augmentation déjà notée par Jung (1928) de la teneur en silice en approchant du contact avec l'encaissement et les hautes teneurs en magnésie concentrées à cet endroit.

Ces faits se retrouvent dans le gisement du Noirceux. Les paragenèses observées sont sensiblement identiques, quoique d'un métamorphisme légèrement plus marqué (moins d'épidote). "Les gneiss et cipolins des Vosges appartiennent à la partie supérieure de la zone profonde de métamorphisme" (J. Jung, 1928), soit le faciès B 1-3 de Winkler (1965).

Il semble que le calcaire de St-Philippe soit l'expression du métamorphisme de bancs de calcaires magnésiens.....: 05-11

de calcarénites dolomitiques: 06-10

de dolomies calcarifères siliceuses.....: 02-03-04-08-12

Les coupures basées sur les teneurs en  $\text{SiO}_2$  et  $\text{MgO}$  conduisent, il faut le remarquer, à une classification sensiblement voisine de la classification minéralogique précitée :

- calcaires magnésiens "calcaires purs"
- calcarénites dolomitiques "calcaires à phlogopite et forstérite"
- dolomies calcarifères siliceuses "calcaires à forstérite"

- 85, Calcaire métamorphique du Raenthal - Haut-Rhin (Pl. 14, fig. 2)

Les échantillons ont été prélevés dans deux carrières voisines à 1,5 km environ au S d'Echery. Emballées dans la même série de gneiss à grenats et sillimanite prismatique (J.P. Von Eller, 1961), ces lentilles de calcaire font suite à celles de St-Philippe; on peut effectuer une distinction entre les calcaires avec ou sans minéraux :

- calcaires à phlogopite : 06-07-10 (Pl. 25, fig. 2)
- calcaires à phlogopite et forstérite : 03-05-09
- calcaires "purs" : 02-04-12

Les échantillons ont une structure généralement largement granoblastique, parfois hétérogranulaire (12) et rarement diablastique (06 et 10), là où l'altération ou la diaphtorèse (*c.f.* St-Philippe) est importante. On remarquera néanmoins que les calcaires sans minéraux le sont parce que ceux-ci ont été épigénisés par de la dolomite. En effet, les teneurs en magnésie et silice sont comparables à celles des autres calcaires.

Indépendamment de la phlogopite, qui se rencontre en teneurs variables dans pratiquement tous les échantillons, et de la forstérite, on citera la présence du diopside (04-05-09-10) de la serpentine (d'altération de la forstérite et du diopside), de la dolomite secondaire (épigénisant la serpentine) et par ordre de fréquence, le spinelle et le grossulaire, l'apatite, un peu de clinozoïte (02-03-04-07), de la pyrite, du graphite, rarement du quartz. La phlogopite peut s'associer avec la forstérite, la serpentine et le spinelle pour donner au cipolin un litage plus ou moins grossier.

Les paragénèses :

calcite + diopside + forstérite, observées dans plusieurs échantillons, ainsi que la présence de zoïsite, classent ces cipolins dans le même faciès de métamorphisme que ceux de St-Philippe. On observerait donc au Rauenthal le résultat du métamorphisme d'une alternance de bancs de calcarénites dolomitiques (02-03-04-09-10-12) de dolomie calcarifère siliceuse (05-06-07) et de bancs grésomarneux (1183 intercalé dans les bancs de cipolin est un amphibolo-gneiss à biotite, horblende et trémolite).

#### - 86, Calcaire métamorphique de la vallée de la Liepvrette - Haut-Rhin

Il n'y a pas d'affleurement visible, seulement des blocs épars décrits par Jung (1928).

La roche, sombre, verdâtre, dure, à grain fin, est constituée par un fond de dolomite et de calcite cryptocristallines secondaires ne réagissant pratiquement pas sur la lumière polarisée, et dans lequel sont dispersés des phyllites incolores très altérées, un peu de phlogopite, de l'apatite, du sphène abondant, de la zoïsite et des filonnets de quartz et de feldspath altéré. Jung y a découvert de la pargasite. Cette roche assez magnésienne est riche en silice (jusqu'à 40 %). Elle est considérée comme étant emballée dans des granulites (J. P. Von Eller, 1961) à quartz, orthose, plagioclase, muscovite altérée et tourmaline.

La roche étudiée doit prendre son origine dans la séquence arénacée (calcaro-magnésienne).

- 07, Calcaire métamorphique du Chippal - Meurthe-et-Moselle (Pl. 14, fig. 3)

Les échantillons ont été recueillis dans la carrière St-Dizier 1 km au NW du Chippal (2 km au S de la Croix-Aux-Mines).

En 1967, on pouvait observer sur le front de taille de gros bancs épais, massifs, broyés et rebroussés vers le haut par un accident vertical ainsi qu'un mince filon (03) de roche granitoïde (J. Jung, 1928) interstratifié parfaitement entre deux bancs épais.

Cette lentille est limitée par un ensemble de gneiss à sillimanite et cordiérite (J. P. Von Eller, 1961).

Contrairement au calcaire métamorphique de St-Philippe, la plupart des échantillons sont constitués par de la calcite pratiquement pure à structure granoblastique, largement cristallisée; des teneurs très faibles en silice voisinent avec des concentrations presque nulles en magnésie.

On obtient ainsi une roche blanche, saccharoïde, d'aspect massif. Ceci est valable pour les échantillons 02-04-05-06 dans lesquels on observe rarement de très petites sections d'apatite, de quartz, de sphène, de diopside et de phlogopite, très rarement un grenat (06) et peut-être un peu de chondrodite en 04, remarquée par Lesslin et Loechlin, Schlumberger et Dellos, cités par Jung, (1928).

Cependant, on signalera que les titres en magnésie s'élèvent respectivement en 07-08-09, bien que les teneurs en quartz restent stables ou augmentent peu (5,53 % en 09). Ceci se traduit par un accroissement du nombre des minéraux de métamorphisme.

07 : cipolin à phlogopite (les quantités de phlogopite étant néanmoins sans commune mesure avec St-Philippe);

08 : cipolin à diopside;

09 : cipolin à minéraux dolomitisés : phlogopite et grenats (semblables à St-Philippe).

On notera encore le fait qu'une augmentation en magnésie et plus légèrement en silice se produit lorsque l'on se rapproche de l'encaissant. En effet, 07-08-09 ont été prélevés à la base de la lentille, alors que 02-04-05 et 06 proviennent des pleins bancs supérieurs. Ainsi, 0187 pris au contact cipolin-gneiss juxtapose un cipolin granoblastique assez pur à diopside et forstérite avec une roche à structure diablastique, riche en pyroxène, plagioclases, zoïsite, sphène et apatite noyés dans une calcite cryptocristalline. On

reconnait la succession: calcaires dolomitiques (08-09), calcaires magnésiens (07) et calcaires purs, selon la teneur en magnésie. On signalera l'existence d'andradite en 09 signalée par une altération en limonite et ilménite.

- 88, Dolomie de Mandray - Meurthe-et-Moselle (Pl. 15, fig. 1)

Considérée comme résultant d'une dolomitisation postmétamorphique d'un calcaire à minéraux du type St-Philippe (J. Jung, 1928), la "dolomie de Mandray" est une lentille carbonatée interstratifiée, comme le cipolin du Chippal, dans les gneiss à sillimanite et cordiérite (J. P. Von Eller, 1961).

Les échantillons ont été prélevés dans une carrière sise à 600 mètres environ au S de Haute-Mandray, au lieu-dit "Le Chauffour", et dans laquelle on n'observe plus que des chicots épars sans stratification apparente.

Il s'agit d'une dolomie calcarifère pouvant contenir de 72 à 85 % de  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , de teinte rousse ou ocrée, due à une pigmentation ferrugineuse. La structure granoblastique devient parfois hétérogranulaire là où il y a eu dolomitisation d'anciens minéraux de métamorphisme.

Outre la dolomite et la calcite, le quartz secondaire est présent (J. Jung, 1928) en quantité parfois importante (10 %  $\text{SiO}_2$  dans 01). On rencontre également un peu d'apatite, de séricite, des pigments ferrugineux (Jung signale de la goetite). Des fantômes, résultant de la dolomitisation des minéraux de métamorphisme, apparaissent comme dans certains bancs de St-Philippe ou du Raenthal où la quasi totalité des minéraux était dolomitisés.

Jung a observé dans la dolomie de Mandray de la phillipsite, des wads (certains échantillons sont en effet anormalement manganifères : 01-02-05) et citant (carrière il signale de la barytine, de la malachite et de la chalcopryrite. Ces minéraux n'ont pas été observés dans les prélèvements 88, où les teneurs en Ba et Cu restent normales et même plutôt faibles (Ba <200 p.p.m., Cu : 2 à 3 p.p.m.).

- 89, Calcaires métamorphique de Ban-de-Lavelines - Meurthe-et-Moselle

Les échantillons ont été recueillis dans une petite carrière abandonnée, dans un boqueteau situé à flanc de colline, 1 km au S de Ban-de-Lavelines. Il ne reste dans ce gisement que quelques énormes blocs épars et, en place, un affleurement extrêmement plissé, de quelques mètres carrés de surface. La lentille carbonatée est emballée dans le même complexe de granite et de gneiss que la dolomie de Wisembach (J. P. Von Eller et al., 1961).

Une première remarque s'impose : ces roches pauvres en magnésie et

moyennement pourvues de calcite sont caractérisées par le pyroxène que l'on y rencontre en grande quantité (Pl. 14, Fig. 4). Ainsi, à de fortes teneurs en silice peuvent correspondre d'importantes quantités de chaux. La roche d'aspect généralement cristallin est plus ou moins sombre selon sa teneur en pyroxène. La structure généralement granoblastique (02, 04, 06, 08) peut devenir hétérogranulaire (05), grano-lépidoblastique (03). Elle est cataclasée par un phénomène tectonique postmétamorphique, les cristalloblastes de calcite étant écrasés et plus ou moins allongés parallèlement à la linéation. Enfin, on notera une structure franchement lépidoblastique en 01.

Le diopside domine et se retrouve pratiquement dans tous les échantillons, avec la calcite. On rencontre également de la trémolite (01), du quartz (03, 04, 05, 06, 07, 08) des plagioclases (02, 04, 05, 06, 07), du sphène, du graphite dans tous les échantillons et de la wollastonite (01, 02, 05, 08). 01 est une véritable pyroxénite à ferro-hypersthène et wollastonite (détermination par diffractométrie X).

Les paragenèses observées:

Calcite + diopside ± quartz ± plagioclases ± wollastonite indiquent un métamorphisme dans le subfaciès B 2-3 de Winkler (1965) de calcaires marneux ou de marnes, corroboré par les fortes teneurs en bore, élément qui habituellement se concentre dans les minéraux argileux (G. Ataman, 1967; G. Millot, 1964).

- 90, Dolomie de Wisembach - Meurthe-et-Moselle (Pl. 15, Fig. 2)

Emballée dans un complexe de granite et de gneiss granitique, cette lentille<sup>+</sup> carbonatée se situe environ 1 km au S de Wisembach, à une centaine de mètres au N de la ferme de Breucharée.

L'affleurement n'a que quelques mètres carrés de surface et la roche, très plissée, ne permet pas d'y découvrir facilement une stratification. Il s'agit d'une dolomie ou d'une dolomie calcarifère, blanche, d'aspect saccharoïde qui présente une structure largement granoblastique, parfois cataclastique, bréchoïde. La déformation mécanique est postérieure à la dolomitisation.

On peut y observer de nombreux fantômes de minéraux anciens, surtout de phlogopite plus ou moins altéré, de la chlorite, un peu d'apatite et du quartz en faible quantité (SiO<sub>2</sub> semble dû à l'abondance relative en phlogopite). Les teneurs en chaux et en magnésie ainsi que l'abondance des pseudomorphoses par la dolomite, rapprochent indubitablement cette roche de la dolomie de

---

+ Position et coordonnées révélées par Von Eller (1966) : Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Strasbourg.

Mandray.

- 91, Givétien de l'Avesnois - Nord

C'est le faciès périrécifal à Stromatopores du Givétien supérieur (équivalent de l'assise du Mont d'haurs) qui nous intéresse ici (G. WATERLOT, 1969). A l'exception de 1191, les échantillons proviennent de la carrière de Glageon, située à la limite ouest de cette localité. Les prélèvements ont été effectués à l'entrée nord de la carrière dans d'épais bancs subverticaux, (direction W SW, 250° N) montrant de gros Stromatopores en relief. 1191 a été recueilli à la sortie sud de Wallers-Trélon, à proximité du lieu-dit "Le Moulin".

Les échantillons, tous cassés dans les Stromatopores, montrent en lame mince la forme fantomatique fine et spongieuse de ces organismes en surimpression sur un ensemble calcitique totalement recristallisé, homogène, microgranulaire (Pl. 3, Fig. 4), comprenant parfois isolés, parfois en lits continus, des quartz idiomorphes (Pl. 4, Fig. 3) parfaits et quelques filonnets de quartz xénomorphes en voie d'épigénie par la calcite.

Aucun organisme autre que les Stromatoporidés n'est reconnaissable. On peut seulement voir dans le tissu, quelques perforations signalées par Lemaître (1934), dont l'origine serait liée à d'autres organismes.

Le calcaire cristallin est relativement pur, titrant en certains points 0% de magnésie et moins de 0,40% de silice (O1) avec néanmoins quelques rares traces ferrugineuses : oxyde (O7) et pyrite bien cristallisée dans tous les échantillons.

- 92, Frasnien de l'Avesnois - Nord

Deux échantillons d'un récif frasnien moyen, étudiés en détail par Lecomte (1936), enchassé dans des schistes à *Receptaculites neptuni*, ont été prélevés dans la carrière du Château-Gaillard (1 km au N E de Trélon). O1 pris au coeur du récif est un calcaire rougeâtre (zone rouge inférieure de Lecomte) contenant de nombreux débris organiques calcitisés, noyés dans un ciment micritique. On distingue quelques entroques, des Ostracodes, des Foraminifères enroulés, des débris de coquilles de Brachiopodes et surtout de nombreuses microsphères ou amandes parfaitement calcitisées : calcisphères, Ostracodes ou Stromatactis? Outre les éléments organiques, on note, à fort grossissement, quelques quartz détritiques et de petits cristaux de pyrite. On remarque la présence de zones d'oxydation ferrugineuse et la richesse en Cu (42 p.p.m.).

O292: a été extrait 8 mètres au-dessus de O1. L'aspect de la roche a changé.

Il s'agit d'un calcaire gris, plus massif, compact, à structure micritique (zone grise moyenne de Lecomte). Il est plus riche en silice et alumine que O1 (contient un peu d'argile) et surtout riche en  $TiO_2$  (1900 p.p.m.). On y trouve la même minéralogie qu'en O1, mais une faune beaucoup plus rare, exception faite pour les amandes calcitisées (Ostracodes ou Stromatactis).

- 93. Calcarénite de la région de Lardoisière - Allier (Pl. 12, Fig. 3)

On se proposait d'échantillonner une carrière au voisinage du lieu-dit Lardoisière. Malheureusement la lentille calcaire a été complètement épuisée et il ne reste plus que quelques chicots épars d'une roche carbonatée certes, mais qui ne ressemble en rien aux descriptions des auteurs (P. Lapadur-Hargues et al., 1966).

Les onze échantillons prélevés ont des compositions minéralogiques qualitatives semblables : calcite cryptocristalline ou granoblastique, petits galets de quartz ou de silex, séricite, muscovite, un peu de pyrite, d'oxyde de fer, d'ilménite et de nombreux feldspaths complètement kaolinisés. On peut en voir les fantômes, constitués de kaolinite, ponctués d'amas de quartz et parsemés de paillettes de séricite. Une étude diffractométrique a confirmé la nature kaolinique des minéraux argileux les plus répandus et vérifié par là même le type d'altération supposé dès l'examen des lames minces.

Les échantillons O1, O2, O3 et 11, récoltés sur le côté nord de la carrière, à l'entrée, sont formés d'une roche noire à texture schisteuse, ressemblant plutôt à un schiste calcaro-magnésien (jusqu'à 2,5 % de magnésie).

Les prélèvements effectués dans un chicot au centre de la carrière (O4 à 10) sont constitués d'une roche verdâtre à structure microbrèche.

Le phénomène métasomatique a pris une part importante dans l'édification de cette roche. De nombreux silex montrent tous les stades d'une épigénie par la calcite :  $CaCO_3$  cryptocristallin envahit progressivement le silex et cristallise en un monocristal prenant la forme d'une gravelle calcique.

La roche a subi au cours de sa diagenèse les effets d'un métamorphisme au moins dynamique. Ainsi, dans la plupart des échantillons à texture schisteuse on remarque une orientation et un aplatissement, un étirement des gravelles aussi bien quartziques que carbonatées. De même des quartz ont été cassés dans un plan perpendiculaire à leur étirement. L'épigénie est antérieure à l'écrasement (gravelles carbonatées) et la réalité d'un métamorphisme léger est confirmée par les analyses chimiques qui attestent un départ de  $CO_2$ , souvent insuffisant pour saturer la chaux et la magnésie présentes.

Remarque : Malgré les vicissitudes auxquelles le sédiment a été soumis, on y rencontre encore quelques Entroques intacts.

- 94, Calcaire métamorphique de Ferrières-sur-Sichon - Allier (Pl. 12, Fig. 2)

Les échantillons proviennent d'une petite carrière située à la sortie Est de la localité. C'est un calcaire cristallin rapporté au Viséen supérieur, métamorphisé par le granite du Mayet-de-Montagne. Les bancs subverticaux, de direction SE - NW, visibles dans la carrière, ont tous été échantillonnés. Les prélèvements s'espacent de 0,70 m à 1,80 m (Fig. 48).

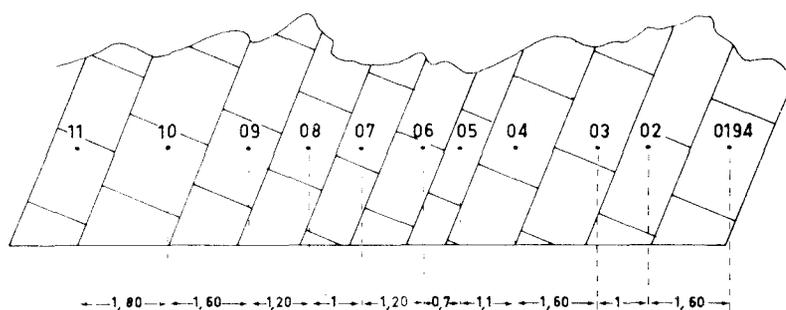


Fig. 48.- Echantillonnage du calcaire métamorphique de Ferrières.

La roche blanche ou d'un gris bleu très clair, de texture massive, d'aspect saccharoïde, révèle une structure granoblastique franche. Très pur et homogène, ce calcaire est pauvre en minéraux autres que la calcite. Certains bancs sont légèrement rubanés, d'autres marbrés par un peu de sidérose et d'oxyde de fer. Ces zones ferrugineuses se traduisent en lame mince par un litage léger, ou par des amas d'une substance brune, isotrope, mais surtout par un découpage des cristaux de calcite en une multitude de microcristaux (zones altérées).

Trois échantillons, 16, 17 et 1894 ont été prélevés ailleurs. 16 dans le chemin conduisant à la pisciculture, 17 et 18 dans le chemin de la scierie, à la sortie de Ferrières par la route D 49. Ces calcaires métamorphiques sont identiques quoiqu'un peu moins sains (1694 présente un peu de trémolite dans les zones altérées).

- 95, Bathonien moyen du Boulonnais - Pas-de-Calais (Pl. 1, Fig. 3 et 4)

L'échantillonnage effectué en différents points du Boulonnais vise à obtenir un reflet du Bathonien moyen oolitique. Il s'agit du calcaire de Rinxent (01) ou de la pierre de Marquise (08) (A. Bonte, 1969).

01 et 02 : Ont été prélevés au S d'Audembert, à 600 mètres à l'W du lieu-dit

Etienville.

03 à 09 : Dans une carrière abandonnée près du passage à niveau d'Hardenthun (Fig.49).

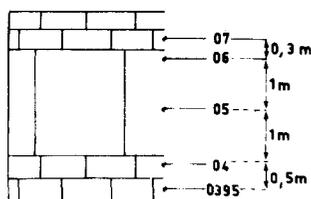


Fig. 49.- Le Bathonien du Boulonnais : carrière d'Hardenthun.

1095 : Dans une petite carrière à la sortie d'Hardenthun, le long de la route D 238.

1195 à 1895 : Dans une grande carrière à l'E de Réty (Fig. 50).

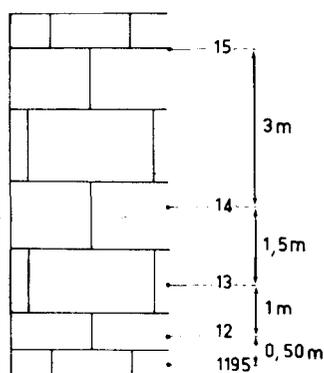


Fig. 50.- Le Bathonien du Boulonnais : carrière de Réty.

D'une façon générale, on peut diviser cette collecte en deux parties. Dans l'une les oolites dominent, dans l'autre ce sont les débris organiques de toutes sortes.

On distingue des niveaux d'oolites de tailles différentes et généralement aux grosses oolites sont associés les débris organiques dans lesquels on remarque des Bryozoaires, des Foraminifères, des débris de Lamellibranches, de Gastéropodes, des entroques de types variés (articles de *Pentacrinites*, 17), des Ostracodes.

Dans les oolites s'observe faiblement et de temps à autre une structure concentrique. Elles semblent, en effet, avoir subi une transformation plus ou moins poussée qui leur donne un aspect de fausses oolites. Cette transformation peut encore aller au-delà et l'on assiste au niveau de la pierre de Marquise (08) à une sorte de fusion des oolites dans un ensemble micritique où elles ont ten-

dance à disparaître. Ce fait pourrait expliquer la cohérence plus grande de la pierre de Marquise prenant par point une structure quasi micritique.

Le ciment est soit spathique (11 - 12), soit micritique (08), lacuneux (16) ou encore calcaro-gréseux (10). On observe soit en nucléus, soit libres, de nombreux quartz détritiques, notamment dans 1095 (qui contient plus de 5 % de  $\text{SiO}_2$ ) et quelques zircons (17).

Les caractères très néritiques de 1095, (forte proportion en quartz détritiques, grosses oolites, ou pseudoolites remaniées peu nombreuses, grande quantité de débris organiques de toutes sortes, teneurs importantes en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) font que l'on est fortement tenté de rapporter cet échantillon au "Cornbrash" (Bathonien supérieur).

- 96, Argovien récifal du Boulonnais - Pas-de-Calais (Pl. 4, Fig. 4)

C'est le calcaire de Brucquedale. Les trois échantillons proviennent de cette localité. Ils ont été prélevés dans les restes d'une petite excavation pratiquement comblée. C'est un calcaire "café au lait", très dur, d'apparence compacte, mais qui à la binoculaire, se montre piqueté de petits quartz détritiques (plus de 5 % de  $\text{SiO}_2$  dans 02). Sa structure est micritique et les débris organiques semblent rares, sauf dans certaines zones plus spathiques et plus quartziques, où l'on rencontre des morceaux de coquilles de Mollusques et des entroques encroutées et remaniées.

On notera encore la présence de pyrite ou d'oligiste à l'état diffus et de "calcisphères" identiques à celles des marbres rouges des Flandres.

- 97, Viséen de l'Avesnois - Nord

C'est précisément du Viséen moyen dont il est ici question, c'est-à-dire du "niveau repère du calcaire de Fontaine à *Productus cora*" (G. Waterlot 1969) où ce calcaire montre des structures différentes.

1°) 01 à 10 : Calcaire grumeleux à calcisphères et *Endothyra*

(carrière à l'E de Ferrière-la-petite).

De texture massive, d'aspect cristallin, au microscope on distingue une structure grumeleuse ou qui tend à le devenir avec néanmoins un ciment spathique noyant les grumeaux. Ce faciès est riche en éléments d'origine organique: *Endothyra*, calcisphères nombreuses, entroques et débris de coquilles de Brachiopodes.

a) On signalera que ce calcaire peut devenir localement magnésien (04 - 07 contenant plus de 5 % de dolomite) et même dolomitique (03 contient

plus de 20 % de dolomite). Les trois échantillons cités ci-dessus appartiennent à deux bancs contigus.

b) L'échantillonnage a été effectué dans le synclinal de Ferrière-la-Petite et les derniers bancs laissent déjà pressentir le faciès bréchi que du Viséen supérieur. En effet, 09 et 10 montrent le passage d'un aspect d'abord orienté des éléments calcaires, puis franchement étiré (grumeaux, calcisphères), faisant penser à la déformation d'un sédiment encore meuble.

2°) 11 à 16 : Calcaire oolitique : (Pl. 1, fig. 2)

(Carrière des Ardennes, quelques kilomètres à l'W d'Avesnes, exception faite pour 16 qui provient de la sortie ouest de St-Hilaire-sur-Helpe).

C'est le Viséen oolitique typique, tel que le décrit Cayeux (1935) : calcaire oolitique, chimiquement très pur et ne contenant qu'une quantité de débris reconnaissables, relativement faible.

Les oolites mono-ou binuclées concentriques et radiées ont une structure qui semble s'effacer. Les nucléus sont soit spathiques, soit constitués par une *Endothyra*, une calcisphère, un prisme de coquille de Mollusque.

Le ciment, spathique, tend à devenir grumeleux. On y rencontre quelques Entroques, de rares *Endothyra* libres et çà et là, quelques cristaux de dolomite, ainsi que de "micro" galets de calcaire oolitique remanié.

3°) 17-18 : Calcaire à microcalcisphères

(Sortie ouest de St-Hilaire-sur-Helpe).

Le calcaire d'une apparence massive plus compacte, à grain fin, a une structure grumeleuse (cryptocristalline). La concentration des calcisphères le fait ressembler à un calcaire à Radiolaires calcitisés. On peut y rencontrer quelques Ostracodes.

- 98. Cornéenne calcomagnésienne du Dauphant - Puy-de-Dôme (Pl. 12, fig. 4)

Les échantillons correspondants ont été prélevés\* au S E de Chateldon, au lieu-dit "Chez Dauphant". Il s'agit d'un faciès carbonaté des cornéennes de tufs viséens (P. Lapadu-Hargues, 1966) métamorphisés par le granite de Lachaux.

La roche verdâtre, à texture massive, présente une structure très hé-

---

\* : avec l'aide R. Di Nota, Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

térogranulaire, parfois lépidoblastique, souvent diablastique. On y rencontre : quartz, calcite granoblastique et cryptocristalline, diopside, une importante quantité de wollastonite, de l'orthose légèrement perthitique et de très petits cristaux de plagioclase (probablement oligoclase An 20). Il est tout à fait normal d'observer la wollastonite dans la paragenèse de 98 puisque au cours du métamorphisme de contact la pression partielle de  $\text{CO}_2$  ne peut guère s'élever et l'équilibre correspondant favorise la formation de  $\text{CaSiO}_3$ . Les positions des points représentatifs des prélèvements confirment les paragenèses dans les diagrammes :

-  $\text{SiO}_2$ , CaO, MgO : (fig. 31, chapitre XII, Vol. 1).

Calcite + diopside + quartz  $\pm$  wollastonite.

- A.C.F. :

Anorthite + diopside + calcite + wollastonite

situant très exactement 98 au début du faciès "cornéenne à pyroxène" (le quartz et la calcite coexistent encore, mais l'amphibole a disparu).

- 99, Géorgien supérieur de la Montagne Noire - Hérault (Pl. 15, fig. 3 et 4)

Les trente échantillons correspondants intéressent une dolomie ou dolomie calcarifère connue sous le nom de "calcaire à *Archeocyatus* (M. Thorat et al., 1938).

Les prélèvements ont été effectués en différents points où affleure le géorgien (Slc).

a) Au N de St-Gervais-sur-Mare, aux environs du col de Layrac, au S de Marcou, le long de la route D 52 (01 à 10), 10 échantillons ont ainsi été recueillis à raison de 1 tous les 100 mètres.

b) Dans la vallée de la Mare, au S de St-Etienne-Estréchoux (11 à 16), respectivement au lieu-dit le Fraysse (1199) et à St-Etienne - de-Mursan (12 à 16) sur les parois d'anciennes carrières désaffectées.

c) Dans la carrière en activité du four à chaux de St-Etienne - Estrechoux (17 à 23).

d) Le long de la route D 22e à l'W de la Bâaquière et au N de Taussac (24 à 30). Un accident relativement important existe entre la série 24 à 30 et les échantillons précédents.

D'une manière générale, il n'apparaît pas de différences pétrographiques très nettes entre les échantillons. On a affaire à une dolomie ou une

dolomie calcarifère "marmoréenne" à structure parfois cristalline (largement spathique), surtout microgranulaire, rarement cryptocristalline (07-16). La roche est tantôt de teinte blonde, tantôt grise à gris-bleuté. Surtout blonde dans la région de Marcou, la teinte est grise uniformément dans la région de St-Etienne - Estréchoux, pour redevenir indifféremment l'une ou l'autre au Pradal (environs de Taussac).

On note la présence quasi constante de pyrite et de quartz en cristaux isolés ou en amas cryptocristallins dont la teneur, parfois très faible, peut augmenter d'une manière importante. Certains filonnets recoupent les filons de dolomite, étant manifestement d'origine secondaire. Dans certains échantillons de Marcou, un léger métamorphisme se marque par la présence d'une phyllite incolore en lame mince, notamment en 02 - 03 - 06 et 09. Cela n'a rien d'étonnant, étant donné la position de ces dolomies entre deux zones fortement métamorphiques, soit au contact du massif de "granulite de Mendic", soit à proximité des gneiss et micaschistes de la région d'Espinouze-Caroux.

Certains sulfures présentaient les reflets irisés de la chalcoppyrite, mais l'indétermination a été levée sur 2899, par un spectre diffractométrique, prouvant qu'il s'agissait simplement de pyrite, fait que corroborent les faibles teneurs en Cu.

## A N A L Y S E S

\*\*\*=====

### I. PRECAUTIONS PRISES DANS LA PREPARATION DES ECHANTILLONS A ANALYSER

#### 1) Sur le terrain

Les premières précautions pour réduire les fluctuations dans les résultats des analyses chimiques furent prises dès l'échantillonnage. Les prélèvements étaient effectués dans les zones les plus fraîches des affleurements. On éliminait les dernières traces d'altération avant broyage. La masse des reliquats non altérés, conservés en vue du concassage, n'a jamais été inférieure à 1 kilogramme.

L'hétérogénéité chimique de la roche et, par suite, la dispersion des résultats analytiques sont évidemment liées à la diversité des composants, à leur mode d'association, mais aussi, et surtout, à la taille des éléments constitutifs (grain de la roche).

A ce point de vue, le cas des calcaires métamorphiques doit être dissocié de celui des roches sédimentaires, car l'influence de ces divers facteurs s'y fait sentir d'une manière très inégale.

a) Dans les roches sédimentaires carbonatées.

Les calcarénites sont les roches carbonatées chimiquement les plus diverses. Cependant il n'y a pas lieu de craindre la dispersion de leurs analyses, puisque, par essence même, leurs grains usés sont plus ou moins calibrés, petits et forment un ensemble relativement homogranulaire.

Outre le phénomène de dolomitisation variable (le Viséen étudié en donne de beaux exemples), les fluctuations les plus à craindre proviennent en fait de la place que prennent les organismes au sein de la roche. Ici n'interviennent que la macrofaune ou les grands foraminifères, donc cette remarque se limite pratiquement aux sédiments néritiques ou lacustres.

Il est au moins trois facteurs où la taille des organismes est susceptible d'influer sur les résultats analytiques :

- le rassemblement d'organismes de compositions chimiques variées, mais il s'avère que dans ce cas l'éventail des éléments intéressés est peu ouvert (Ca, Mg, Si, P);

- le rapport des teneurs en organismes et en ciment interstitiel si, bien entendu, le ciment est différent chimiquement des organismes qu'il relie (ce qui n'est pas toujours le cas). Encore faut-il préciser que ceci influe surtout sur les teneurs en éléments mineurs ou traces. Lorsqu'il est présent en très faible quantité, le ciment a une influence négligeable. Ainsi, la plupart des lumachelles monog<sup>é</sup>nésiques donnent lieu à des analyses chimiques parfaitement concordantes;

- les phénomènes d'épigénie ou de métasomatose. Ils ne sont pas liés aux seuls organismes, mais ceux-ci facilitent grandement les échanges de matières par les vides que laissent leurs loges ou les cavités de leurs tests. C'est là que se concentrent divers minéraux (dolomite, quartz, calcédoine, calcite pure, glauconie, collophanite etc...).

En fait le risque d'une "distorsion" des données analytiques, par suite de l'hétérogénéité granulométrique, est limité à un nombre restreint d'échantillons. On peut citer (en exemple) :

- 0618, Frasnien de la région de Givet où un peu de ciment juxtapose de grosses Entroques et des coquilles de Brachiopodes ou de Lamellibranches;

- les échantillons 16 (Lutétien inférieur de la région de St-Gobain) où de grosses nummulites sont séparées par un ciment relativement abondant constitué par une calcarénite glauconieuse.

- 12, le Paléocène de l'anticlinal de Plagne, où de gros Miliolitidés favorisent la cristallisation des sphérolites de calcédoine dans leurs loges.

On peut craindre aussi l'effet de la structure rubanée lorsqu'elle existe, comme dans le Virgulien de St-Champ (52). La variation d'épaisseur des lits, tantôt micritiques, tantôt bitumineux, peut avoir une influence certaine sur un échantillon de faible volume.

Lorsque l'on s'est trouvé dans de semblables cas, des quantités plus importantes de roche (2 à 3 km), furent prélevées.

#### b) Dans les calcaires métamorphiques.

La présence de phénoblastes dans une roche fait varier dans d'importantes proportions les analyses chimiques, selon le mode d'échantillonnage (P. Laffitte, 1957). Cependant, la structure de type porphyroblastique est rare dans les échantillons étudiés dans cet ouvrage (à l'exception de 0182) et de plus la taille des phénoblastes, quand ils existent, n'excède pas dix fois celle du grain moyen de la roche. Dans ces conditions on peut considérer ces calcaires métamorphiques comme un assemblage de grains de tailles voisines et petites.

Dans les roches au grain le plus gros (par exemple 0887, calcaire métamorphique des Vosges) le poids d'un grain est en moyenne de  $10^{-2}$  g. Donc chacun des prélèvements représenterait environ  $10^5$  fois le poids du grain moyen et  $10^4$  fois celui d'un phénoblaste. Ceci satisfait largement au critère de Laffitte (1957) qui préconise pour une analyse chimique, un poids d'échantillon au moins 100 fois égal à celui d'un phénoblaste.

#### 2) Au laboratoire

La procédure est la suivante :

L'échantillon est en premier lieu cassé en plusieurs morceaux de 4 à 5 cm de diamètre. Le concassage, effectué ensuite au broyeur à mâchoires, amène l'échantillon en grains de  $1 \text{ cm}^3$  maximum. Ce travail se fait en deux temps. En premier lieu, un tiers de l'échantillon est concassé puis éliminé, servant ainsi à "rincer" le broyeur. Seule la seconde partie de l'échantillon se conserve après broyage. Entre le concassage de deux échantillons différents, les mâchoires de l'appareil sont nettoyées à l'air comprimé, puis à l'alcool et séchées.

Enfin, les échantillons concassés subissent le broyage proprement dit, destiné à obtenir des poudres pouvant pratiquement passer au tamis N° 200, type Tyler (C. Jamont, 1959). On a utilisé un appareil\* à disque et couronne dont la

---

\* : Vibro-broyeur "Aurec" à disques oscillants, modèle T 100.

chambre de broyage est entièrement en carbure de tungstène, extrêmement pur, ce qui évite toute pollution par des éléments intéressant les analyses (W n'en fait pas partie).

Les précautions déjà prises lors du concassage sont à nouveau respectées à ce stade. De l'échantillon concassé sont prélevées deux parties aliquotes d'environ 150 g. La première sert à rincer le broyeur et se trouve éliminée. On conserve la seconde pour les analyses, soit 60 à 70 g pour la chimie globale et approximativement autant pour spectrochimie et collection.

D'un échantillon à l'autre, tous les éléments de la chambre en carbure subissent les opérations suivantes :

- a) nettoyage à l'eau claire;
- b) rinçage à l'eau légèrement acidulée (pour éliminer les restes de carbonates);
- c) nouveau rinçage à l'eau claire (élimination des traces d'acide);
- d) badigeonnage à l'alcool;
- e) séchage à l'air comprimé.

## II. ANALYSES PROPREMENT DITES

Avant d'aborder la présentation des résultats issus de l'analyse chimique ou spectrochimique, il devient utile d'apporter certaines précisions sur les grandes coupures qui interviennent nécessairement dans cet ensemble de valeurs numériques très variées. J'ai nommé les éléments majeurs, mineurs et traces.

Shaw (1964) préconise un découpage selon les intervalles de teneurs bien précis :

- les éléments majeurs auront des teneurs (en éléments ou en oxydes) supérieures à 1 %.
- les éléments mineurs auront des teneurs comprises entre 1 et 0,1 %.
- les éléments en traces auront des teneurs inférieures à 0,1 %, soit à 1 000 p.p.m.

Goni (1966), citant Vinogradov, diversifie les éléments à faibles teneurs, en rares, mineurs et dispersés. Cependant, comme il le précise, "un élément dispersé dans la croûte peut très bien devenir mineur ou rare dans un groupe de roches particulier". De même, si l'on considère le découpage de Shaw (1964), des éléments peuvent appartenir à deux catégories voisines, surtout si l'on fait intervenir les oxydes. Ceci se produit non seulement en comparant les teneurs de deux groupes de roches fondamentalement différentes (siliceuses, carbonatées) mais également dans une même catégorie, entre deux espèces par-

faitement voisines ou d'âges différents. Pour s'en rendre compte il suffit de considérer le cas du potassium dans deux calcaires oolitiques, 58 (Séquanien) et 95 (Bathonien). D'autre part ces superpositions ne sont pas accidentelles et se produisent, du moins quant aux roches carbonatées, d'une façon courante par exemple pour Ti, P, Na, K, Sr en ne citant que des éléments à faibles concentrations auxquels on s'intéressera.

Ce problème de nomenclature n'est sans doute pas sans intérêt, mais il est pratique de pouvoir considérer, d'une part les données de l'analyse chimique globale et d'autre part les données spectrochimiques. Ici priment les conditions même de l'analyse, par conséquent j'utiliserai les qualificatifs majeurs et mineurs pour tous les éléments dont les teneurs sont données en oxydes dans les analyses chimiques et l'appellation trace pour tout ce qui provient des analyses spectrochimiques et par fluorescence. D'autant que ces distinctions suivent sensiblement les grandes coupures exposées précédemment. Enfin, tout en accordant la qualité de majeurs aux éléments dont les oxydes ont des teneurs supérieures à 1 % et de mineurs aux autres, je me garderai bien d'apposer a priori une étiquette définitive sur l'un quelconque d'entre eux.

#### I. ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES.

Toujours dans le but de limiter au mieux la dispersion des données analytiques, les analyses chimiques des éléments majeurs et mineurs ont toutes été confiées à un seul et même laboratoire\*. De telle sorte que si des erreurs d'expérimentation interviennent, elles sont généralement systématiques et les résultats n'en restent pas moins comparables, car en définitive, ce sont surtout les variations des teneurs observées qui priment, plutôt que leurs valeurs absolues.

Tous les résultats sont rassemblés dans le tableau II. Ce document occupe les pages suivantes et il est possible d'y rechercher n'importe quelle analyse en utilisant d'ordre d'échantillonnage.

On a laissé intercalé à dessein dans cet ensemble de résultats issus de roches carbonatées, les analyses portant sur certaines roches siliceuses. Elles apportent, en effet, un certain nombre d'enseignements précieux sur la nature chimique des gneiss encaissants ou des niveaux silicatés interstratifiés qui peuvent accompagner les calcaires métamorphiques étudiés.

---

\* : Département de Minéralogie du Commissariat à l'Energie atomique (Fontenay-aux-Roses).

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES.

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>	(°)
0102	0,73	0,45	0,24	0,03	54,32	0	0,05	0,05	0	0	0	0,22	44,40	100,29	44,10	
0202	0,44	0,57	0,24	0,10	54,88	0	0,04	0,02	0	0	0	0,30	43,45	100,04	43,00	
0302	1,76	0,51	0,31	0	53,76	0	0,06	0,02	0	0	0	0,27	43,50	99,76	43,00	
0402	0,83	1,09	0,31	0	53,76	0	0,06	0,05	0	0	0	0,40	43,13	99,63	42,90	
0502	0,87	1,57	0,31	0	53,20	0	0,04	0,07	0	0	0	0,45	43,13	99,64	42,10	
0602	0,19	0,57	0,31	0	54,32	0	0,04	0,02	0	0	0	0,40	43,80	99,66	43,70	
0104	0,22	0,65	0,24	0	54,88	0	0,04	0,02	0	0	0	0,51	43,64	100,20	43,90	
0204	0,42	0,57	0,15	0	54,32	0	0,04	0,02	0	0	0	0,40	43,82	99,74	43,40	
0304	0,45	0,65	0,31	0,04	54,88	0	0,07	0,04	0	0,02	0	0,55	43,24	100,25	44,30	
0404	0,22	1,02	0,40	0,01	54,32	0	0,05	0,02	0	0	0	0,62	43,50	100,16	43,70	
0504	0,75	1,57	0,31	0	53,76	0	0,05	0,02	0	0	0	0,70	43,02	100,18	43,60	
0107	0,30	1,12	0,40	0	54,32	0	0,04	0,02	0	0	0	0,43	43,37	100,00	41,24	
0207	0,28	1,08	0,79	0	53,76	0	0,04	0,02	0	0	0	0,64	43,21	99,32	41,06	
0307	0,41	0,26	0,40	0	54,88	0	0,05	0,02	0	0	0	0,45	43,46	99,93	41,42	
0407	0,27	1,12	0,40	0	53,20	0	0,05	0,02	0	0	0	0,37	43,73	99,16	40,99	
0507	0,63	1,12	0,24	0,03	53,76	0	0,06	0,04	0	0	0	0,72	42,67	99,27	40,87	
0109	1,03	1,42	0,87	0,07	53,30	0,20	0,05	0,13	0	0	0,01	0,30	42,70	100,09	40,20	
0209	2,03	1,68	0,87	0,01	52,20	0,20	0,05	0,13	0,04	0,06	0,05	0,68	41,93	99,93	41,50	
0309	2,19	0,40	1,03	0,05	52,52	0,10	0,02	0,14	0	0	0,01	0,34	42,91	99,71	41,60	
0409	1,28	1,57	0,87	0,06	52,46	0,20	0,03	0,13	0	0	0,01	0,33	43,06	99,99	37,30	
0509	0,83	0,66	0,71	0	53,94	0,20	0,03	0,09	0	0	0,01	0,43	43,09	99,99	40,90	

TABLEAU II

ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub> (°)
0609	0,66	0,81	0,79	0,05	53,68	0,40	0,04	0,09	0	0,06	0,01	0,88	42,71	100,12	40,20
0709	0,63	0,86	0,79	0,00	53,20	0,40	0,05	0,05	0,02	0,06	0,04	0,45	42,55	99,10	42,16
0510	1,15	0,40	1,19	0,37	30,24	20,56	0,08	0,04	0	0,13	0	0,41	45,42	99,99	45,00
0610	0,68	0,60	0,55	0,27	30,80	20,56	0,06	0,05	0	0,08	0	0,30	46,04	99,99	46,00
0710	0,34	0,26	0,64	0,35	31,36	20,16	0,08	0,03	0	0,10	0	0,34	46,12	99,78	46,00
0810	1,04	0,65	0,87	0,27	29,68	20,16	0,06	0,02	0	0,10	0	0,42	46,17	99,44	45,80
1010	0,76	0,26	0,95	0,34	29,68	20,56	0,06	0,02	0	0,12	0	0,52	46,09	99,76	46,00
1110	1,30	0,65	0,71	0,28	29,68	20,56	0,07	0,05	0	0,06	0	0,40	46,06	99,82	45,10
1210	0,77	0,40	0,63	0,28	29,68	20,96	0,08	0,02	0	0,07	0	0,35	45,53	99,77	46,00
1310	0,89	0,50	0,63	0,37	30,24	20,96	0,05	0,03	0	0,11	0	0,33	45,83	99,94	45,00
1410	1,00	1,10	1,19	0,37	29,68	20,16	0,10	0,04	0	0,11	0	0,25	45,62	99,62	45,00
1510	3,32	1,12	1,19	0,35	48,16	3,22	0,06	0,14	0	0,10	0	0,50	41,51	99,67	40,50
0111	3,34	0,75	0,55	0	52,08	0,40	0,03	0,14	0	0	0	0,55	42,08	99,92	40,11
0211	4,20	0,75	0,40	0	52,08	0	0,06	0,10	0	0	0	0,55	41,08	99,22	39,00
0311	7,03	0,95	0,40	0,07	49,84	0,40	0,06	0,07	0	0	0	0,37	40,63	99,22	38,32
0411	5,00	1,07	0,47	0,01	50,40	0,40	0,12	0,10	0	0	0,01	0,26	41,37	99,21	39,64
0112	1,13	0,20	0,39	0,09	53,76	0,40	0,06	0,02	0	0	0,01	0,18	43,03	99,27	41,35
0212	1,02	0,57	0,31	0,02	53,76	0,80	0,12	0,03	0	0	0	0,33	43,10	100,06	41,04
0312	0,83	0,57	0,23	0,03	53,76	0,80	0,10	0,02	0	0	0	0,45	43,06	99,85	42,12
0412	1,00	0,57	2,31	0,02	52,64	0	0,05	0,01	0	0	0	0,31	43,43	100,34	41,38



TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite)

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub> (°)
0512	0,72	0,65	0,23	0,05	54,32	0	0,06	0,01	0	0	0,01	0,45	43,45	99,95	41,54
0612	7,21	0,90	1,03	0,03	49,28	0,40	0,06	0,15	0,03	0	0	0,72	39,80	99,59	37,80
0712	4,80	1,75	0,39	0,62	49,28	1,20	0,10	0,15	0,01	0	0,01	0,43	41,00	99,74	38,90
0812	1,90	0,75	0,31	0,01	53,20	0,40	0,11	0,09	0	0	0,01	0,58	42,48	99,34	41,00
0116	26,99	2,45	1,43	0,04	35,84	0	0,07	0,39	0	0	0	0,51	32,05	99,77	31,30
0216	20,46	0,90	0,47	0	42,00	0,40	0,12	0,18	0	0	0,01	0,38	35,01	99,93	33,40
0316	37,46	1,37	2,23	0,07	31,36	0	0,10	0,75	0	0	0	0,45	25,94	99,73	24,30
0416	15,36	0,70	0,47	0	45,12	0	0,08	0,11	0	0	0,01	0,35	37,17	99,37	34,90
0516	24,04	0,57	0,95	0	40,32	0,40	0,09	0,22	0,06	0	0,11	0,35	32,86	99,97	31,00
0616	15,67	1,37	0,71	0	43,68	0,40	0,06	0,12	0	0	0,04	0,35	36,97	99,37	34,60
0716	12,05	0,57	0,61	0,03	47,04	0,40	0,05	0,10	0	0	0	0,41	36,10	99,76	36,10
0117	35,58	4,38	0,71	0,32	30,84	0,80	1,15	0,47	0,20	0,06	0,08	0,35	24,60	99,51	27,10
0217	13,16	3,15	1,59	0,44	43,12	1,60	0,45	0,51	0,08	0,02	0,02	0,32	35,50	99,96	35,40
0317	25,61	6,62	1,91	1,82	34,16	0,16	0,03	1,10	0,19	0,05	0,04	0,05	27,93	99,98	23,70
0118	2,39	1,68	0,71	0,33	52,08	0,20	0,06	0,28	0	0,01	0,01	0,22	41,96	99,93	39,80
0218	2,49	1,68	0,55	0,38	50,96	0,53	0,07	0,23	0	0,01	0,01	0,26	42,89	100,06	39,50
0318	2,82	2,08	0,75	0,43	51,52	0,08	0,02	0,18	0	0,01	0,01	0,32	41,88	100,10	40,20
0418	1,75	1,68	0,75	0,44	52,64	0,10	0,05	0,23	0,02	0,04	0,01	0,23	41,94	99,92	36,30
0518	0,62	1,24	0,47	0,16	53,16	0,90	0,05	0,11	0	0	0,01	0,30	49,01	100,03	40,60

TABLEAU II

ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	Total	CO <sub>2</sub>
0618	6,21	2,14	4,00	0,82	47,08	0,40	0,07	0,39	0,07	0,07	0,01	0,23	38,56	100,05	35,50
0119	3,76	0,56	0,47	0,07	52,64	0,40	0,05	0,07	0	0	0,01	0,28	41,21	99,52	40,20
0219	0,50	0,68	0,47	0,05	54,32	0,40	0,05	0,06	0	0	0,01	0,35	43,40	100,29	42,40
0319	0,74	1,47	0,55	0,01	53,46	0,60	0,04	0,04	0,02	0,06	0,02	0,40	42,51	99,92	42,20
0419	0,31	0,48	0,31	0,05	54,88	0,10	0,02	0,04	0	0	0,01	0,20	43,56	99,96	39,80
0519	0,81	0,67	0,40	0,03	53,94	0,40	0,04	0,07	0	0	0,01	0,30	43,70	100,37	40,90
0619	0,36	0,41	0,47	0,04	53,68	0,80	0,04	0,05	0	0	0,01	0,54	43,67	100,07	43,00
0719	0,24	0,31	0,40	0,05	54,52	0,60	0,03	0,05	0	0	0,01	0,24	43,39	99,84	42,40
0120	0,24	0,57	0,31	0	54,88	0	0,07	0,01	0	0	0	0,27	43,71	100,06	44,20
0220	0,24	0,08	0,31	0	54,88	0	0,05	0,01	0	0	0	0,37	43,52	99,46	43,70
0320	0,28	0,50	0,31	0,01	54,88	0,20	0,04	0,01	0	0	0	0,16	43,64	100,03	44,10
0420	0,13	1,37	0,07	0,03	54,32	0	0,04	0,01	0	0	0	0,18	43,94	100,09	44,10
0520	0,27	0,45	0,07	0,02	54,88	0,20	0,04	0,01	0	0	0	0,16	43,57	99,67	43,30
0620	0,19	0,20	0,31	0,03	54,88	0	0,11	0,17	0	0	0	0,26	43,78	99,93	44,10
0720	0,12	0,50	0,15	0,07	54,88	0	0,10	0,02	0	0	0	0,34	43,94	100,12	44,50
0820	0,13	0,37	0,23	0,04	54,88	0	0,08	0,01	0	0	0	0,35	43,92	100,01	44,50
0920	0,17	0,37	0,23	0	54,88	0	0,09	0,02	0	0	0	0,43	43,86	100,05	44,10
1020	0,15	0,37	0,23	0	54,88	0	0,06	0,02	0	0	0	0,40	43,90	100,01	44,50
0121	1,16	1,57	0,40	0,01	52,76	0,60	0,04	0,09	0,02	0,06	0,02	0,45	42,89	100,07	43,30
0221	1,35	1,07	0,76	0,12	52,64	0,40	0,03	0,21	0	0	0,02	0,23	42,84	99,67	39,80



TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite)

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Perte au feu	total	CO <sub>2</sub>	(°)
0321	1,00	0,76	0,47	0	53,88	0,20	0,03	0,10	0	0,01	0,01	0,35	43,19	100,00	41,30	
0421	3,85	0,66	0,36	0,14	51,52	0,30	0,02	0,11	0	0,01	0,01	0,48	42,42	99,88	38,00	
0521	0,92	0,98	0,40	0,08	52,80	0,80	0,04	0,14	0	0	0,01	0,73	42,83	99,73	38,80	
0621	1,61	1,57	0,87	0,09	52,20	0,80	0,06	0,36	0,08	0,01	0,01	0,40	42,12	99,10	39,10	
0721	1,51	0,98	0,40	0,12	54,00	0	0,04	0,16	0	0	0,01	0,24	42,71	100,17	39,10	
0821	4,02	1,93	0,87	0,26	50,40	0,40	0,06	0,35	0,06	0	0,01	0,20	40,78	99,34	38,40	
=====																
0122	3,45	1,32	0,55	0,12	51,52	0,80	0,04	0,19	0	0	0,01	0,39	41,56	99,95	39,30	
0222	1,59	1,22	0,47	0,22	52,64	0,60	0,03	0,14	0	0	0,01	0,29	42,80	100,01	40,20	
0322	2,46	0,86	0,71	0,14	52,64	0,10	0,04	0,13	0	0	0,01	0,40	42,57	100,06	39,50	
0422	1,73	0,91	0,55	0,05	51,96	1,40	0,02	0,07	0,02	0,06	0,02	0,52	42,74	100,05	42,00	
0522	0,90	0,96	0,47	0,10	53,06	0,80	0,04	0,06	0	0	0,01	0,26	43,60	100,26	40,90	
=====																
0123	1,38	2,86	0,31	0,07	49,84	1,61	0,05	0,11	0	0	0	0,42	42,39	99,04	40,00	
0223	0,82	1,47	0,36	0,07	48,16	4,43	0,06	0,09	0,05	0,01	0	0,20	43,45	99,17	40,90	
0323	0,40	0,56	0,31	0,03	52,08	2,00	0,06	0,02	0	0,01	0	0,40	43,84	99,71	41,00	
0423	2,48	1,50	0,47	0,03	50,52	1,61	0,06	0,08	0	0,01	0	0,50	42,39	99,65	39,40	
0523	1,58	1,50	0,31	0,03	51,52	0,80	0,06	0,03	0	0	0	0,50	43,26	99,59	41,70	
=====																
0124	0,16	0,62	0,95	0,09	53,32	0,60	0,05	0,09	0	0	0,04	0,54	43,58	100,04	41,60	
0224	0,50	0,45	0,75	0,18	53,88	0,30	0,03	0,04	0	0,01	0,01	0,26	43,75	100,16	43,70	
0324	1,65	0,52	1,31	0,26	52,64	0,08	0,03	0,15	0	0,01	0,01	0,53	42,98	100,17	39,50	
0424	1,00	0,37	0,93	0,21	53,36	0,40	0,10	0,13	0	0	0,01	0,53	42,60	99,66	40,20	

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>
															(°)
0524	1,32	1,02	1,27	0,22	51,94	0,40	0,03	0,09	0	0	0,01	0,53	43,43	100,26	40,90
0125	0,99	1,22	0,55	0,07	52,52	0,80	0,10	0,12	0	0,01	0	0,51	43,10	99,99	41,90
0225	0,26	1,37	0,55	0,07	52,08	1,20	0,06	0,07	0	0,01	0	0,45	43,37	99,49	41,90
0325	0,46	1,37	0,55	0,12	52,64	0	0,08	0,08	0	0,01	0	0,26	43,71	99,28	41,70
0425	1,22	2,10	0,71	0,05	52,08	0	0,15	0,19	0	0	0	0,50	42,86	99,86	40,70
0525	0,33	1,77	0,47	0,07	52,64	0	0,08	0,05	0	0,01	0	0,34	43,49	99,25	41,50
0126	1,38	1,50	1,67	0,18	52,64	0	0,09	0,11	0	0,04	0,18	0,33	41,84	99,96	40,20
0226	0,85	1,50	1,35	0,20	52,64	0	0,06	0,06	0	0,02	0,08	0,50	42,76	100,02	41,00
0127	0,15	1,37	0,23	0	53,76	0	0,09	0,02	0	0	0	0,44	43,80	99,86	42,00
0227	0,12	0,37	0,15	0,01	52,32	0,40	0,08	0,02	0	0	0	0,33	45,88	99,68	41,60
0327	0,12	1,01	0,15	0,02	51,76	0,40	0,09	0,02	0	0	0	0,40	45,89	91,86	41,50
0427	0,29	0,25	0,23	0	54,28	0	0,08	0,02	0	0	0	0,40	44,16	99,71	41,40
0527	0,32	2,39	0,47	0,06	53,88	0,40	0,08	0,02	0	0	0	0,42	43,92	99,52	41,50
0128	1,08	0,88	0,24	0,01	53,76	0,40	0,06	0,06	0,02	0,06	0,02	0,47	43,00	100,06	43,70
0129	0,10	1,20	0,40	0	53,20	0	0,03	0,01	0	0	0	0,28	44,03	99,25	42,30
0229	0,13	1,23	0,07	0	54,32	0	0,03	0,01	0	0	0	0,33	43,58	99,70	42,30
0329	0,35	1,23	0,31	0	54,32	0	0,03	0,01	0	0	0	0,20	43,35	99,80	41,80
0429	0,34	0,50	0,31	0	54,60	0	0,03	0,01	0	0	0	0,14	43,96	99,89	42,10
0529	0,25	1,07	0,31	0	53,20	0,60	0,04	0,01	0	0	0	0,10	44,05	99,63	42,00

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	perte pau feu	total	CO <sub>2</sub>	(°)
0629	3,87	2,35	0,87	0,16	50,40	0	0,08	0,30	0,01	0,08	0,04	0,35	41,10	99,61	39,50		
0729	4,28	2,35	0,87	0,04	48,44	0,20	1,95	0,29	0	0	0	0,25	41,22	99,89	38,70		
0130	33,56	2,79	0,91	0,01	31,92	0	0,05	0,50	0,09	0	0	1,50	28,12	99,45	25,60		
0230	13,72	1,32	0,91	0	44,80	0	0,15	0,41	0,08	0	0	0,56	37,43	99,38	35,70		
0330	32,92	1,32	0,99	0	34,16	0	0,05	0,33	0,02	0	0,01	1,00	28,59	99,39	26,30		
0430	37,14	1,53	0,40	0,01	31,64	0	0,10	0,38	0,03	0	0,01	0,96	27,73	99,93	24,40		
0131	3,12	2,93	0,79	0,17	50,96	0,50	0,04	0,28	0	0,01	0,17	0,48	41,43	99,88	40,90		
0231	3,17	1,17	0,24	0,33	46,48	4,64	0,12	0,32	0,02	0,06	0,08	0,40	42,77	99,80	41,40		
0332	0,25	0,56	0,35	0,02	54,32	0	0,04	0,02	0	0	0	0,33	43,70	99,59	43,60		
0432	0,39	0,17	0,35	0,01	54,60	0	0,18	0,02	0	0	0	0,29	44,15	100,16	44,40		
0532	0,15	1,07	0,40	0,02	53,48	0	0,06	0,02	0	0	0	0,10	44,30	99,60	44,00		
0133	0,21	0,71	0,23	0	30,24	20,56	0,15	0,04	0	0	0	0,20	47,30	99,64	47,00		
0233	0,16	0,71	0	0	38,08	14,51	0,08	0,03	0	0	0	0,23	45,62	99,42	43,20		
0333	0,20	1,57	0	0,01	53,48	0,60	0,05	0,02	0	0	0	0,21	43,63	99,77	39,90		
0433	0,20	0,52	0	0,17	54,32	0,40	0,05	0,02	0	0	0	0,08	43,63	99,39	42,00		
0134	3,29	2,47	0,83	0,01	50,96	0,80	0,08	0,32	0,03	0,01	0	0,46	40,76	99,99	39,50		
0234	5,35	3,31	1,11	0,03	48,40	1,20	0,07	0,67	0,05	0,03	0	0,49	39,11	99,82	37,50		
0334	7,26	4,94	1,51	0,06	46,48	1,20	0,08	1,08	0,08	0,03	0,13	0,44	36,48	99,77	33,90		
0434	5,73	4,38	1,35	0,04	48,16	1,20	0,07	0,93	0,08	0,03	0,05	0,20	37,48	99,70	36,40		

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Perte au feu	total	(°) CO <sub>2</sub>
0136	1,00	0,57	0,71	0,17	52,64	1,60	0,11	0,10	0	0,03	0,36	0,16	42,53	99,98	40,30
0236	0,61	1,42	0,71	0,01	52,64	0,20	0,04	0,05	0	0,03	0,20	0,34	42,95	99,20	41,10
0336	1,10	1,47	0,63	0	52,64	0,20	0,05	0,10	0	0,03	0,13	0,41	42,67	99,43	41,00
0436	1,36	0,94	0,67	0,16	54,32	0,20	0,14	0,13	0	0,01	0,34	0,39	41,14	99,80	40,00
0138	28,25	3,26	1,27	0,14	36,40	0	0,07	0,46	0,08	0,01	0,09	0,39	29,00	99,42	26,60
0238	3,49	1,70	2,75	0,17	49,84	2,00	0,13	0,16	0	0,01	0,10	0,39	38,42	99,16	35,80
0338	2,45	1,32	1,59	0,15	53,20	0,40	0,11	0,10	0	0,01	0,15	0,44	40,25	100,17	37,90
0438	13,16	3,56	2,39	0,36	41,36	2,40	0,14	0,58	0,10	0,07	0,07	0,60	34,41	99,20	29,90
0538	2,02	1,47	1,59	0,16	52,64	0,80	0,11	0,09	0	0	0,08	0,43	40,15	99,54	37,50
0139	3,76	1,27	0,15	0,10	52,08	0,40	0,04	0,08	0	0	0	0,26	41,87	100,01	40,30
0239	3,87	1,19	0	0,08	51,52	0,80	0,03	0,07	0	0	0	0,24	41,80	99,60	40,70
0339	4,88	1,78	0,43	0,01	49,36	1,20	0,06	0,10	0	0	0	0,19	41,38	99,39	40,00
0140	2,16	0,91	0,87	0,17	49,28	3,00	0,07	0,16	0	0,01	0	0,18	42,66	99,47	42,40
0240	1,58	0,53	0,59	0,01	52,36	1,60	0,06	0,12	0	0,01	0	2,04	41,18	100,08	43,30
0340	1,06	0,53	0,59	0,02	53,20	1,40	0,07	0,12	0	0,01	0	0,11	43,15	100,26	44,60
0440	4,56	0,90	1,11	0,09	48,16	2,80	0,06	0,25	0	0,01	0	0,12	42,17	100,23	42,50
0540	0,64	0,40	0,43	0,17	53,48	1,40	0,04	0,09	0	0,01	0	0,10	43,25	100,01	42,90
0141	34,79	5,80	8,85	0,89	20,72	2,20	0,07	3,95	0,05	0,04	0,54	1,58	19,66	99,14	16,00
0241	16,18	2,14	3,19	0,57	39,76	1,40	0,07	1,30	0,06	0,08	0,64	0,88	32,96	99,23	30,70
0341	23,16	3,31	3,75	0,61	34,16	1,40	0,09	1,60	0,08	0,06	0,54	1,69	29,22	99,67	26,50

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>
0142	20,49	3,61	1,67	0,16	38,96	0,20	0,15	0,70	0,16	0,05	0,04	1,95	31,23	99,37	28,10
0242	9,49	2,75	1,11	0,05	47,04	0,20	0,05	0,42	0,07	0,01	0,08	1,17	37,51	99,95	34,40
0342	9,98	1,93	1,19	0,06	46,24	0,60	0,05	0,40	0,03	0,03	0,08	1,37	37,53	99,69	34,40
0442	12,37	2,65	1,12	0,07	44,80	0,20	0,08	0,60	0,08	0,03	0,08	0,75	36,77	99,60	33,40
0143	0,26	0,20	0,15	0,16	54,32	0,20	0,04	0,03	0	0,01	0,08	0,36	43,50	99,31	42,20
0243	0,73	0,20	0,47	0,04	54,04	0,20	0,06	0,02	0	0,01	0,08	0,34	43,46	99,65	41,40
0343	0,69	0,20	0,23	0,06	53,48	0,40	0,06	0,05	0	0,01	0,08	0,26	43,51	99,03	41,70
0443	0,79	0,50	0,63	0,07	53,48	0,20	0,05	0,02	0	0,01	0,08	0,26	43,49	99,51	41,50
0543	0,85	0,50	0,47	0	54,04	0,20	0,05	0,04	0	0,01	0,12	0,05	43,48	99,81	41,20
0643	0,89	0,86	0,40	0	53,20	0,20	0,05	0,03	0	0,01	0,09	0,03	43,44	99,20	41,30
0743	3,10	0,20	1,11	0	51,24	0,40	0,06	0,04	0	0,01	0,09	0,20	43,54	99,99	41,00
0843	0,71	0,87	0,23	0	53,76	0,20	0,05	0,05	0	0,03	0,13	0,37	43,21	99,61	41,60
0943	0,62	0,87	0,39	0	53,76	0,20	0,05	0,03	0	0,03	0,22	0,55	43,12	99,84	41,90
1043	0,50	0,68	0,47	0	54,32	0,20	0,05	0,03	0	0,03	0,13	0,41	43,25	100,07	42,00
1143	0,52	0,87	0,23	0	53,76	0,20	0,04	0,04	0	0,03	0,13	0,54	43,39	99,75	41,20
1243	0,42	0,68	0,31	0	53,76	0,20	0,03	0,03	0	0,03	0,13	0,35	43,77	99,71	42,10
1343	0,32	1,07	0,23	0	53,76	0,20	0,04	0,02	0	0,03	0,13	0,44	43,43	99,67	42,10
1443	0,44	0,29	0,23	0	54,32	0,20	0,05	0,03	0	0,03	0,13	0,50	43,93	100,15	42,10
1543	0,60	0,80	0,55	0	53,76	0,20	0,07	0,05	0	0,03	0,24	0,20	43,45	99,95	41,20
1643	0,60	0,98	0,47	0	53,76	0,20	0,05	0,06	0	0,03	0,50	0,21	43,45	99,95	41,00
1743	0,57	0,87	0,55	0	53,76	0,20	0,04	0,02	0	0,03	0,20	0,47	42,89	99,75	40,70
1843	0,60	0,76	0,23	0	53,76	0,20	0,03	0,04	0	0,03	0,18	0,45	43,09	99,80	40,40

TABLEAU II

ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	(°) CO <sub>2</sub>
1943	1,32	0,76	0,55	0	53,20	0,20	0,03	0,04	0	0,03	0,18	0,26	43,03	99,31	40,90
0145	2,53	1,04	0,67	0,01	51,60	1,61	0,06	0,14	0,02	0	0,01	0,17	41,76	99,62	38,90
0245	9,12	3,28	1,59	0,17	38,20	3,00	0,08	0,88	0,07	0,03	0,01	0,30	43,39	100,12	31,80
0146	0,37	0,42	0,23	0	53,76	0,40	0,04	0,03	0	0	0,01	0,44	43,32	99,02	42,60
0246	0,34	0,63	0,23	0	53,76	0,20	0,03	0,02	0	0	0,01	0,50	43,55	99,27	43,50
0346	0,50	0,42	0,39	0	54,32	0,20	0,04	0,04	0	0	0,01	0,39	43,88	100,19	43,80
0446	0,59	0,91	0,23	0	53,76	0,40	0,05	0,03	0	0	0,01	0,21	43,99	100,18	44,00
0546	0,24	0,42	0,20	0	54,32	0,40	0,07	0,04	0	0	0,01	0,22	44,10	100,02	44,20
0147	1,45	0,90	0	0,07	53,24	0	0,15	0,09	0,02	0	0,01	0,30	43,61	99,84	43,20
0247	1,37	0,50	0	0,08	53,24	0	0,05	0,08	0,03	0	0,01	0,32	43,61	99,29	41,80
0347	1,03	0,90	0,39	0,05	52,92	0,40	0,07	0,15	0,06	0	0,01	0,25	43,31	99,34	43,10
0447	0,82	0,87	0,23	0	53,76	0,20	0,05	0,04	0	0	0,01	0,40	43,50	99,88	43,00
0547	0,35	0,42	0,23	0	54,32	0,20	0,04	0,03	0	0	0,01	0,30	43,76	99,66	43,00
0148	0,29	0,42	0,16	0	54,88	0,20	0,03	0,01	0	0	0,01	0,28	43,53	99,81	43,20
0248	0,42	0,76	0,23	0	54,04	0	0,05	0,03	0	0	0,02	0,34	43,31	99,20	42,70
0348	0,15	0,48	0,59	0	54,04	0	0,07	0,16	0	0	0,02	0,28	43,94	99,73	43,20
0448	0,28	0,71	0,47	0	53,76	0	0,07	0,23	0	0	0,02	0,32	43,94	99,78	42,60
0548	0,24	0,94	0,36	0	52,64	0	0,35	0,65	0,01	0	0,02	0,38	43,78	99,36	42,90

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte l'eau feu	total	CO <sub>2</sub>
															(°)
0149	3,30	1,39	0,51	0	50,40	1,40	0,07	0,24	0,06	0,01	0,02	0,53	41,51	99,44	39,80
0249	3,72	1,22	0,95	0	49,84	1,00	0,07	0,24	0,11	0,01	0,02	0,28	41,91	99,37	38,70
0349	4,27	1,42	0,63	0,09	48,16	2,20	0,07	0,32	0,03	0,01	0,02	0,40	41,60	99,22	38,10
0449	2,00	1,93	1,11	0,04	50,40	1,20	0,07	0,24	0,02	0,01	0,02	0,52	42,38	99,94	40,10
0150	2,89	1,63	0,32	0	50,16	0,80	0,04	0,05	0,01	0,02	0,02	0,28	43,61	99,83	41,70
0250	2,89	1,47	0,79	0	50,92	1,20	0,04	0,13	0,01	0,02	0,02	0,25	42,12	99,86	40,00
0350	1,89	0,56	0,63	0	52,08	0,80	0,03	0,06	0,02	0,01	0,02	0,50	42,57	99,17	41,30
0450	4,00	1,17	0,71	0	51,28	0,80	0,07	0,17	0,01	0,01	0,02	0,42	41,21	99,87	39,40
0550	5,68	2,60	0,55	0	49,84	0,40	0,09	0,34	0,03	0,02	0,04	0,45	39,66	99,70	38,30
0650	4,33	0,56	0,71	0,02	51,90	0,40	0,05	0,10	0,05	0,01	0,03	0,10	40,77	99,03	39,60
0750	4,60	2,79	0,63	0	48,72	1,20	0,07	0,19	0,02	0,01	0,02	0,41	40,47	99,13	38,40
0850	5,55	2,03	0,55	0	48,60	1,60	0,08	0,20	0,02	0,03	0,02	0,43	40,22	99,33	38,00
0950	4,22	2,05	0,63	0	51,00	0,80	0,08	0,17	0,01	0,01	0,02	0,35	40,68	100,02	39,60
0151s	58,03	16,71	2,12	4,96	1,73	2,00	0,90	3,75	0,86	0,09	0,16	0,86	7,34	99,71	1,30
0251s	55,82	18,69	3,06	4,16	1,19	1,85	0,77	4,45	1,00	0,07	0,16	1,00	6,96	99,18	0,90
0152	35,79	0,61	0,40	0	33,48	0,80	0,05	0,03	0	0	0,02	0,25	28,24	99,67	25,60
0252	0,65	0,61	0,40	0	50,36	0,80	0,07	0,06	0	0	0,02	0,35	46,22	99,54	39,70
0352	0,39	0,40	0,40	0	52,88	0,80	0,04	0,03	0	0	0,02	0,40	44,16	99,52	41,00
0452	1,11	0,68	0,51	0	50,40	0,80	0,05	0,06	0	0	0,02	0,52	45,49	99,64	39,30
0552	0,81	0,50	0,55	0	53,20	0,80	0,04	0,02	0	0	0,02	0,20	43,97	100,11	42,40

TABLEAU II

ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>
															(°)
0652	1,39	0,76	0,40	0	49,04	0,80	0,04	0,05	0	0	0,03	0,67	46,36	99,54	37,60
0153	0,25	1,12	0,79	0	51,52	0,60	0,05	0,01	0	0,01	0,02	0,63	44,17	99,17	40,30
0253	0,20	0,63	1,79	0	51,96	0,20	0,09	0,01	0	0,04	0,01	0,90	43,82	99,65	38,80
0353	0,24	1,07	1,59	0	50,96	0,80	0,06	0,01	0	0,03	0,07	0,68	44,32	99,83	39,00
0453	0,41	1,35	1,47	0	51,52	0,20	0,07	0,03	0	0,01	0,02	0,54	43,61	99,23	39,90
0553	0,32	0,87	2,07	0	52,08	0,20	0,06	0,01	0	0,04	0,01	0,58	43,85	100,09	39,80
0653	0,31	1,02	1,35	0	52,08	0,20	0,07	0,02	0	0,01	0,01	0,73	43,90	99,70	40,00
0753	0,40	0,86	1,03	0,16	53,68	0,20	0,06	0,03	0	0,01	0,01	0,93	42,65	100,02	40,00
0853	0,22	0,14	1,95	0,02	53,20	0,40	0,08	0,01	0	0,04	0,01	0,68	42,90	99,65	40,00
0953	0,19	0,66	1,03	0	52,64	0,20	0,08	0,01	0	0,04	0,01	0,38	44,11	99,35	40,60
1053	0,20	0,93	1,23	0,04	52,08	0,20	0,09	0,03	0	0,04	0,01	0,63	43,79	99,27	40,10
0154	0,66	1,17	0,55	0	52,94	0,40	0,05	0,09	0	0,03	0,03	0,34	43,11	99,37	41,10
0254	0,66	0,91	0,55	0	53,20	0,40	0,06	0,10	0,07	0,03	0,02	0,34	43,18	99,52	41,00
0354	2,28	0,71	0,71	0	52,64	0,20	0,05	0,24	0,01	0,03	0,02	0,40	42,03	99,32	39,90
0454	2,73	1,07	0,71	0	50,96	0,40	0,06	0,34	0,01	0,02	0,13	3,14	40,37	99,94	39,50
0554	0,56	0,81	0,71	0	53,64	0,40	0,05	0,13	0	0,06	0,03	0,47	42,72	99,58	40,80
0155	0,61	1,83	0,47	0	53,64	0,20	0,08	0,02	0	0,02	0,01	0,32	42,34	99,54	40,90
0255	0,67	0,71	0,24	0	53,64	0,80	0,13	0,03	0	0,01	0,01	0,48	42,82	99,54	40,10
0355	0,64	0,96	0,55	0	53,76	0,40	0,10	0,04	0	0,03	0,02	0,37	42,86	99,73	39,90
0455	0,75	0,86	0,20	0	53,20	0,80	0,14	0,04	0	0,01	0,03	0,47	43,30	99,80	40,40



TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>
0555	1,10	0,91	0,63	0	53,20	0,60	0,13	0,04	0	0,01	0,03	0,63	0,63	42,68	99,96	39,90
0158	3,88	0,66	1,35	0,42	50,96	0,40	0,04	0,11	0	0,01	0,03	0,37	0,37	41,83	100,06	38,00
0258	2,06	1,88	1,11	0,41	50,96	0,80	0,06	0,10	0,02	0,02	0,02	0,65	0,65	41,52	99,61	43,70
0358	1,98	1,24	1,15	0,33	52,64	0,10	0,02	0,10	0	0,01	0,01	0,58	0,58	41,77	99,93	39,50
0458	1,76	1,88	1,27	0,32	51,52	0,40	0,08	0,11	0,02	0,02	0,02	0,40	0,40	42,08	99,88	39,70
0558	2,00	1,12	0,79	0,14	52,76	0,20	0,08	0,07	0,02	0,01	0,05	0,33	0,33	42,61	100,18	42,80
0658	4,00	1,95	1,51	0,32	50,40	0,20	0,08	0,12	0,02	0,02	0,02	0,60	0,60	40,99	100,23	40,40
0758	2,76	2,49	1,51	0,16	50,40	0,40	0,13	0,19	0,02	0,02	0,05	0,57	0,57	41,14	99,84	39,10
0159	24,96	4,12	0,55	0,02	36,96	0,20	0,55	1,75	0,03	0,02	0,09	0,56	0,56	30,00	99,81	27,30
0259	30,05	6,06	0,63	0,01	31,42	0,40	1,00	2,75	0,02	0,02	0,08	0,50	0,50	27,10	100,04	28,50
0359	18,08	2,65	1,11	0,01	40,88	0,80	0,60	1,65	0,02	0,02	0,08	0,62	0,62	33,30	99,82	32,90
0160	0,16	0,61	0,48	0,05	54,64	0,40	0,05	0,06	0,00	0,00	0,02	0,41	0,41	43,12	100,00	40,90
0260	0,56	0,61	0,29	0,08	54,38	0,08	0,02	0,09	0	0	0,01	0,30	0,30	43,58	100,00	40,90
0360	0,23	0,40	0,43	0,01	54,50	0,10	0,03	0,02	0	0	0,01	0,52	0,52	43,73	99,98	41,60
0460	0,47	0,52	0,87	0,01	54,00	0,40	0,11	0,14	0,02	0,06	0,02	0,28	0,28	43,09	99,99	41,40
0560	0,25	0,60	0,47	0,04	54,88	0,40	0,06	0,07	0,02	0,06	0,02	0,40	0,40	42,82	100,09	41,40
0660	0,49	0,72	0,40	0,05	53,98	0,40	0,05	0,07	0,02	0,06	-0,02	0,44	0,44	43,26	99,99	39,70
0760	0,50	0,68	0,55	0,09	53,72	0,60	0,06	0,05	0,02	0,06	0,02	0,28	0,28	43,17	99,80	41,80
0860	0,33	0,66	0,40	0,01	54,32	0,60	0,05	0,05	0,02	0,06	0,02	0,18	0,18	43,24	99,94	42,80
0960	0,67	0,66	0,71	0,01	53,40	0,60	0,05	0,12	0,02	0,06	0,02	0,22	0,22	42,79	99,33	40,90
1060	0,39	0,66	0,63	0,01	54,32	0,20	0,04	0,05	0,02	0,06	0,02	0,20	0,20	43,10	99,70	41,40

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	perte eau feu	total	(°)
0161	57,04	4,84	0,47	1,42	17,36	0,68	1,25	0,58	0,24	0,03	0,16	0,43	0,43	15,56	100,05	15,40
0261	48,21	5,45	0,70	1,30	22,40	0,56	1,18	0,62	0,24	0,03	0,16	0,21	0,21	18,58	99,64	18,20
0361	35,72	4,41	0,40	0,86	30,80	0,50	0,55	0,25	0,08	0,03	0,16	0,30	0,30	25,62	99,68	25,20
0461	45,30	4,33	0,33	1,45	24,96	0,68	1,25	0,52	0,26	0,03	0,16	0,10	0,10	20,39	99,76	20,30
0561	39,01	4,28	0,47	0,86	29,50	0,40	0,90	0,25	0,11	0,03	0,06	0,30	0,30	23,72	99,89	23,50
0661	53,97	5,96	0,36	1,73	17,99	0,72	1,80	0,48	0,24	0,08	0,16	0,28	0,28	15,42	99,19	14,90
0761	35,00	3,98	1,17	0,82	30,80	0,40	0,50	0,41	0,08	0,03	0,16	0,16	0,16	26,23	99,74	25,30
0861	22,42	2,44	0,47	0,39	39,20	0,64	0,05	0,23	0,08	0,02	0,06	0,39	0,39	32,88	99,27	32,40
0961	7,26	1,22	0,31	0,19	50,68	0,44	0,06	0,10	0,06	0,02	0,06	0,44	0,44	39,11	99,90	40,20
1061	17,68	2,44	0,24	0,42	42,28	0,80	0,05	0,20	0,08	0,03	0,16	0,17	0,17	35,21	99,76	34,10
1161	39,07	3,61	0,49	0,49	29,12	0,44	0,20	0,35	0,15	0,03	0,06	0,21	0,21	25,49	99,71	23,90
1261	20,65	2,87	0,78	0,23	40,88	0,40	0,03	0,27	0,05	0,02	0,07	0,30	0,30	33,06	99,61	32,70
1361	35,43	2,90	0,62	0,20	31,92	0,50	0,05	0,35	0,08	0,02	0,06	0,39	0,39	26,97	99,49	25,60
0164	9,40	3,92	1,03	0,25	41,44	4,03	1,02	0,22	0,10	0,10	0,16	0,38	0,38	37,18	99,18	36,80
0264	22,19	8,25	1,19	1,66	29,68	4,43	2,65	1,60	1,11	0,05	0,40	0,28	0,28	25,80	99,29	25,00
0166	14,18	5,50	1,35	0,46	36,96	3,00	2,15	1,55	0,37	0,02	0,29	0,60	0,60	33,16	99,59	32,90
0266	13,17	6,13	0,47	0,76	37,52	4,23	0,25	2,20	0,71	0,02	0,29	0,43	0,43	33,50	99,68	33,10
0366	10,70	5,30	1,03	0,07	39,76	4,03	0,80	1,33	0,46	0,02	0,26	0,10	0,10	35,96	99,82	34,70
0466	11,89	3,41	1,35	0,36	40,48	3,83	0,31	1,00	0,37	0,02	0,30	0,16	0,16	36,00	99,48	35,40
0566	29,31	11,00	1,35	1,59	24,08	3,62	3,55	2,42	1,07	0,04	0,76	0,04	0,04	21,08	99,91	20,25
0666	1,00	1,88	0,87	0,14	47,88	3,03	0,16	0,05	0,02	0,11	0,01	0,12	0,12	44,86	100,14	44,14

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte eau feu	total	CO <sub>2</sub>	(°)
0167	1,20	3,10	0,40	0,11	49,28	3,83	0,11	0,20	0,16	0,01	0,23	0,65	40,65	99,93	40,60	
0267	1,56	1,22	n.d.	0,42	48,72	4,03	0,82	0,09	0,02	0,00	0,17	0,09	42,69	99,83	42,40	
0367*	70,23	13,17	1,79	2,99	0,05	1,97	1,75	4,50	0,64	0,07	0,13	0,10	2,25	99,64	0,37	
0467*	68,45	12,94	0,55	2,93	1,96	2,66	3,40	3,16	0,65	0,06	0,21	0,04	2,54	99,55	0,50	
0567	8,76	2,85	0,87	0,26	44,24	2,82	0,42	0,15	0,02	0,02	0,21	0,03	38,82	99,47	38,60	
0667	3,85	1,96	0,67	0,24	47,60	2,41	0,25	0,11	0,02	0,04	0,17	0,03	42,00	99,35	40,60	
0767	0,30	0,35	4,54	0,17	48,72	2,82	0,13	0,04	0,02	0,01	0,15	0,01	42,68	99,84	42,40	
0867	2,41	0,35	0,40	0,07	48,16	5,64	0,11	0,04	0,02	0,01	0,13	0,04	42,21	99,59	41,80	
0967*	68,12	13,40	1,75	2,16	1,40	2,59	4,65	2,20	0,59	0,07	0,13	0,84	1,81	99,81	0,30	
1067*	66,98	13,40	2,31	2,01	1,12	2,82	4,75	3,00	0,56	0,03	0,22	1,10	1,56	99,86	0,50	
1167*	41,38	13,35	2,15	1,58	15,68	3,10	1,50	3,50	0,45	0,05	0,32	0,86	16,50	99,42	9,20	
1267	1,87	0,81	0,23	0,08	48,72	4,03	0,08	0,05	0,00	0,01	0,09	0,50	43,54	99,61	43,50	
1367	33,00	3,89	0,91	3,09	27,44	3,61	0,08	0,04	0,10	0,07	0,38	0,57	26,60	98,78	24,90	
1467*	67,56	15,49	0,40	3,26	0,11	2,29	3,75	3,05	0,50	0,04	0,12	0,61	1,98	99,86	0,20	
0168	0,20	1,17	0,40	0,14	50,96	3,32	0,19	0,11	0,01	0,03	0,09	0,37	43,30	100,29	41,60	
0268	3,30	2,98	0,12	0,26	49,28	1,81	0,23	0,36	0,08	0,02	0,28	0,14	40,97	99,83	38,00	
0368	1,20	1,32	0,55	0,13	49,00	4,63	0,12	0,09	0,02	0,03	0,17	0,13	42,49	99,88	39,70	
0468	3,60	1,35	1,39	0,08	42,76	4,63	0,16	0,15	0,05	0,02	0,11	0,08	41,56	99,94	41,30	
0568	1,60	2,80	1,22	0,05	47,60	4,23	0,15	0,22	0,02	0,01	0,17	0,04	41,68	99,79	39,20	
0668	0,12	0,00	3,27	0,12	50,96	2,82	0,11	0,05	0,02	0,01	0,13	0,02	42,37	100,00	42,30	
0768*	62,87	12,12	2,87	0,13	0,22	2,76	2,92	8,25	0,54	0,01	0,22	0,94	5,89	99,74	0,50	
0868*	68,02	9,27	1,27	0,27	0,56	3,02	3,10	3,30	0,85	0,04	0,20	1,54	8,50	99,94	0,53	

TABLEAU II

ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	(°) CO <sub>2</sub>
0968	25,46	11,21	0,95	0,25	29,40	3,83	1,55	1,25	0,25	0,03	0,84	0,73	23,95	99,70	23,70
1068	1,96	1,63	0,40	0,05	48,16	4,43	0,11	0,05	0,13	0,02	0,17	0,43	42,38	99,92	40,20
1168	0,37	1,01	0,31	0,09	50,96	3,20	0,07	0,08	n.d.	0,01	0,08	0,59	43,24	100,01	42,95
1268	13,35	4,61	1,07	0,35	42,00	5,24	0,19	0,50	0,11	0,03	0,52	0,73	31,30	100,00	30,90
1368*	46,28	16,15	3,03	1,24	17,75	2,21	2,10	1,05	1,10	0,05	0,29	0,82	7,47	99,54	5,98
1468*	54,86	14,54	3,00	1,17	12,48	2,90	1,37	1,85	0,51	0,06	0,22	0,75	5,84	99,55	5,40
1568*	13,12	3,51	1,51	0,21	43,68	2,41	0,35	0,55	0,24	0,02	0,26	0,69	33,92	99,77	30,20
1668*	44,23	13,50	3,83	0,88	18,20	6,16	0,80	2,00	0,56	0,10	0,29	0,82	8,50	99,87	6,60
1768*	43,30	12,89	3,03	1,25	16,96	5,72	0,70	2,25	0,77	0,12	0,60	1,03	8,99	99,61←	6,40
1868*	41,12	17,42	9,90	2,00	0,78	2,58	3,85	1,65	0,69	0,05	0,54	3,55	11,43	100,56←	0,73
-----															
2068	5,50	6,62	1,19	0,29	40,48	3,20	0,13	0,26	0,05	0,02	0,12	0,69	40,58	99,13	40,10
2168	6,37	1,52	1,43	0,34	43,68	4,83	0,08	0,24	0,06	0,02	0,15	0,76	39,80	99,28	37,80
2268	7,96	1,37	1,03	0,31	43,68	4,63	0,06	0,32	0,06	0,03	0,17	0,72	39,30	99,64	36,70
2368	2,06	1,27	0,87	0,15	49,28	4,03	0,13	0,31	0,04	0,03	0,18	0,81	41,14	100,30	39,86
2468	6,00	11,98	0,63	0,09	39,96	8,46	0,08	0,26	0,02	0,03	0,17	0,75	40,70	99,13	38,91
2568	4,22	1,08	0,39	0,12	46,48	4,43	0,05	0,13	0,00	0,02	0,18	0,85	41,59	99,54	39,80
=====															
← : total 1768, dont 2 % As; total 1868, dont 5 % As.															
=====															
0169	65,16	18,55	0,58	1,15	1,87	0,80	4,70	4,90	0,26	0,02	0,17	0,58	1,36	100,09	1,30
0269	15,71	1,95	0,78	0,70	26,88	16,88	0,05	0,05	0,08	0,22	0,62	0,66	35,48	100,06	32,90
0369	50,83	19,26	2,08	5,51	4,59	3,97	4,50	2,75	0,81	0,08	0,24	0,50	4,16	99,28	3,80
0569	50,66	4,28	0,97	3,25	16,80	18,74	0,07	0,13	0,08	0,08	0,06	1,02	3,66	99,80	n.d.

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Perte à l'air sec	total	CO <sub>2</sub>	(°)
0669	22,15	1,63	0,26	5,85	14,08	18,61	0,07	0,08	0	0,11	0,18	1,72	5,12	99,86	n.d.	
0769	21,09	0,91	0,62	0,73	32,48	12,36	0,03	0,03	0	0,16	0,19	0,91	30,50	100,01	30,40	
0869	49,85	1,07	0,65	2,20	12,08	22,29	0,08	0,06	0	0,06	0,27	2,05	9,14	99,80	6,10	
0170	1,71	1,57	0,63	0,07	52,64	0,40	0,05	0,15	0	0	0,02	0,36	42,48	100,08	40,60	
0171	0,47	0,76	0,55	0,01	53,76	0,60	0,06	0,08	0,02	0,06	0,02	0,28	43,22	99,89	39,60	
0172	0,13	1,73	0,79	0,09	51,32	0,80	0,06	0,15	0	0,01	0,02	0,36	42,97	99,43	40,90	
0272	0,20	0,20	0,31	0,08	54,88	0,08	0,01	0,04	0	0,01	0,01	0,54	43,75	100,11	41,30	
0372	0,08	0,40	0,47	0,04	55,20	0,10	0,03	0,02	0	0,01	0,01	0,20	43,34	99,90	41,30	
0472	2,64	1,52	0,40	0,19	52,42	0,80	0,05	0,22	0,02	0	0,13	0,67	41,20	100,26	38,80	
0572	4,35	3,72	1,03	0,15	47,13	2,80	0,04	0,18	0,05	0,01	0,05	0,50	39,60	99,61	37,30	
0672	0,68	1,00	0,55	0,01	54,44	0,20	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,20	42,80	100,01	42,80	
0772	0,28	0,35	0,55	0,05	54,66	0,20	0,04	0,03	0,02	0,06	0,02	0,40	43,35	100,00	41,70	
0872	1,09	0,66	0,40	0,01	53,96	0,30	0,04	0,03	0,02	0,06	0,02	0,85	41,45	99,39	40,90	
0972	0,77	1,12	0,71	0,01	53,76	0,20	0,04	0,03	0,02	0,01	0,02	0,25	42,83	99,77	41,30	
0174	2,05	1,93	0,30	0,32	50,28	0,72	0,05	0,14	0	0,01	0,16	0,46	43,50	99,92	40,00	
0274	1,36	2,34	0,30	0,33	51,52	0,52	0,02	0,10	0	0,01	0,06	0,46	42,91	99,93	41,00	
0175	1,50	1,63	1,27	0,17	52,60	0,20	0,07	0,17	0,02	0,02	0,02	0,89	41,34	99,90	40,20	

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf. :	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	Perte au feu	total	CO <sub>2</sub>
0176 :	2,32	1,73	0,52	0,03	50,72	0,48	0,10	0,33	0	0,03	0,16	0,16	0,72	0,72	42,32	99,46	41,60
0276 :	3,36	2,16	0,32	0,06	51,56	0,10	0,06	0,11	0	0,01	0,16	0,16	0,30	0,30	41,56	99,96	41,30
0177 :	38,76	7,87	1,71	0,36	26,88	3,62	0,86	1,80	0,69	0,03	0,16	0,16	0,32	0,32	16,58	99,64	16,00
0277 :	38,09	4,38	2,95	0,35	27,44	4,43	3,10	1,90	0,45	0,14	0,16	0,16	0,12	0,12	13,67	99,88	13,40
0377* :	53,79	11,64	2,59	0,84	13,60	4,53	2,75	3,37	0,54	0,17	0,17	0,17	0,13	0,13	5,24	99,36	3,30
0477 :	30,50	9,40	1,55	2,52	26,88	2,82	1,90	2,70	0,37	0,07	0,21	0,21	0,17	0,17	20,50	99,60	19,25
0577* :	62,75	10,39	0,79	4,38	3,02	5,08	4,10	2,92	0,66	0,08	0,21	0,21	0,17	0,17	4,98	99,53	1,56
0181 :	3,60	1,69	0,58	0,13	51,58	0,20	0,20	0,17	0,03	0,01	0	0	0,38	0,38	41,00	99,57	40,10
0281 :	3,51	1,64	0,28	0,08	51,86	0,44	0,09	0,11	0	0,01	0	0	0,32	0,32	41,31	99,65	41,00
0381 :	2,96	2,14	0,40	0,10	51,03	0,66	0,11	0,09	0	0,01	0	0	0,18	0,18	41,68	99,36	41,00
0481 :	2,01	1,14	1,93	0,13	51,76	0,20	0,08	0,10	0,03	0,01	0	0	0,30	0,30	41,68	99,37	40,60
0581 :	2,04	0,60	0,53	0,06	53,48	0,12	0,07	0,05	0	0,01	0	0	0,09	0,09	42,55	99,60	41,40
0182 :	14,13	4,69	0,79	2,15	43,80	0,80	0,50	0,16	0,22	0,01	0	0	0,53	0,53	31,30	99,18	29,80
0183* :	62,93	16,10	2,95	2,87	0,56	2,49	2,15	4,80	0,81	0,01	0,18	0,18	0,89	0,89	2,36	99,10	0,09
0283* :	72,47	12,48	0,32	2,57	0,39	1,77	2,55	3,30	0,48	0,02	0,11	0,11	0,21	0,21	2,75	99,42	0,12
0383* :	69,13	14,82	0,32	0,70	0,61	0,64	3,50	7,75	0,19	0,03	0,16	0,16	0,46	0,46	1,23	99,54	0,21
0483 :	7,04	1,01	0,40	0,42	44,52	3,62	0,11	0,46	0,03	0,01	0,15	0,15	0,35	0,35	41,70	100,02	36,60
0583* :	55,50	14,11	2,07	1,75	11,48	4,31	1,00	2,70	0,64	0,12	0,22	0,22	0,88	0,88	5,09	99,87	4,86
0683* :	68,54	15,59	0,87	0,81	1,00	1,00	3,75	5,70	0,35	0,01	0,36	0,36	0,30	0,30	1,47	99,75	0,04
0783* :	64,57	16,25	0,47	0,14	1,68	0,24	1,60	12,75	0,05	0,01	0,88	0,88	0,26	0,26	0,88	99,78	0,30

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>	(°)
0883	0,80	0,40	0,47	0,05	54,27	0,01	0,03	0,03	0,02	0,01	0,04	0,45	42,86	99,43	42,00	
0983	0,95	0,67	0,07	0,05	53,87	0,12	0,04	0,03	0,02	0,01	0,04	0,60	43,30	99,77	40,60	
1083	0,98	1,30	0,47	0,05	54,32	0,01	0,02	0,05	0,02	0,02	0,04	0,19	43,04	100,50	42,40	
1183*	47,65	15,18	1,27	1,48	14,84	0,60	1,30	4,10	0,48	0,07	0,24	0,08	12,48	99,77	11,80	
1283	4,82	0,50	0,15	0,23	46,20	5,12	0,03	0,13	0,02	0,02	0,08	0,38	42,00	99,68	41,00	
1383	4,56	0,61	0,55	0,47	47,32	4,03	0,03	0,04	0,02	0,11	0,04	0,34	41,84	99,96	40,60	
1483*	66,00	14,52	1,19	3,49	0,84	2,17	2,70	4,05	0,66	0,02	0,04	0,91	1,52	98,11	0	
=====																
0184*	67,52	16,51	0,79	1,34	2,96	1,61	4,70	1,75	0,45	0,01	0,08	0,63	1,06	99,41	0,02	
0284	17,29	2,29	0,79	0,37	30,07	14,03	0,08	0,65	0,14	0,02	0,04	1,40	32,29	99,46	32,00	
0384	12,61	1,93	0,87	0,24	31,64	16,73	0,11	0,31	0,05	0,01	0,04	0,57	34,59	99,70	31,00	
0484	10,88	2,49	1,03	0,30	31,64	15,92	0,12	0,72	0,10	0,01	0,04	0,41	35,50	99,16	27,50	
0584	5,98	1,06	0,47	0,21	50,40	1,41	0,04	0,23	0,03	0,01	0,04	0,80	38,82	99,50	37,90	
0684	10,48	0,80	0,55	0,15	41,16	9,07	0,05	0,39	0,07	0,01	0,04	0,80	36,00	99,57	32,50	
0784*	60,76	13,60	3,03	2,18	5,09	5,80	2,75	1,97	0,55	0,02	0,16	0,32	2,75	98,98	0,25	
0884	19,73	2,39	0,79	0,31	32,87	11,81	0,08	0,54	0,11	0,01	0,04	0,79	29,46	98,83	26,20	
0984*	62,83	17,07	0,87	1,19	3,69	3,79	4,15	3,40	0,47	0,01	0,23	0,27	2,20	100,17	0,25	
1084	10,50	1,09	0,95	0,16	39,20	9,67	0,05	0,55	0,13	0,01	0,04	0,30	36,69	99,34	34,80	
1184	3,97	1,88	0,55	0,13	49,00	2,70	0,03	0,05	0,02	0,01	0,07	0,33	41,14	99,88	40,60	
1284	11,87	1,22	0,47	0,24	33,64	11,89	0,04	0,37	0,03	0,01	0,04	0,37	39,21	99,40	35,60	
1384*	60,37	19,46	1,11	1,83	4,42	2,37	5,10	2,35	0,66	0,01	0,28	1,02	0,77	99,75	0,21	
=====																
0185*	53,51	15,79	1,51	3,49	2,52	9,67	1,70	3,50	0,72	0,04	0,22	0,36	6,90	99,93	0,06	
0285	10,29	2,54	1,03	0,31	41,16	6,73	0,04	0,04	0,03	0,02	0,15	0,92	34,77	99,03	33,00	

TABLEAU II

ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>
															(°)
0385	3,92	1,52	0,31	0,19	41,44	10,60	0,07	0,22	0,03	0,01	0,04	0,49	41,50	100,34	40,30
0485	5,24	2,24	0,42	0,15	43,96	6,85	0,08	0,32	0,07	0,01	0,06	0,36	39,80	99,56	36,60
0585	2,06	1,96	0,32	0,28	36,80	14,08	0,13	0,13	0,01	0,01	0,01	0,30	43,64	99,72	41,80
0685	5,29	1,06	0,31	0,38	30,80	18,95	0,05	0,12	0,03	0,02	0,04	0,78	42,44	99,27	40,60
0785	3,98	0,05	0,40	0,28	38,36	13,50	0,06	0,03	0,02	0,09	0,11	0,19	42,52	99,59	41,10
0885*	52,14	16,66	3,51	3,10	4,70	7,66	2,45	3,70	0,81	0,04	0,26	0,41	4,07	99,61	0,64
0985	3,59	0,40	0,63	0,14	47,88	4,83	0,06	0,23	0,02	0,01	0,04	0,52	41,07	99,42	39,30
1085	6,83	0,46	0,71	0,23	40,32	10,68	0,04	0,36	0,07	0,01	0,04	0,45	38,86	99,06	35,80
1285	15,45	0,96	0,71	0,54	36,96	10,68	0,03	0,11	0,05	0,01	0,10	0,47	33,00	99,07	31,60
1485*	63,43	15,44	7,02	1,02	1,45	2,86	2,80	3,15	0,56	0,05	0,04	0,90	0,20	98,92	0
0186*	74,78	12,63	0,15	0,49	1,06	0,20	4,20	3,25	0,02	0,01	0,36	0,11	2,00	99,26	0,08
0286	38,05	11,36	1,27	2,11	14,84	11,97	0,63	1,40	0,45	0,12	0,08	1,11	17,00	100,39	11,50
0386	40,56	11,66	1,51	1,04	20,72	4,39	1,92	2,80	0,32	0,10	0,37	1,10	13,37	100,19	9,80
0187*	52,01	9,98	2,09	0,52	13,06	8,91	1,22	2,00	0,19	0,03	0,18	0,71	8,27	99,27	5,40
0287	1,80	1,32	0,04	0,05	53,60	0,01	0,06	0,04	0,03	0,01	0,07	0,70	42,44	100,16	42,40
0387*	56,55	17,68	1,11	0,35	6,49	0,12	9,75	0,75	0,02	0,01	0,07	0,94	5,50	99,34	4,24
0487	1,21	1,57	0,04	0,05	53,76	0,01	0,05	0,04	0,02	0,01	0,09	0,33	42,78	99,95	41,10
0587	2,47	1,10	0,40	0,05	53,76	0,01	0,04	0,04	0,03	0,01	0,04	0,78	41,66	100,38	41,10
0687	0,96	0,55	0,07	0,05	53,87	0,12	0,08	0,05	0,03	0,01	0,04	0,59	42,61	99,03	40,60
0787	1,31	0,14	0,47	0,09	51,80	1,49	0,05	0,11	0,03	0,01	0,04	0,30	43,04	98,88	41,10
0887	2,67	0,26	0,31	0,05	50,68	3,02	0,03	0,03	0,02	0,01	0,11	0,48	41,28	98,95	40,60
0987	5,53	0,10	0,15	0,14	44,80	8,46	0,05	0,06	0,02	0,02	0,07	0,24	40,09	99,73	37,50

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>	(°)
0188	10,25	1,78	0,79	0,17	21,84	21,77	0,09	0,10	0,03	0,11	0,04	0,55	42,53	100,05	40,20	
0288	3,13	1,52	0,71	0,15	24,80	22,78	0,09	0,10	0,02	0,11	0,10	0,80	45,47	99,78	44,00	
0388	0,57	1,17	0,47	0,18	26,04	23,38	0,08	0,06	0,03	0,05	0,04	0,50	46,75	99,32	46,20	
0488	0,43	1,73	0,31	0,24	25,76	24,79	0,12	0,10	0,03	0,06	0,04	0,45	46,02	100,08	45,10	
0588	1,52	0,55	0,55	0,30	23,68	24,35	0,08	0,11	0,03	0,17	0,04	0,90	47,17	99,45	44,70	
0189	43,19	5,60	1,75	0,33	37,40	2,61	0,19	1,05	0,22	0,03	0,04	0,63	6,26	99,30	3,50	
0289	28,77	5,86	1,19	0,39	36,68	3,22	1,07	1,25	0,22	0,01	0,04	0,42	20,72	99,84	20,30	
0389	6,76	0,45	0,31	0,08	53,48	0,01	0,12	0,10	0,03	0,01	0,04	0,50	38,56	100,44	36,10	
0489	4,93	1,63	0,23	0,05	51,52	0,01	0,08	0,13	0,03	0,01	0,04	0,40	40,86	99,96	40,30	
0589	13,22	2,19	0,55	0,10	50,68	0,01	0,15	0,24	0,05	0,01	0,04	0,80	31,88	99,91	28,40	
0689	7,90	0,20	0,40	0,08	51,07	0,32	0,12	0,12	0,03	0,01	0,04	0,35	39,18	99,82	35,30	
0789	37,48	4,24	1,27	0,30	39,48	1,81	0,17	0,77	0,16	0,01	0,04	0,33	13,19	99,25	12,20	
0889	11,82	3,15	1,03	0,10	43,68	2,01	0,53	0,70	0,11	0,01	0,04	0,57	36,24	99,99	32,80	
0190	1,68	2,19	0,31	0,20	29,68	20,16	0,07	0,08	0,03	0,01	0,04	0,62	45,62	100,69	45,50	
0290	1,23	0,25	0,55	0,18	30,24	20,36	0,08	0,07	0,03	0,01	0,04	0,40	46,09	99,53	45,90	
0390	4,95	1,01	0,23	0,25	24,24	23,26	0,06	0,04	0,02	0,02	0,04	0,30	43,67	99,09	42,60	
0490	5,60	0,76	0,23	0,21	24,19	23,70	0,08	0,06	0,03	0,01	0,04	0,50	44,05	99,56	43,80	
0191	1,00	0,65	0,47	0,16	53,76	0,60	0,05	0,08	0	0	0,02	0,36	43,33	100,48	40,60	
0291	2,40	0,40	0,24	0,04	53,20	0,12	0,03	0,04	0	0,01	0,01	0,53	42,87	99,99	39,80	
0391	0,44	0,66	0,16	0,14	53,76	0,20	0,03	0,03	0	0	0,01	0,14	43,98	99,99	41,60	
0491	0,70	1,07	0,40	0,17	53,40	0,80	0,08	0,09	0	0	0,01	0,70	42,94	100,36	41,30	

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Partie pau feu	total	(°)	CO <sub>2</sub>
0591	0,60	0,55	0,40	0,10	53,52	0,40	0,04	0,05	0	0	0,01	0,43	43,58	99,68	41,30	
0691	0,69	0,56	0,47	0,12	54,02	0,80	0,04	0,06	0	0	0,01	0,40	43,10	100,27	40,20	
0791	3,09	0,21	0,55	0,10	51,96	0,80	0,03	0,06	0	0	0,01	0,40	42,44	99,67	38,80	
0891	0,83	0,71	0,40	0,06	53,64	0,90	0,03	0,07	0	0	0,01	0,33	43,21	100,19	39,50	
0991	1,00	0,68	0,24	0,14	53,76	0,80	0,06	0,06	0	0	0,01	0,27	42,79	100,00	38,00	
1091	0,37	0,28	0,24	0,23	54,68	0	0,03	0,02	0	0	0,01	0,26	44,00	100,12	40,20	
1191	1,43	1,07	0,35	0,04	52,64	0	0,05	0,02	0	0	<b>0,36</b>	<b>0,36</b>	<b>43,52</b>	<b>99,48</b>	<b>41,30</b>	
0192	1,46	1,52	0,55	0,23	52,64	0,30	0,06	0,21	0	0	0,02	0,40	42,53	99,92	39,80	
0292	2,75	1,57	0,55	0,20	51,96	0,10	0,04	0,22	0,19	0,01	0,01	0,38	41,83	99,81	38,00	
0193	41,72	11,56	3,35	1,36	18,20	2,52	0,07	2,75	0,51	0,04	0,08	0,64	17,07	99,87	14,20	
0293	39,85	11,77	4,70	1,11	23,00	0,16	0,03	2,85	0,43	0,04	0,06	0,46	17,39	99,85	13,30	
0393	30,12	8,91	3,75	0,42	29,12	0,30	0,07	2,15	0,32	0,09	0,07	0,45	24,05	99,82	20,10	
0493	27,01	9,07	2,63	1,27	32,48	0,08	0,06	1,30	0,30	0,02	0,03	0,53	25,39	100,17	21,50	
0593	23,46	5,09	1,59	0,60	36,40	1,60	0,04	0,64	0,16	0,01	0,30	0,42	30,10	100,41	30,00	
0693	31,12	9,07	1,83	1,92	26,88	2,80	0,08	1,60	0,31	0,06	0,08	0,54	23,5	99,82	21,0	
0793	32,61	8,05	2,79	0,85	27,72	1,80	0,06	1,70	0,34	0,02	0,01	0,52	23,10	99,57	11,20	
0893	38,02	10,44	2,95	0,94	24,08	0,40	0,10	2,20	0,43	0,02	0,06	0,22	19,81	99,67	14,00	
0993	16,89	3,92	1,43	0,50	44,08	0	0,04	0,50	0,13	0,03	0,01	0,25	32,03	99,81	30,20	
1093	21,98	1,63	1,43	0,75	39,44	0,80	0,04	0,65	0,11	0,04	0,06	0,26	32,70	99,87	30,00	
1193	40,86	10,53	3,91	1,52	20,44	0,60	0,60	2,40	0,46	0,04	0,01	0,25	18,26	99,88	11,10	

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>
															(°)
0194	2,25	0,89	0,52	0,12	52,32	0,16	0,04	0,09	0	0	0,01	1,50	41,78	99,68	41,60
0294	1,26	0,71	0,40	0,12	53,76	0,16	0,02	0,12	0	0,01	0,01	0,53	42,85	99,95	40,60
0394	1,49	1,17	0,63	0,09	52,08	0,20	0,03	0,13	0	0,01	0,01	0,25	43,97	100,06	39,10
0494	1,20	1,43	0,73	0,12	53,38	0,40	0,04	0,17	0	0	0,01	0,52	42,21	100,20	37,70
0594	2,97	1,78	0,55	0,22	51,94	0,40	0,09	0,12	0	0,01	0,01	0,72	40,87	99,93	38,80
0694	3,06	1,63	0,63	0,17	51,62	0,80	0,04	0,18	0,04	0,01	0,01	0,37	41,66	100,22	39,10
0794	2,04	1,22	0,55	0,11	51,52	0,80	0,04	0,15	0	0	0,01	0,40	42,54	99,38	38,40
0894	1,12	0,71	0,63	0,09	53,76	0,80	0,04	0,10	0	0	0,01	0,25	42,20	99,71	38,00
0994	0,86	1,42	0,47	0,17	53,36	0,80	0,04	0,14	0	0	0,01	0,30	42,33	99,90	40,20
1094	1,10	1,54	0,55	0,26	53,68	0,01	0,07	0,26	0	0,01	0,01	0,20	42,32	100,02	38,00
1194	1,49	0,98	0,55	0,16	53,52	0,01	0,04	0,13	0	0	0,01	0,09	42,81	99,78	39,10
1294	1,02	1,07	0,55	0,16	53,52	0,40	0,05	0,15	0	0	0,01	0,10	43,12	100,15	38,80
1394	1,50	1,08	0,40	0,17	52,94	0,60	0,05	0,24	0	0	0,01	0,13	43,02	100,14	40,90
1494	1,15	1,12	0,43	0,15	53,10	0,01	0,06	0,17	0	0	0,01	0,17	43,50	99,86	40,20
1594	1,10	1,42	0,47	0,19	53,04	0,40	0,05	0,18	0	0	0,01	0,10	43,06	100,02	38,80
1694	5,17	1,39	0,52	0,19	50,48	0,56	0,31	0,20	0,05	0	0	0,30	40,46	99,63	37,10
1794	3,09	1,99	0,54	0,08	51,03	0,40	0,04	0,26	0,07	0	0	0,39	41,51	99,40	39,80
1894	2,43	1,09	0,40	0,11	52,03	0,28	0,04	0,24	0,03	0	0	0,24	42,67	99,56	40,30
0195	0,85	0,30	0,63	0,07	54,06	0,40	0,04	0,05	0,02	0,02	0,01	0,45	43,04	99,94	41,10
0295	0,85	0,81	0,71	0,10	51,52	0,80	0,05	0,08	0,02	0,03	0,03	0,27	44,13	99,40	43,90
0395	0,83	0,51	0,55	0,07	53,20	0,40	0,06	0,07	0,01	0,01	0,02	0,42	43,65	99,80	41,20

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>	(°)
0495	0,77	0,67	0,55	0,12	53,20	0,40	0,07	0,09	0,01	0,01	0,02	0,40	43,66	99,17	40,90	
0595	0,93	0,40	0,79	0,09	53,20	0,40	0,04	0,05	0,01	0,01	0,02	0,44	43,07	99,45	41,40	
0695	1,10	0,12	0,79	0,01	53,20	0,80	0,04	0,06	0,01	0,02	0,02	0,28	43,19	91,64	40,80	
0795	0,76	0,33	0,59	0,01	53,60	0,40	0,06	0,08	0,01	0,01	0,01	0,37	43,51	99,74	43,30	
0895	0,50	0,48	0,40	0,01	53,60	0,40	0,05	0,05	0,01	0,01	0,02	0,40	43,71	99,64	41,10	
0995	1,17	0,43	0,79	0,14	52,64	0,80	0,05	0,06	0,01	0,02	0,02	0,50	43,15	99,78	41,10	
1095	5,20	1,32	0,87	0,01	50,40	0,40	0,08	0,15	0,13	0,03	0,02	0,36	41,26	100,23	41,20	
1195	2,84	0,81	0,79	0,23	51,64	0,40	0,05	0,09	0,02	0,10	0,02	0,44	42,16	99,59	39,70	
1295	2,83	0,96	0,87	0,24	51,64	0,40	0,07	0,10	0,02	0,09	0,02	0,49	42,33	100,06	40,40	
1395	1,44	0,51	1,03	0,21	53,20	0,10	0,05	0,07	0,04	0,08	0,02	0,20	42,60	99,55	41,20	
1495	2,66	1,40	1,25	0,25	52,08	0,40	0,15	0,13	0,06	0,08	0,03	0,42	41,22	100,13	39,00	
1595	2,35	1,32	0,55	0,05	51,40	0,40	0,06	0,10	0,10	0,02	0,02	0,50	42,55	99,42	40,40	
1695	2,88	1,12	1,36	0,01	51,40	0,40	0,09	0,11	0,10	0,11	0,03	0,36	41,91	99,88	40,40	
1795	2,70	1,42	1,03	0,28	51,20	0,80	0,14	0,23	0,02	0,11	0,02	0,31	41,84	100,10	40,20	
1895	3,69	0,66	0,95	0,23	51,52	0,40	0,06	0,11	0,02	0,09	0,03	0,30	41,26	99,32	40,20	
0196	2,40	0,86	1,11	0,25	51,64	0,80	0,05	0,12	0,02	0,03	0,03	0,47	41,84	99,62	40,20	
0296	5,39	0,81	1,27	0,29	50,40	0,20	0,05	0,09	0,02	0,03	0,06	0,69	40,73	100,03	39,00	
0396	3,36	0,76	1,11	0,28	51,52	0,20	0,05	0,09	0,02	0,03	0,03	0,51	41,84	99,80	39,00	
0197	0,25	0,25	0,31	0,01	54,88	0,20	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,54	43,46	99,99	43,30	
0297	0,27	0,13	0,36	0,01	54,40	0,80	0,04	0,01	0,02	0,01	0,01	0,35	43,58	99,98	42,40	

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub>
															(°)
0397	0,24	0,35	0,31	0,01	50,96	4,40	0,03	0,01	0,02	0,01	0,01	0,48	43,29	100,12	42,00
0497	0,15	0,61	0,31	0,01	54,06	1,20	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,15	43,39	99,97	42,70
0597	0,28	1,22	0,10	0,07	53,80	0,40	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,29	43,55	99,80	42,70
0697	0,26	0,20	0,16	0,10	52,08	2,40	0,04	0,02	0,01	0,02	0,01	0,50	44,08	99,88	42,70
0797	0,32	0,30	0,23	0,01	53,20	1,20	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,40	43,95	99,69	41,00
0897	0,16	0,22	0,19	0,01	53,20	2,40	0,03	0,01	0,01	0,02	0,01	0,15	43,39	99,80	43,20
0997	0,24	0,76	0,31	0,01	54,88	0,40	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,45	42,63	99,76	42,30
1097	0,16	0,50	0,24	0,01	54,88	0,40	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,31	43,20	99,80	43,20
1197	0,28	0,13	0,16	0,10	54,32	0,40	0,05	0,03	0,01	0,01	0,01	0,53	43,77	99,80	42,30
1297	0,32	0,25	0,23	0,05	53,88	0,40	0,03	0,01	0,01	0,01	0,01	0,58	44,21	99,99	43,40
1397	0,20	0,25	0,23	0,02	54,88	0,40	0,04	0,03	0,01	0,01	0,01	0,50	43,61	100,19	43,60
1497	0,19	0,13	0,40	0,07	54,88	0,40	0,04	0,02	0,01	0,01	0,01	0,25	43,46	99,79	43,10
1597	0,13	0,15	0,15	0,10	55,34	0,40	0,05	0,02	0,01	0,01	0,01	0,32	43,22	99,91	42,70
1697	0,19	0,15	0,15	0,07	54,88	0,40	0,02	0,01	0,01	0,01	0,01	0,30	43,92	100,12	42,70
1797	0,21	0,15	0,23	0,01	54,32	0,40	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,40	44,08	99,88	42,70
1897	0,30	0,10	0,23	0,10	54,32	0,40	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	0,28	44,11	99,92	42,70
0198	41,42	8,51	2,71	0,42	29,68	2,62	1,00	1,55	0,37	0,06	0,06	0,48	10,66	99,54	10,50
0298	43,69	9,58	2,87	0,39	24,92	2,01	2,80	1,50	0,42	0,04	0,12	0,50	10,47	99,31	9,70
0398	50,64	12,07	4,30	0,32	16,80	2,82	3,10	3,20	0,65	0,05	0,14	0,37	55,30	99,76	4,40
0498	37,86	9,27	2,31	0,32	27,44	1,81	2,55	2,05	0,37	0,06	0,10	0,50	15,08	99,72	14,60
0598	37,32	9,58	2,87	0,39	25,76	2,21	3,25	1,55	0,45	0,05	0,12	0,40	15,48	99,43	14,10

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (suite).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	Perte au feu	total	CO <sub>2</sub>	(°)
0698	40,00	7,38	1,67	0,36	32,20	1,61	2,15	1,25	0,23	0,01	0,03	0,65	12,53	100,07	12,80	
0798	56,72	11,67	2,57	0,50	19,04	1,61	3,50	1,90	0,43	0,06	0,02	0,36	1,42	99,80	1,10	
0199	2,48	1,64	0,17	0,16	51,58	0,28	0,02	0,03	0	0,01	0	0,25	42,59	99,21	41,00	
0299	0,17	1,74	0,26	0,23	28,63	21,33	0,04	0,03	0	0,01	0	0,33	47,05	99,82	46,60	
0399	0,21	0,94	0,24	0,22	29,68	20,94	0,04	0,03	0	0,01	0	0,32	46,89	99,31	45,70	
0499	0,22	1,24	0,19	0,29	28,63	21,73	0,03	0,03	0	0,01	0	0,32	47,30	99,99	47,70	
0599	0,27	1,29	0,19	0,21	29,18	20,94	0,04	0,02	0	0,01	0	0,88	46,96	99,99	45,70	
0699	0,21	1,09	0,26	0,19	30,18	20,54	0,04	0,06	0	0	0,46	0,23	46,83	100,09	46,10	
0799	2,53	2,14	0,65	0,35	28,53	20,34	0,04	0,15	0	0,04	0	0,27	44,75	99,79	44,60	
0899	0,39	0,74	0,32	0,43	43,12	9,48	0,03	0,02	0	0,11	0	0,12	44,98	99,74	44,20	
0999	0,68	0,64	0,19	0,41	29,08	21,35	0,06	0,04	0	0,04	0	0,45	46,96	99,90	46,10	
1099	0,69	1,29	0,14	0,08	54,08	0,20	0,04	0,05	0	0	0	0,14	42,40	99,87	42,40	
1199	0,34	2,14	0,26	0,43	28,18	20,73	0,09	0,04	0	0,04	0	0,35	47,26	99,86	45,30	
1299	0,42	1,49	0,65	1,04	27,63	20,94	0,06	0,04	0	0,17	0	0,27	47,28	99,99	45,70	
1399	0,72	1,74	1,23	1,64	26,08	20,54	0,09	0,09	0	0,24	0	0,26	46,99	99,92	44,80	
1499	0,93	1,19	0,91	1,46	28,68	19,35	0,06	0,08	0	0,22	0	0,44	46,43	99,75	45,00	
1599	0,77	0,75	0,26	0,93	28,68	20,94	0,05	0,07	0	0,11	0	0,28	47,14	99,98	45,70	
1699	11,34	1,89	0,66	0,64	25,79	18,17	0,05	0,15	0	0,11	0	0,07	40,90	99,77	40,10	
1799	1,19	1,14	0,07	0,39	29,63	21,13	0,05	0,10	0	0,04	0	0,08	46,02	99,84	46,00	
1899	0,54	1,29	0,33	0,27	29,63	20,94	0,05	0,10	0	0,04	0	0,20	46,29	99,68	45,70	
1999	1,06	1,49	1,30	2,34	28,68	19,35	0,05	0,22	0	0,30	0	0,24	45,07	100,10	45,00	
2099	0,76	0,89	0,30	0,38	29,63	20,94	0,06	0,11	0	0,04	0	0,35	46,24	99,70	45,70	

TABLEAU II

## ANALYSES CHIMIQUES GLOBALES, (fin).

Réf.	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	MnO	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	perte au feu	total	CO <sub>2</sub> (°)
2199	0,33	1,04	0,53	0,98	29,63	20,15	0,05	0,05	0	0,15	0	0,35	46,40	99,66	45,20
2299	0,53	2,04	1,04	1,55	28,55	19,75	0,13	0,11	0	0,24	0	0,04	46,08	100,06	44,80
2399	0,32	0,99	0,65	1,52	28,08	20,54	0,05	0,05	0	0,21	0	0,10	47,44	99,95	44,80
2499	0,34	1,94	0,62	0,51	29,63	19,95	0,08	0,18	0	0,08	0	0,30	45,90	99,53	45,00
2599	0,91	1,24	0,26	0,29	29,63	19,75	0,08	0,10	0	0,03	0	0,23	46,84	99,36	46,50
2699	2,68	0,65	0,26	0,35	28,53	20,15	0,07	0,06	0	0,05	0	0,46	45,98	99,24	44,80
2799	1,86	1,19	0,22	0,73	29,08	19,75	0,07	0,05	0	0,08	0	0,19	46,27	99,45	45,60
2899	0,90	1,54	0,18	0,36	28,53	20,34	0,06	0,03	0	0,05	0	0,30	46,76	99,05	44,80
2999	3,76	2,09	0,84	0,58	27,98	18,56	0,06	0,32	0	0,13	0	0,14	44,94	99,40	43,90
3099	1,72	1,34	0,18	0,48	28,63	20,15	0,08	0,05	0	0,05	0	0,42	46,40	99,50	44,90

(°) : Dans le total des analyses chimiques CO<sub>2</sub> est compté dans "perte au feu".

s : Schistes ampéliteux du Gothlandien de Feugueroles (Calvados).

\* : Gneiss encaissant les calcaires métamorphiques, ou roches silicatées interstratifiées.

n.d.: non déterminé.

## II. ANALYSES SPECTROCHIMIQUES.

### 1) Méthodes.

Les mesures ont été effectuées\* en arc continu, évaporation totale et étalonnage interne-externe, selon la procédure décrite par Jamond (1961).

L'appareil utilisé est un spectrographe Jobin-Yvon, de type Z 3 à prisme de quartz, à fente horizontale, de 190 cm de distance focale, d'une très grande sensibilité et d'un fort pouvoir séparateur.

LONGUEUR D'ONDE	DISPERSION LINEAIRE	POUVOIR SEPARATEUR
2 500 Å	3,3 Å/mm	0,05 Å
3 000 Å	6,7 Å/mm	0,14 Å
4 000 Å	16,0 Å/mm	0,44 Å

On a utilisé pour l'enregistrement des plaques du type "Spectroguil U.V. rapides" format 9 x 24.

Les standards internes choisis sont le bismuth et le palladium :

Bi pour déterminer les intensités relatives de Ga, Sn, Pb, B;

Pd " " " " " " V, Cu, Ni.

L'indium, souvent utilisé dans le dosage du cuivre, n'a pu être retenu en tant que standard interne, car les mesures qualitatives portant sur un lot d'échantillons divers ont révélé la présence, dans certains d'entre eux, d'une raie vers 3 256 Å. Ceci pouvait être expliqué soit par l'existence effective de In observé dans les roches carbonatées par G. Dessau (1962), ou comme une interférence de la raie 3 256, 137 du manganèse, (L. H. Ahrens et S. R. Taylor, 1961).

Les éléments standards ont été dilués dans  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  à raison de 800 p.p.m. pour Bi et 100 p.p.m. pour Pd, l'ensemble constituant une partie du tampon spectrographique, fraction du mélange définitif.

Les courbes d'étalonnage externe étaient basées sur quatre étalons principaux : 10, 30, 100 et 200 p.p.m. constitués par une dilution de tous les

\* : Au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Clermont-Ferrand.

éléments étudiés dans du  $\text{CaCO}_3$  pur.

Après différents essais un mélange unique fut retenu. Il permettait, dans d'assez bonnes conditions, le dosage groupé de tous les éléments cités, sur une seule plaque, couvrant la bande de longueurs d'ondes de 2 400 à 3 600 Å, sans séparer les éléments volatils des non volatils (M. Pinta, 1962).

Ce mélange comprend :

- 1 échantillon ou étalon;
- 1 standard interne ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$  + Bi + Pd);
- 1/4 poudre de graphite.

Les deux dernières fractions constituent le tampon spectrographique dans lequel la quantité de  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  est suffisante pour :

- diminuer l'intensité du fond continu dû à la bande du cyanogène (M. Roques, 1958);
- régulariser l'évaporation en créant par sa dissociation rapide, un courant de  $\text{CO}_2$  qui entraîne les vapeurs lourdes. La dissociation du  $\text{CaCO}_3$  des échantillons, quoique moins immédiate, renforce le phénomène, mais insuffisamment pour diminuer notablement la température de l'arc et gêner ainsi l'évaporation des non volatils. D'ailleurs, la quantité de graphite introduite, en rendant le milieu conducteur, inverse le processus de refroidissement. Le graphite a pour effet d'accroître l'intensité du fond continu (par la production de cyanogène). Malgré cet inconvénient, on a dû en utiliser un peu pour renforcer la raie 2 497,733 du bore qui sans cela n'apparaissait pas encore à une concentration de l'ordre de 10 p.p.m.

Travaillant en évaporation totale, on a recouru à des temps de pose de 2 minutes pour une intensité de 10 ampères sous 220 volts (électrodes en carbone). Chaque plaque permettait la prise de 23 spectres, la fente étant couverte d'un filtre à 3 échelons. D'où la possibilité d'analyser 5 échantillons par plaques (3 spectres pour chacun d'eux, le reste pour l'étalonnage).

Les rares échantillons ayant des teneurs supérieures à 200 p.p.m. faisaient l'objet d'une deuxième série de mesures après dilution dans  $\text{CaCO}_3$  pur.

Pour homogénéiser les résultats, des quantités suffisantes d'étalons et de standard avaient été fabriquées à l'origine, pour permettre toutes les mesures avec le même stock. Celui-ci fut conservé sous polyéthylène pendant 3 ans, en espérant une stabilité suffisante des étalons et standards pendant ce temps.

## 2) Eléments analysés.

Tous ces éléments ont pratiquement déjà été cités. Leur choix n'est

pas arbitraire. Il résulte d'une analyse qualitative préliminaire (P. Debrabant, 1967) portant sur les spectres d'une cinquantaine d'échantillons de roches carbonatées sédimentaires et métamorphiques pris au hasard dans les échantillonnages initiaux. On avait pu retenir alors, la présence non négligeable (dans certaines roches) de B, Pb, Sn, Cu, Ni, Ga, Cr, Ba, Sr et Zn.

Des dix éléments précités, on a dû renoncer à analyser les quatre derniers, par suite de difficultés analytiques conduisant à une multiplication considérable du nombre des plaques ou à des imprécisions trop larges. Ainsi, pour le chrome, la raie utilisable se trouve dans la bande du cyanogène, de sorte qu'il est impossible d'effectuer une mesure correcte, étant donné l'intensité du fond continu (de densité voisine ou supérieure à 2). Il aurait fallu effectuer des mélanges spéciaux accompagnés de temps de pose plus courts, ce qui aurait doublé le nombre de plaques sans être sûr, pour autant, de l'évaporation normale du standard Pd dans ces nouvelles conditions.

- Pour Sr et Ba se posait surtout un problème de teneur. En effet, ces éléments se trouvent en quantité plus importante que les autres éléments étudiés, si bien que leurs raies apparaissent avec des intensités très élevées, donc des densités optiques non mesurables. Il eut été nécessaire de diluer au moins 10 fois les échantillons pour effectuer les mesures, ce qui eut entraîné (comme pour Cr) la multiplication du nombre des plaques. Ces deux éléments ont néanmoins fait l'objet d'analyses, mais par fluorescence\* X.

- Pour Zn, on n'a pu obtenir de courbe d'étalonnage présentant une pente suffisante : une faible erreur sur l'intensité relative de la raie entraînait une variation importante des teneurs correspondantes. Dans ces conditions, l'étude systématique de cet élément n'était pas concevable.

A la série B, Pb, Sn, Ga, Cu et Ni s'évaporant correctement, semblait-il au cours des analyses, on avait tout d'abord (disposant des étalons nécessaires) ajouté l'argent. Mais ce travail supplémentaire a été fait simplement à titre d'essais sur des calcaires des séries de la Sioule et de la Moyenne Dordogne. Comme dans 50 % des cas Ag ne présentait pas de traces mesurables, cet élément dont on ne pouvait tirer un quelconque intérêt fut abandonné. Par contre, se référant à l'abondante littérature faisant du vanadium un élément biophile, son étude systématique fut entreprise, en dépit des difficultés de sa densitométrie en milieu carbonaté et de ses concentrations apparemment peu importantes (qui se sont confirmées ultérieurement), observées dans les premières mesures.

Enfin, il est apparu au cours des mesures que le cobalt et le molybdène non décelés lors des essais préliminaires, présentaient dans certains cas

---

\* : Département de Minéralogie du Commissariat à l'Energie Atomique (Fontenay-aux-Roses).

une raie dont l'intensité ne pouvait être négligée. On a donc décidé de relever qualitativement la présence de ces éléments.

En résumé, ont fait l'objet de mesures quantitatives, soit par spectrographie d'émission, soit par fluorescence X, les 9 éléments suivants :

B, Pb, Sn, Ga, V, Cu, Ni, Ba, et Sr;

Co et Mo furent qualitativement recensés.

### 3) Raies utilisées.

La liste des longueurs d'onde des raies densitométrées au cours des mesures est précisée ci-dessous. On s'est servi bien entendu de celles que préconisent Ahrens et Taylor (1961), à l'exception de la raie 3 185,396 du Vanadium à laquelle fut préférée la 3 183,982 compte tenu d'une interférence avec une raie du calcium non répertoriée dans les tables de Harrison (H. H. Leriche, 1959).

B	: 2 497,733 Å	V	: 3 183,982 Å
Pb	: 2 833,069 "	*Cu	: 3 273,962 "
Sn	: 2 839,989 "		: 3 247,540 "
Bi	: 2 897,975 "	Ag	: 3 280,683 "
Ga	: 2 943,637 "	Ni	: 3 414,765 "
Mo	: 3 170,347 "	Pd	: 3 421,240 "
		Co	: 3 453,505 "

Pratiquement dans tous les échantillons, sauf les plus purs, des corrections du fond continu ont été nécessaires sur la raie 2 839,989 de Sn intéressée par le halo de la raie 2 852,129 de Mg considérablement développée dans les spectres.

### 4) Limites de confiance.

L'appareillage avait déjà été éprouvé par d'autres chercheurs, mais il était bon d'avoir une idée de la reproductibilité des mesures effectuées, car le groupement des dosages nécessitait des mélanges quelque peu particuliers.

La méthode classique consiste, on le rappelle, à déterminer l'erreur relative sur la valeur moyenne. Afin de se placer dans les conditions les plus défavorables, on ne considère pas les mesures répétées sur un seul échantillon, mais celles obtenues à partir de plusieurs échantillons d'une même roche, pour des teneurs inférieures à 10 p.p.m. et pour tous les éléments en trace étudiés.

---

\* : La raie 3 247,540 de Cu, plus sensible, fut utilisée pour de très faibles teneurs (1 à 3 p.p.m.).

A titre d'exemple, on développera ci-dessous les calculs nécessités dans l'étude de la reproductibilité des teneurs faibles en Ga.

Pour que la courbe gaussienne correspondant aux mesures ait une quelconque valeur pratique, on a rassemblé une vingtaine de dosages, comme le préconise les auteurs (M. Pinta, 1961 et Y. Lacroix, 1962).

$$\text{D'où l'écart-type } \sigma = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}} = \sqrt{\frac{20,55}{19}}$$

$$\sigma = 1,04$$



N mesures	$x_i$ (p.p.m.)	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$
1	3	- 1,65	2,7225
2	5	0,35	0,1225
3	6	1,35	1,8225
4	4	- 0,65	0,4225
5	4	- 0,65	0,4225
6	5	0,35	0,1225
7	4	- 0,65	0,4225
8	4	- 0,65	0,4225
9	6	1,35	1,8225
10	5	0,35	0,1225
11	5	0,35	0,1225
12	5	0,35	0,1225
13	5	0,35	0,1225
14	4	- 0,65	0,4225
15	6	1,35	1,8225
16	6	1,35	1,8225
17	6	1,35	1,8225
18	3	- 1,65	2,7225
19	3	- 1,65	2,7225
20	4	- 0,65	0,4225
$\sum$	93		20,55
$\bar{x}$	4,65		

L'écart quadratique moyen  $\sigma = \frac{\sigma}{\bar{x}} \times 100$  ou déviation relative (M. Ro-

ques, 1958) est ici de 22 %. Ce qui veut dire que toute mesure isolée effectuée dans les conditions habituelles aura 68 % de chances\* d'être reproduite avec une précision inférieure à 22 %, si la distribution de l'élément considéré est normale.

Dans le but d'améliorer cette reproductibilité, on a systématiquement utilisé la moyenne de 3 mesures dans toutes les déterminations. La déviation relative est alors divisée par la racine carrée du nombre des mesures effectuées il vient pour Ga :  $\sigma_m = \frac{\sigma'}{\sqrt{3}} = 13 \%$ .  
C'est l'erreur relative sur la valeur moyenne.

Ainsi, chacune des mesures a 68 % de chances d'être reproduite avec des variations inférieures à 13 %. Si l'on désire une meilleure probabilité, par exemple 95 % de chances, il faut utiliser le coefficient que donnent les tables de Fisher (Y. Lacroix, 1962) pour 0,05 et  $N = 19$ , soit  $t = 2,093$ .

En ce cas, l'erreur relative sur la valeur moyenne devient :

$$\sigma'_m \ t = 27 \%$$

Chacune des faibles teneurs données par l'analyse a 95 % de chances d'être reproduite avec moins de 27 % d'écart.

On trouvera ci-dessous l'ensemble des déterminations des erreurs relatives pour tous les éléments traces.

\* : Dans la loi normale réduite, la totalité des mesures est représentée (fig. 51) par la surface comprise entre l'axe des x et la courbe de fréquence.

L'effectif compris entre l'axe des x et les deux droites d'abscisse  $x \pm \sigma$  représente 68 % du total de la répartition (G. Billy 1954).

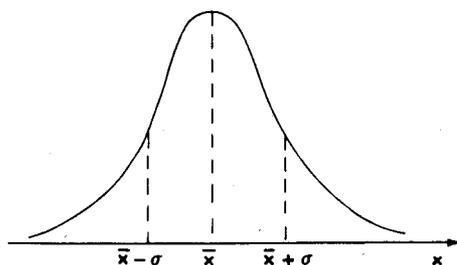


Fig. 51.- Courbe normale de dispersion.

## Reproductibilité des mesures inférieures à 10 p.p.m.

Ecart	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Reproductibilité	:
$\sigma$	15 %	13 %	19 %	13 %	13 %	17 %	17 %	68 %	:
(t voisin de 1)	:	:	:	:	:	:	:	:	:
	:	:	:	:	:	:	:	95 %	:
$2\sigma$	31 %	27 %	39 %	27 %	27 %	35 %	35 %	1 éch. isolé	:
(t voisin de 2)	14 %	12 %	21 %	12 %	12 %	16 %	16 %	5 éch. groupés	:
	10 %	9 %	15 %	9 %	9 %	11 %	12 %	10 éch. groupés	:

On lira dans cette présentation schématique des résultats que 68 % des analyses du bore, inférieures à 10 p.p.m., sont isolément reproductibles avec moins de 15 % d'erreur, ou que 95 % sont reproductibles avec moins de 31 % d'erreur.

C'est l'étain qui présente les "distorsions" les plus importantes, mais les échantillons choisis pour effectuer ces calculs étaient très magnésiens et par suite, les raies correspondantes Sn 2 839,989 ont nécessité des corrections de fonds continus : ceci peut expliquer cela.

Les valeurs présentées pourraient paraître d'une précision assez décevante. Cependant, il faut conserver à l'esprit qu'il s'agit des marges les plus importantes, obtenues dans les conditions les plus défavorables possible, car interviennent là tous les effets de la répartition des éléments dans un affleurement, bien que ce dernier soit de faible étendue et pétrologiquement très homogène.

Plus concrètement, si l'on examine les répercussions qu'aurait l'écart maximum de 35 % sur la reproductibilité d'une teneur de 3 p.p.m. dans un échantillon isolé : la méthode permet d'estimer que cet échantillon a 95 % de chances d'avoir une teneur comprise entre 2 et 4 p.p.m. En fait, ceci a pour seul intérêt, dans ce genre de travail, de n'appuyer les distinctions (à faibles teneurs) que sur les valeurs moyennes obtenues à partir d'ensembles d'échantillons d'un même gisement et d'éviter de comparer deux échantillons isolés à teneurs très faibles. En effet, la moyenne des teneurs de 5 échantillons

d'un même gisement homogène (ce qui représente 15 mesures) fait tomber l'écart entre 12 et 16 % (sauf Sn : 21 %), et pour 10 échantillons d'une même roche (soit 30 mesures) l'écart oscille entre 9 et 11 % (15 % pour Sn). Ainsi, sur la base de 5 échantillons (soit 15 mesures), il serait théoriquement possible d'effectuer certaines distinctions sur des gisements homogènes différents, à l'aide de moyennes de teneurs faibles, dès que celles-ci dépasseraient 2 à 3 p.p.m.

#### 5) Concentrations limites en éléments-traces.

On vient de voir dans quelle mesure on peut accorder sa confiance à la reproductibilité des petites teneurs, analysées par un expérimentateur unique, avec le même appareillage et les mêmes stocks de standard interne, d'une part, et d'étalons externes, d'autre part. Toutefois il faut encore faire une dernière mise au point quant à l'évaluation des valeurs absolues de certaines concentrations.

#### Le Vanadium :

Par suite de la difficulté qu'il y a de densitométriser en milieu carbonaté, les teneurs en vanadium, bien que dans l'ensemble identiques aux résultats de certains auteurs (*c.f.* tableau V, volume II), paraissent a priori systématiquement trop faibles. On les conservera, parce que leur reproductibilité, en définitive, n'est pas plus mauvaise que celle des autres éléments et qu'en fait, l'ordre de leurs variations (conservé avec une reproductibilité satisfaisante) peut-être utile lors des corrélations.

#### Le bore et l'étain :

A des teneurs de l'ordre de 2 à 5 p.p.m., ils offrent des raies, trop fines pour être visibles à l'oeil nu, et qui ne sont détectées que par la cellule du densitomètre.

#### Pour tous les éléments :

A l'exception de Cu, pour lequel des quantités de 1 p.p.m. se déterminent communément, lorsque les teneurs n'étaient pas détectables, on leur a attribué la valeur symbolique de 1 p.p.m. afin de faciliter les comparaisons numériques et surtout la programmation et les calculs de corrélations. Par conséquent, lorsqu'une teneur est notée 1 p.p.m., cela implique la restriction, < 1 p.p.m.

Les résultats sont regroupés dans le tableau III, avec les teneurs en Sr et Ba obtenues par fluorescence X. Par suite du manque de sensibilité de cette méthode analytique, les concentrations en Ba inférieures à 200 p.p.m. n'ont pu être décelées.

Enfin du point de vue semi-quantitatif, on remarquera que la présence d'une raie Co ou Mo est systématiquement signalée par le signe (+).

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES

Réf. :	B :	Pb :	Sn :	Ga :	V :	Cu :	Ni :	Sr :	Ba :	Co :	Mo :
0102 :	6 :	5 :	2 :	5 :	2 :	4 :	6 :	140 :	<200 :	+	:
0202 :	6 :	6 :	2 :	5 :	3 :	5 :	7 :	120 :	- :	+	:
0302 :	6 :	5 :	1 :	6 :	1 :	4 :	5 :	140 :	- :	+	:
0402 :	7 :	5 :	1 :	6 :	3 :	4 :	6 :	160 :	- :	+	:
0502 :	6 :	4 :	1 :	5 :	1 :	4 :	6 :	220 :	- :	+	:
0602 :	5 :	3 :	4 :	4 :	1 :	3 :	5 :	220 :	- :	+	:
=====											
0104 :	6 :	4 :	2 :	4 :	5 :	5 :	7 :	100 :	- :	:	:
0204 :	9 :	5 :	3 :	6 :	5 :	5 :	14 :	160 :	- :	:	:
0304 :	8 :	4 :	4 :	5 :	5 :	4 :	6 :	140 :	- :	:	:
0404 :	7 :	2 :	3 :	6 :	3 :	5 :	9 :	180 :	- :	:	:
0504 :	6 :	6 :	3 :	7 :	8 :	5 :	8 :	200 :	- :	:	:
=====											
0107 :	6 :	3 :	2 :	4 :	4 :	5 :	24 :	60 :	- :	:	+
0207 :	6 :	5 :	2 :	5 :	8 :	7 :	7 :	50 :	- :	:	:
0307 :	6 :	3 :	3 :	5 :	5 :	5 :	8 :	60 :	- :	:	+
0407 :	6 :	4 :	3 :	5 :	7 :	7 :	30 :	60 :	- :	:	+
0507 :	6 :	3 :	1 :	3 :	4 :	4 :	4 :	100 :	- :	:	:
=====											
0109 :	11 :	3 :	5 :	3 :	3 :	3 :	5 :	270 :	- :	:	:
0209 :	11 :	3 :	5 :	3 :	3 :	3 :	4 :	260 :	- :	:	:
0309 :	14 :	3 :	6 :	3 :	3 :	3 :	4 :	210 :	- :	:	:
0409 :	8 :	3 :	4 :	3 :	1 :	3 :	3 :	180 :	- :	:	:
0509 :	6 :	3 :	5 :	3 :	2 :	4 :	3 :	280 :	- :	:	:
=====											
0609 :	7 :	4 :	5 :	4 :	2 :	3 :	4 :	210 :	- :	:	:
0709 :	9 :	3 :	5 :	3 :	2 :	4 :	4 :	290 :	- :	:	:
=====											
0510 :	4 :	5 :	2 :	2 :	1 :	2 :	3 :	160 :	- :	:	+
0610 :	4 :	4 :	3 :	2 :	1 :	2 :	3 :	100 :	- :	:	+
0710 :	4 :	19 :	2 :	2 :	1 :	2 :	3 :	120 :	- :	:	+
0810 :	4 :	9 :	3 :	3 :	1 :	2 :	3 :	140 :	- :	:	:
1010 :	4 :	6 :	4 :	3 :	1 :	2 :	3 :	200 :	- :	:	:
1110 :	4 :	21 :	2 :	2 :	1 :	2 :	2 :	140 :	- :	:	+
1210 :	4 :	5 :	3 :	2 :	1 :	2 :	2 :	140 :	- :	:	:

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf. :	B :	Pb :	Sn :	Ga :	V :	Cu :	Ni :	Sr :	Ba :	Co :	Mo :
1310 :	4 :	4 :	2 :	2 :	1 :	2 :	1 :	160 :	<200 :	:	:
1410 :	4 :	6 :	4 :	2 :	1 :	2 :	2 :	120 :	- :	:	+
-----											
1510 :	7 :	468 :	3 :	4 :	2 :	168 :	3 :	520 :	- :	+	+
=====											
0111 :	8 :	2 :	3 :	3 :	2 :	2 :	3 :	420 :	- :	:	+
0211 :	6 :	2 :	2 :	2 :	2 :	3 :	3 :	420 :	- :	:	+
0311 :	7 :	2 :	3 :	3 :	2 :	2 :	3 :	600 :	- :	:	+
0411 :	7 :	2 :	3 :	3 :	2 :	2 :	3 :	380 :	- :	:	+
=====											
0112 :	5 :	3 :	1 :	3 :	3 :	3 :	4 :	680 :	- :	:	:
0212 :	5 :	2 :	2 :	3 :	3 :	4 :	4 :	700 :	- :	:	+
0312 :	5 :	3 :	2 :	4 :	5 :	4 :	5 :	700 :	- :	:	+
0412 :	5 :	3 :	2 :	3 :	3 :	4 :	4 :	700 :	- :	:	:
0512 :	5 :	3 :	2 :	4 :	4 :	4 :	4 :	680 :	- :	:	:
-----											
0612 :	9 :	2 :	1 :	3 :	3 :	4 :	3 :	500 :	- :	:	+
0712 :	12 :	2 :	2 :	3 :	1 :	3 :	3 :	640 :	- :	:	+
0812 :	7 :	2 :	1 :	3 :	2 :	4 :	5 :	500 :	- :	:	+
=====											
0116 :	36 :	3 :	2 :	3 :	2 :	3 :	6 :	280 :	- :	+	+
0216 :	19 :	4 :	2 :	4 :	2 :	3 :	5 :	170 :	- :	+	+
0316 :	59 :	2 :	2 :	2 :	1 :	2 :	3 :	170 :	- :	+	+
0416 :	12 :	6 :	2 :	6 :	4 :	3 :	5 :	240 :	- :	+	+
0516 :	20 :	3 :	2 :	4 :	3 :	3 :	4 :	240 :	- :	+	+
0616 :	13 :	6 :	2 :	6 :	8 :	5 :	7 :	220 :	- :	+	+
0716 :	18 :	8 :	2 :	7 :	9 :	5 :	6 :	240 :	- :	+	+
=====											
0117 :	57 :	5 :	4 :	5 :	2 :	3 :	3 :	950 :	400 :	+	:
0217 :	25 :	7 :	5 :	5 :	3 :	5 :	4 :	1480 :	<200 :	+	:
0317 :	40 :	4 :	2 :	5 :	3 :	5 :	4 :	500 :	- :	+	+
=====											
0118 :	7 :	5 :	4 :	2 :	1 :	2 :	3 :	210 :	- :	:	:
0218 :	6 :	5 :	5 :	3 :	1 :	3 :	3 :	190 :	- :	:	:
0318 :	12 :	6 :	5 :	3 :	2 :	2 :	3 :	190 :	- :	:	:

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf.	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
0418	8	3	3	3	2	3	2	200	<200		
0518	5	3	4	3	2	3	3	210	-		
-----											
0618	10	5	4	5	1	3	2	370	-		
=====											
0119	5	3	5	3	2	3	2	490	-		
0219	4	3	6	4	1	3	2	470	-		
0319	4	4	6	4	3	5	4	500	-		
0419	6	3	6	4	1	4	4	480	-		
0519	8	4	6	4	3	4	4	390	-		
-----											
0619	6	4	7	4	5	5	6	440	-		
0719	5	4	8	4	5	7	6	470	-		
=====											
0120	4	4	4	4	5	3	6	60	-		
0220	3	4	4	5	5	3	7	60	-		
0320	4	6	4	6	8	4	15	120	-		
0420	4	5	3	6	8	4	29	100	-		
0520	3	5	4	6	9	4	22	<50	-		
0620	6	3	4	3	3	5	12	60	-		
0720	5	3	4	3	4	5	6	80	-		
0820	7	4	5	5	3	6	7	100	-		
0920	6	4	4	4	4	5	6	60	-		
1020	6	4	3	3	2	4	4	60	-	+	
=====											
0121	46	3	4	4	3	4	5	350	-		
0221	29	3	4	4	2	4	5	300	-		
0321	20	4	3	4	3	4	5	230	-		
0421	5	2	2	3	2	3	4	270	-		
0521	7	4	2	4	1	5	7	240	-		
0621	48	3	4	3	2	3	2	330	-		
0721	14	3	5	4	2	4	3	520	-		+
0821	26	3	5	3	1	5	2	760	-		+
=====											
0122	6	3	4	3	3	4	2	300	-	+	



TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf. :	B :	Pb :	Sn :	Ga :	V :	Cu :	Ni :	Sr :	Ba :	Co :	Mo :
0222 :	7 :	3 :	5 :	4 :	2 :	4 :	2 :	380 :	<200 :	+	:
0322 :	8 :	3 :	3 :	3 :	1 :	3 :	3 :	270 :	- :	:	:
0422 :	6 :	4 :	4 :	4 :	3 :	3 :	4 :	300 :	- :	:	:
0522 :	7 :	4 :	5 :	5 :	3 :	4 :	6 :	230 :	- :	:	:
=====											
0123 :	9 :	3 :	3 :	3 :	2 :	3 :	5 :	220 :	- :	:	:
0223 :	12 :	5 :	2 :	4 :	3 :	6 :	8 :	160 :	- :	:	+
0323 :	15 :	4 :	4 :	4 :	7 :	4 :	6 :	200 :	- :	+	:
0423 :	13 :	3 :	3 :	3 :	1 :	3 :	4 :	200 :	- :	:	:
0523 :	6 :	3 :	5 :	3 :	5 :	4 :	8 :	220 :	- :	:	:
=====											
0124 :	10 :	5 :	2 :	6 :	3 :	3 :	5 :	260 :	- :	:	:
0224 :	6 :	4 :	3 :	4 :	2 :	3 :	4 :	240 :	- :	:	:
0324 :	13 :	3 :	5 :	4 :	3 :	2 :	5 :	170 :	- :	:	:
0424 :	8 :	4 :	5 :	4 :	4 :	2 :	4 :	180 :	- :	:	:
0524 :	6 :	4 :	4 :	5 :	5 :	3 :	5 :	240 :	- :	:	:
=====											
0125 :	9 :	3 :	2 :	5 :	5 :	4 :	6 :	200 :	- :	:	:
0225 :	11 :	6 :	3 :	7 :	10 :	5 :	10 :	220 :	- :	:	:
0325 :	12 :	4 :	3 :	6 :	5 :	5 :	7 :	220 :	- :	:	:
0425 :	16 :	4 :	3 :	5 :	4 :	4 :	5 :	180 :	- :	:	:
0525 :	8 :	4 :	3 :	5 :	7 :	5 :	9 :	200 :	- :	:	:
=====											
0126 :	13 :	2 :	3 :	3 :	2 :	2 :	3 :	140 :	- :	:	:
0226 :	12 :	3 :	4 :	3 :	4 :	4 :	4 :	120 :	- :	:	:
=====											
0127 :	7 :	3 :	2 :	5 :	4 :	3 :	4 :	220 :	- :	+	:
0227 :	6 :	3 :	1 :	4 :	4 :	4 :	5 :	220 :	- :	+	:
0327 :	6 :	3 :	3 :	4 :	4 :	4 :	5 :	220 :	- :	+	:
0427 :	6 :	3 :	4 :	4 :	3 :	4 :	6 :	220 :	- :	+	:
0527 :	5 :	3 :	5 :	4 :	3 :	4 :	5 :	240 :	- :	+	:
=====											
0128 :	5 :	3 :	2 :	4 :	1 :	4 :	5 :	300 :	- :	:	:
=====											
0129 :	5 :	2 :	2 :	4 :	1 :	5 :	3 :	150 :	- :	:	:

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf. :	B :	Pb :	Sn :	Ga :	V :	Cu :	Ni :	Sr :	Ba :	Co :	Mo :
0229 :	6 :	2 :	2 :	6 :	1 :	7 :	8 :	140 :	<200 :	:	:
0329 :	6 :	2 :	3 :	5 :	1 :	6 :	5 :	140 :	- :	:	:
0429 :	5 :	2 :	5 :	4 :	1 :	7 :	6 :	140 :	- :	:	:
0529 :	5 :	2 :	3 :	4 :	1 :	5 :	6 :	140 :	- :	:	:
0629 :	8 :	3 :	4 :	5 :	3 :	8 :	5 :	200 :	- :	:	:
0729 :	8 :	5 :	5 :	6 :	4 :	10 :	6 :	180 :	- :	:	+
=====											
0130 :	25 :	2 :	5 :	2 :	1 :	1 :	1 :	60 :	- :	+	+
0230 :	27 :	5 :	1 :	3 :	2 :	4 :	3 :	100 :	- :	+	:
0330 :	29 :	2 :	1 :	2 :	1 :	2 :	1 :	80 :	- :	:	:
0430 :	30 :	2 :	2 :	2 :	1 :	2 :	2 :	60 :	- :	:	:
=====											
0131 :	7 :	3 :	6 :	3 :	2 :	2 :	3 :	200 :	- :	:	:
0231 :	6 :	5 :	6 :	3 :	2 :	6 :	2 :	260 :	- :	:	:
=====											
0332 :	6 :	4 :	3 :	4 :	2 :	4 :	4 :	180 :	- :	:	:
0432 :	6 :	4 :	3 :	4 :	1 :	4 :	4 :	240 :	- :	:	:
0532 :	5 :	4 :	3 :	4 :	2 :	4 :	3 :	240 :	- :	+	:
=====											
0133 :	4 :	5 :	5 :	2 :	1 :	2 :	3 :	60 :	- :	+	:
0233 :	3 :	4 :	3 :	3 :	2 :	2 :	4 :	150 :	- :	+	:
0333 :	4 :	3 :	2 :	3 :	1 :	3 :	5 :	230 :	- :	+	:
0433 :	4 :	4 :	3 :	4 :	1 :	3 :	11 :	220 :	- :	+	:
=====											
0134 :	23 :	4 :	3 :	4 :	3 :	5 :	6 :	500 :	- :	:	:
0234 :	43 :	4 :	2 :	4 :	3 :	6 :	5 :	460 :	- :	+	:
0334 :	57 :	4 :	2 :	5 :	3 :	7 :	5 :	400 :	- :	+	:
0434 :	52 :	3 :	2 :	3 :	3 :	6 :	4 :	400 :	<50 :	+	:
=====											
0136 :	12 :	5 :	2 :	4 :	2 :	5 :	9 :	320 :	<200 :	:	:
0236 :	8 :	4 :	2 :	3 :	4 :	5 :	7 :	180 :	- :	:	:
0336 :	12 :	4 :	2 :	4 :	6 :	5 :	7 :	220 :	- :	:	:
0436 :	15 :	4 :	3 :	3 :	2 :	7 :	6 :	220 :	- :	:	:
=====											
0138 :	43 :	3 :	2 :	3 :	3 :	3 :	3 :	300 :	- :	:	+

BU  
LILLE

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf.	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
0238	22	3	3	3	2	4	4	600	<200		+
0338	30	3	3	3	2	3	4	660	-		+
0438	38	3	2	4	2	3	3	360	-		+
0538	23	3	1	2	2	3	4	640	-		
=====											
0139	7	3	1	4	7	5	5	420	-		+
0239	7	3	2	3	3	5	6	200	-		+
0339	7	3	2	3	3	4	4	420	-		+
=====											
0140	9	4	3	4	1	5	6	200	-		+
0240	10	3	2	4	6	6	7	220	-		
0340	11	4	2	4	3	6	8	200	-	+	
0440	15	3	2	4	2	10	6	200	-	+	
0540	10	4	3	5	1	7	8	200	-	+	
=====											
0141	142	3	3	8	4	6	9	360	-	+	
0241	76	5	2	6	7	6	19	420	-	+	
0341	152	6	3	6	9	7	13	440	-	+	
=====											
0142	76	5	5	5	3	5	17	540	-	+	
0242	28	5	3	5	3	4	4	680	-	+	
0342	29	4	4	4	3	4	3	660	-	+	
0442	37	5	2	7	3	5	5	640	-	+	
=====											
0143	5	3	3	4	3	4	6	420	-		
0243	6	5	2	6	6	5	7	400	-		
0343	5	4	2	5	6	4	6	400	-		
0443	6	3	3	5	4	4	7	440	-		
-----											
0543	6	4	3	5	6	5	8	400	-		
0643	9	5	2	4	3	4	6	440	-		
0743	8	5	1	4	4	4	6	400	-		
0843	10	5	3	5	4	5	6	380	-		
0943	7	6	2	6	4	5	6	340	-		
1043	8	5	1	5	3	5	7	340	-		

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf. :	B :	Pb :	Sn :	Ga :	V :	Cu :	Ni :	Sr :	Ba :	Co :	Mo :
1143 :	5 :	3 :	2 :	6 :	3 :	4 :	4 :	340 :	<200 :	:	:
1243 :	6 :	3 :	3 :	5 :	4 :	4 :	5 :	320 :	- :	:	:
1343 :	6 :	3 :	4 :	5 :	5 :	4 :	4 :	260 :	- :	:	:
1443 :	7 :	3 :	3 :	6 :	4 :	4 :	7 :	300 :	- :	:	:
1543 :	8 :	2 :	3 :	5 :	4 :	4 :	4 :	420 :	- :	:	:
1643 :	8 :	3 :	2 :	3 :	4 :	4 :	6 :	460 :	- :	:	:
1743 :	8 :	4 :	1 :	4 :	4 :	5 :	6 :	420 :	- :	:	:
1843 :	8 :	4 :	1 :	4 :	5 :	4 :	7 :	520 :	- :	:	:
1943 :	10 :	3 :	1 :	4 :	3 :	4 :	5 :	540 :	- :	:	:
=====											
0145 :	14 :	3 :	4 :	3 :	4 :	4 :	5 :	240 :	- :	:	+
0245 :	29 :	4 :	3 :	3 :	3 :	5 :	4 :	220 :	- :	+	+
=====											
0146 :	8 :	5 :	3 :	5 :	3 :	6 :	8 :	140 :	- :	:	:
0246 :	7 :	6 :	2 :	4 :	3 :	6 :	9 :	100 :	- :	:	:
0346 :	7 :	4 :	2 :	3 :	3 :	5 :	6 :	180 :	- :	:	:
0446 :	6 :	4 :	2 :	3 :	2 :	5 :	7 :	160 :	- :	:	:
0546 :	6 :	5 :	2 :	5 :	1 :	4 :	5 :	100 :	- :	:	:
=====											
0147 :	8 :	4 :	2 :	4 :	2 :	3 :	3 :	100 :	- :	:	+
0247 :	7 :	3 :	2 :	3 :	2 :	3 :	4 :	100 :	- :	:	+
-----											
0347 :	20 :	4 :	4 :	4 :	1 :	3 :	4 :	100 :	- :	:	+
0447 :	7 :	4 :	2 :	4 :	1 :	3 :	4 :	100 :	- :	:	:
-----											
0547 :	6 :	3 :	1 :	2 :	2 :	3 :	3 :	100 :	- :	:	+
=====											
0148 :	4 :	3 :	2 :	2 :	2 :	3 :	3 :	<50 :	- :	:	:
0248 :	5 :	3 :	2 :	2 :	3 :	4 :	3 :	- :	- :	:	:
0348 :	6 :	3 :	2 :	2 :	3 :	3 :	3 :	- :	- :	:	:
0448 :	6 :	4 :	2 :	2 :	2 :	4 :	4 :	- :	- :	:	:
0548 :	6 :	4 :	3 :	4 :	3 :	5 :	3 :	- :	- :	:	:
=====											
0149 :	13 :	4 :	5 :	5 :	2 :	6 :	3 :	300 :	- :	:	:
0249 :	10 :	3 :	3 :	4 :	1 :	4 :	2 :	300 :	- :	:	+

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf. :	B :	Pb :	Sn :	Ga :	V :	Cu :	Ni :	Sr :	Ba :	Co :	Mo :
0349 :	13 :	3 :	3 :	4 :	2 :	3 :	2 :	300 :	<200 :	:	:
0449 :	10 :	3 :	3 :	4 :	2 :	3 :	2 :	300 :	- :	:	:
=====											
0150 :	7 :	3 :	2 :	4 :	2 :	5 :	5 :	450 :	- :	:	+
0250 :	9 :	2 :	2 :	3 :	1 :	4 :	3 :	430 :	- :	+	+
0350 :	6 :	2 :	3 :	4 :	3 :	3 :	3 :	430 :	- :	:	+
0450 :	28 :	1 :	2 :	3 :	1 :	3 :	2 :	480 :	- :	:	+
0550 :	28 :	3 :	3 :	4 :	2 :	3 :	3 :	350 :	- :	:	+
=====											
0650 :	33 :	3 :	1 :	4 :	2 :	3 :	3 :	600 :	- :	:	+
0750 :	35 :	2 :	1 :	3 :	1 :	3 :	2 :	580 :	- :	:	+
0850 :	46 :	2 :	1 :	3 :	1 :	3 :	2 :	450 :	- :	:	+
0950 :	38 :	3 :	3 :	4 :	1 :	4 :	3 :	600 :	- :	:	+
=====											
0151s:169 :	9 :	10 :	26 :	31 :	34 :	4 :	160 :	- :	+	+	:
0251s:144 :	9 :	11 :	23 :	54 :	29 :	5 :	160 :	- :	+	+	:
=====											
0152 :	39 :	2 :	3 :	1 :	1 :	2 :	1 :	200 :	- :	:	:
0252 :	9 :	4 :	2 :	3 :	3 :	4 :	3 :	600 :	- :	:	:
0352 :	6 :	5 :	2 :	4 :	3 :	4 :	4 :	300 :	- :	:	:
0452 :	7 :	3 :	3 :	3 :	1 :	4 :	4 :	450 :	- :	:	:
0552 :	5 :	3 :	4 :	3 :	2 :	4 :	4 :	250 :	- :	:	:
0652 :	10 :	2 :	1 :	3 :	2 :	5 :	5 :	580 :	- :	:	+
=====											
0153 :	5 :	3 :	2 :	4 :	3 :	4 :	4 :	580 :	- :	:	+
0253 :	5 :	3 :	1 :	4 :	2 :	4 :	4 :	480 :	- :	:	+
0353 :	5 :	3 :	2 :	3 :	2 :	4 :	4 :	580 :	- :	:	+
0453 :	5 :	2 :	2 :	3 :	3 :	4 :	4 :	600 :	- :	:	+
0553 :	5 :	2 :	1 :	2 :	3 :	3 :	4 :	480 :	- :	:	+
0653 :	5 :	3 :	2 :	3 :	2 :	4 :	6 :	580 :	- :	:	+
0753 :	4 :	2 :	3 :	3 :	4 :	4 :	4 :	600 :	- :	:	+
=====											
0853 :	5 :	3 :	3 :	3 :	2 :	4 :	5 :	600 :	- :	:	+
0953 :	5 :	3 :	2 :	3 :	2 :	3 :	3 :	580 :	- :	:	+
1053 :	5 :	3 :	3 :	4 :	2 :	3 :	4 :	580 :	- :	:	+
=====											

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf.	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
0154	9	6	3	4	3	5	4	1080	<200		
0254	12	6	2	5	3	3	3	1060	-		
0354	13	5	2	3	2	4	5	1200	-		
0454	22	4	3	3	2	5	3	1220	-		
0554	7	6	2	4	3	4	4	940	580		
=====											
0155	5	3	2	3	3	4	5	600	<200	+	
0255	5	3	2	3	2	3	4	800	-		
0355	16	3	3	3	6	4	4	880	-		
0455	16	4	5	3	7	4	5	730	-		
0555	12	4	4	3	3	4	5	730	-		
=====											
0158	8	4	7	3	3	3	2	250	-		
0258	7	4	5	3	2	3	2	300	-		
0358	7	3	8	3	2	3	2	270	-		
0458	5	3	6	3	3	3	3	250	-		
0558	7	5	4	4	2	3	5	230	-		
0658	10	5	3	3	1	2	3	300	-		+
0758	13	6	3	3	1	3	4	350	-		
=====											
0159	52	6	6	5	3	3	1	930	-	+	+
0259	59	7	2	5	1	2	1	980	1280	+	+
0359	34	9	3	6	1	4	3	1300	1160	+	+
=====											
0160	4	5	2	5	5	5	4	180	<200		
0260	5	4	4	4	3	4	4	160	-		
0360	4	5	5	5	4	5	4	180	-		
0460	4	3	4	3	3	4	3	250	-		
0560	4	3	3	3	3	4	4	300	-		
0660	5	3	4	3	3	4	3	650	-		
0760	4	4	4	5	4	4	4	250	-		
0860	4	4	3	5	2	4	3	270	-		
0960	7	19	4	6	2	4	4	250	-		
1060	3	3	3	5	2	3	3	250	-		
=====											

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf. :	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
0161 :	67	7	7	8	4	10	4	1300	<200	+	+
0261 :	37	3	3	5	2	4	3	2180	-	+	+
0361 :	14	2	2	3	1	4	2	2360	-	+	+
0461 :	29	4	4	6	2	4	5	2460	-	+	+
0561 :	14	3	2	3	1	3	2	2600	-		+
0661 :	54	5	3	5	3	7	3	2040	-	+	+
0761 :	28	2	3	3	1	3	2	1940	-		+
-----											
0861 :	18	4	2	4	2	4	5	1720	-		
0961 :	7	4	2	4	1	3	4	2300	-		
1061 :	14	4	2	4	1	3	4	1600	-		
1161 :	21	2	3	2	1	3	2	1600	-		+
1261 :	22	5	2	6	2	4	5	1540	-		
1361 :	10	2	2	2	1	3	2	1140	-		+
=====											
0164 :	20	6	6	3	2	6	4	975	450		
0264 :	24	5	4	9	3	11	5	860	1400		
=====											
0166 :	10	9	9	3	2	6	6	850	1700		
0266 :	10	11	14	3	22	7	9	860	1400		
0366 :	14	4	6	5	3	8	7	1000	1050		
0466 :	24	10	8	8	3	8	12	825	1000		
0566 :	19	2	2	18	8	6	3	910	1500		+
0666 :	8	4	4	3	3	3	11	1610	300		
=====											
0167 :	3	7	9	4	2	8	6	680	<200		
0267 :	3	5	6	5	7	7	8	580	-		
0367* :	n.d.	194	2	n.d.	n.d.	12	6	100	240		
0467* :	-	38	2	-	-	4	29	700	820		
0567 :	8	30	14	5	7	11	11	2380	<200	+	
0667 :	4	88	8	6	3	4	4	2200	-		
0767 :	5	5	1	4	4	4	5	1560	-	+	
0867 :	6	7	1	6	4	5	5	1800	-		
0967* :	n.d.	12	6	n.d.	n.d.	6	6	500	100		
1067* :	-	15	4	-	-	33	12	440	160		

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf. :	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
1167*	70	39	2	15	218	52	4	1080	460	:	:
1267	6	11	11	3	2	8	5	860	<200	:	:
1367	40	7	2	3	10	29	26	300	-	:	:
1467*	n.d.	220	510	:	:						
=====											
0168	7	7	9	8	3	2	16	525	450	:	:
0268	7	6	11	6	11	8	18	560	600	:	:
0368	17	4	9	9	5	2	20	660	500	:	:
0468	14	5	10	9	3	4	13	790	600	:	:
0568	9	7	10	6	12	10	15	710	650	:	:
0668	13	10	17	9	7	3	16	850	450	:	:
0768*	n.d.	220	1800	:	:						
0868*	-	-	-	-	-	-	-	240	2200	:	:
=====											
0968	:775	8	3	10	4	12	4	710	1700	+	:
1068	16	7	10	9	9	6	5	440	450	:	:
1168	17	7	11	8	4	5	3	550	450	:	:
1268	23	9	18	9	6	26	4	410	750	:	:
1368*	n.d.	560	3600	:	:						
1468*	-	-	-	-	-	-	-	550	2200	:	:
1568*	27	8	17	5	4	16	44	590	950	:	:
1668*	n.d.	440	1900	:	:						
1768*	-	-	-	-	-	-	-	325	2400	:	:
1868*	-	-	-	-	-	-	-	125	450	:	:
=====											
2068	23	20	5	4	5	14	4	950	450	:	:
2168	38	9	8	7	8	15	4	875	350	:	:
2268	42	10	8	7	5	8	12	900	370	:	:
2368	17	6	11	7	5	4	5	875	450	:	:
2468	37	8	9	6	6	13	6	875	450	:	:
2568	18	5	6	5	6	9	5	690	270	:	:
=====											
0169	50	42	18	27	2	40	1	160	<200	+	+
0269	60	3	4	4	1	1	2	80	-	+	:
0369	38	30	39	38	8	77	32	480	540	+	:



TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf.	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
0569	5	1	5	7	1	1	3	<50	<100	+	+
0669	14	2	4	5	2	2	3	50	-	+	
0769	5	2	3	6	1	2	1	90	-	+	
0869	16	2	3	8	2	3	4	50	<200	+	+
=====											
0170	17	3	3	2	2	3	4	330	-		
=====											
0171	5	4	3	3	3	4	5	1550	-		
=====											
0172	6	27	4	3	3	4	4	70	-		
0272	5	6	4	3	3	4	4	60	-		
0372	5	85	4	3	3	4	4	60	-		
0472	6	3	2	3	2	3	3	110	-		
=====											
0572	4	3	5	4	1	3	3	230	-		+
0672	5	2	2	4	1	3	3	150	-		
0772	5	2	2	4	1	3	2	200	-		
0872	5	5	3	5	2	4	3	220	-		
0972	5	3	2	5	2	4	3	230	-		
=====											
0174	15	3	4	5	2	4	3	220	<100		
0274	8	3	5	5	3	4	3	180	-		
=====											
0175	23	3	3	3	2	4	3	250	<200		
=====											
0176	44	8	2	4	2	4	5	840	-		+
0276	9	4	2	4	3	4	6	180	-		+
=====											
0177	83	8	2	5	2	6	15	1075	900	+	+
0277	31	6	2	9	9	14	9	1025	950	+	
0377*	110	14	2	20	186	4	8	1015	1700		
0477	25	20	5	14	27	37	16	675	1000		
0577*	n.d.	310	900								
=====											
0181	23	4	2	5	3	7	9	2640	<100		+

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf.	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
0281	10	4	2	4	3	6	5	2800	<100		+
0381	27	3	2	3	2	4	4	2540	-		+
0481	8	4	2	2	1	5	3	3200	-	+	+
0581	6	4	2	3	2	5	4	2360	-		+
=====											
0182	65	4	3	5	2	17	4	260	-		
=====											
0183*	n.d.	90	1860	n.d.	n.d.						
0283*	-	-	-	-	-	-	-	80	1500	-	-
0383*	-	-	-	-	-	-	-	460	3340	-	-
0483	5	9	4	1	1	2	2	200	200		
0583*	127	2	4	20	36	1	3	500	3760	+	+
0683*	n.d.	270	2520	n.d.	n.d.						
0783*	-	-	-	-	-	-	-	240	2460	-	-
0883	8	6	10	4	5	5	23	220	<200		
0983	10	5	6	3	3	4	8	170	-		
1083	8	6	8	3	2	4	12	170	-		
1183*	82	124	4	12	8	2	2	570	1200	+	+
1283	10	5	5	3	2	2	6	200	<200		
1383	7	7	6	2	1	2	10	110	-		
1483*	n.d.	220	1920	n.d.	n.d.						
=====											
0184*	-	-	-	-	-	-	-	790	1740	-	-
0284	48	3	6	5	1	1	2	80	320		
0384	153	5	9	4	1	2	2	80	<200		
0484	138	3	5	2	1	2	2	100	-		
0584	6	3	3	2	1	2	5	210	-		
0684	18	4	6	2	1	2	2	120	-		
0784*	n.d.	230	700	n.d.	n.d.						
0884	18	6	5	4	1	1	2	120	<200	+	
0984*	n.d.	640	1680	-	-						
1084	22	4	6	2	1	2	4	100	<200		
1184	4	3	5	2	2	2	3	230	-		
1284	24	5	7	2	1	2	3	110	-		
1384*	n.d.	1090	2380	n.d.	n.d.						
=====											

BU  
LILLE

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf.	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
0185*	:n.d.	: 320	: 1860	:n.d.	:n.d.						
0285	: 5	: 5	: 15	: 3	: 1	: 6	: 2	: 210	: 200	:	:
0385	: 6	: 52	: 7	: 2	: 1	: 2	: 2	: 120	: <200	:	:
0485	: 6	: 6	: 6	: 3	: 1	: 2	: 3	: 120	: -	:	:
0585	: 6	: 8	: 30	: 2	: 1	: 2	: 3	: 70	: -	:	:
0685	: 4	: 3	: 6	: 2	: 1	: 2	: 3	: 90	: -	:	:
0785	: 5	: 3	: 6	: 2	: 2	: 3	: 3	: 110	: -	:	:
0885*	:n.d.	: 540	: 1860	:n.d.	:n.d.						
0985	: 7	: 4	: 8	: 2	: 2	: 5	: 8	: 120	: <200	:	:
1085	: 13	: 4	: 5	: 2	: 2	: 3	: 4	: 120	: -	:	:
1285	: 4	: 4	: 8	: 3	: 1	: 2	: 10	: 170	: -	:	:
1485*	:n.d.	: 320	: 2340	:n.d.	:n.d.						
=====											
0186*	-	-	-	-	-	-	-	: 30	: 1000	:	:
0286	: 29	: 11	: 2	: 13	: 2	: 1	: 2	: 100	: 860	: +	:
0386	: 26	: 91	: 2	: 13	: 2	: 3	: 2	: 200	: 1860	: +	:
=====											
0187*	:100	: 2	: 6	: 11	: 2	: 1	: 2	: 210	: 600	: +	: +
0287	: 8	: 10	: 6	: 3	: 2	: 3	: 8	: 200	: <200	:	:
0387*	:n.d.	: 350	: 240	:n.d.	:n.d.						
0487	: 6	: 24	: 6	: 4	: 1	: 3	: 7	: 120	: <200	:	:
0587	: 5	: 8	: 7	: 2	: 2	: 4	: 8	: 130	: -	:	:
0687	: 8	: 21	: 13	: 3	: 3	: 4	: 8	: 120	: -	:	:
0787	: 5	: 18	: 7	: 2	: 3	: 3	: 7	: 120	: -	:	:
0887	: 6	: 11	: 13	: 4	: 1	: 3	: 4	: 120	: -	:	:
0987	: 10	: 24	: 12	: 3	: 1	: 2	: 3	: 80	: -	:	:
=====											
0188	: 4	: 2	: 13	: 1	: 1	: 2	: 2	: <20	: -	:	:
0288	: 4	: 4	: 16	: 2	: 1	: 2	: 3	: <20	: -	:	:
0388	: 6	: 7	: 17	: 3	: 2	: 3	: 5	: 30	: -	:	:
0488	: 8	: 8	: 10	: 3	: 1	: 3	: 3	: 20	: -	:	:
0588	: 7	: 5	: 19	: 3	: 1	: 2	: 4	: <20	: -	:	:
=====											
0189	: 10	: 3	: 3	: 8	: 1	: 4	: 3	: 850	: -	:	:
0289	: 24	: 3	: 2	: 6	: 2	: 4	: 4	: 1210	: -	:	:

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf.	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
0389	61	3	6	3	2	2	4	420	<200		
0489	20	3	6	3	2	3	5	450	-		
0589	162	5	7	3	1	2	3	470	-		
0689	234	3	5	2	1	3	4	430	-		
0789	16	4	2	4	1	2	3	1090	-		
0889	10	4	4	4	1	2	3	1230	-		
=====											
0190	6	4	16	3	1	2	2	130	-		
0290	3	4	15	3	1	2	3	200	-		
0390	3	3	7	2	1	1	2	90	-		
0490	3	3	5	2	1	1	2	90	-		
=====											
0191	6	3	4	4	1	3	4	150	-		
0291	5	2	3	3	2	3	3	150	-		
0391	4	3	4	4	3	4	5	200	-		
0491	5	4	4	3	1	6	6	140	-		
0591	7	4	4	3	3	5	6	180	-		
0691	5	3	4	3	3	5	4	190	-		
0791	4	3	4	3	1	5	4	220	-		
0891	6	4	6	4	1	5	5	180	-		
0991	3	2	4	3	1	3	3	170	-		
1091	4	3	6	4	1	4	4	200	-		
-----											
1191	5	5	3	5	8	5	7	300	-		
=====											
0192	14	2	4	3	3	42	4	260	-		
0292	5	4	4	3	2	3	3	190	-		
=====											
0193	86	5	2	12	4	15	5	50	-	+	
0293	67	5	1	7	3	6	2	90	-	+	
0393	68	5	1	5	2	10	3	100	-	+	
0493	54	5	4	6	2	48	5	140	-	+	
0593	41	6	6	3	1	32	3	270	200	+	
0693	47	4	1	5	2	53	3	250	480	+	
0793	70	4	2	7	1	15	2	120	-	+	

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf. :	B :	Pb :	Sn :	Ga :	V :	Cu :	Ni :	Sr :	Ba :	Co :	Mo :
0893 :	84 :	5 :	1 :	10 :	1 :	16 :	2 :	120 :	<200 :	+	:
0993 :	21 :	6 :	3 :	1 :	2 :	51 :	2 :	140 :	- :	+	:
1093 :	22 :	7 :	6 :	3 :	2 :	39 :	5 :	150 :	- :	+	:
-----											
1193 :	86 :	4 :	1 :	12 :	3 :	4 :	2 :	90 :	- :	+	:
=====											
0194 :	4 :	4 :	6 :	3 :	1 :	3 :	5 :	270 :	- :	:	:
0294 :	5 :	3 :	6 :	3 :	3 :	3 :	7 :	240 :	- :	:	:
0394 :	6 :	3 :	6 :	3 :	2 :	3 :	3 :	190 :	- :	:	:
0494 :	5 :	7 :	6 :	3 :	2 :	3 :	4 :	170 :	- :	:	:
0594 :	6 :	4 :	6 :	3 :	2 :	3 :	3 :	210 :	- :	:	:
0694 :	5 :	3 :	6 :	3 :	2 :	3 :	4 :	240 :	- :	:	:
0794 :	5 :	4 :	6 :	4 :	2 :	3 :	3 :	150 :	- :	:	:
0894 :	4 :	3 :	5 :	3 :	3 :	3 :	4 :	140 :	- :	:	:
0994 :	7 :	4 :	6 :	4 :	5 :	4 :	5 :	190 :	- :	:	:
1094 :	15 :	3 :	4 :	3 :	2 :	3 :	6 :	200 :	- :	:	:
1194 :	5 :	3 :	6 :	3 :	4 :	3 :	3 :	190 :	- :	:	:
1294 :	4 :	4 :	5 :	3 :	5 :	4 :	5 :	200 :	- :	:	:
1394 :	4 :	4 :	6 :	4 :	3 :	3 :	10 :	210 :	- :	:	:
1494 :	4 :	4 :	8 :	5 :	4 :	3 :	5 :	140 :	- :	:	:
1594 :	4 :	4 :	10 :	4 :	3 :	3 :	4 :	200 :	- :	:	:
-----											
1694 :	5 :	3 :	3 :	4 :	4 :	4 :	4 :	260 :	- :	:	:
1794 :	5 :	4 :	3 :	3 :	3 :	5 :	6 :	400 :	- :	:	:
1894 :	5 :	3 :	1 :	3 :	4 :	4 :	5 :	340 :	- :	:	:
=====											
0195 :	9 :	6 :	5 :	5 :	2 :	3 :	7 :	270 :	- :	:	:
0295 :	12 :	5 :	4 :	4 :	2 :	3 :	5 :	290 :	- :	:	:
-----											
0395 :	8 :	5 :	4 :	2 :	2 :	4 :	3 :	320 :	- :	:	:
0495 :	8 :	6 :	5 :	2 :	3 :	4 :	4 :	290 :	- :	:	:
0595 :	7 :	5 :	5 :	2 :	2 :	3 :	3 :	350 :	- :	:	:
0695 :	7 :	6 :	4 :	2 :	2 :	4 :	3 :	320 :	- :	:	:
0795 :	8 :	5 :	5 :	3 :	3 :	4 :	5 :	350 :	- :	:	:
0895 :	8 :	4 :	4 :	3 :	2 :	4 :	5 :	350 :	- :	:	:

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf.	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
0995	12	4	5	4	2	4	6	370	<200		
1095	14	5	3	3	1	3	5	330	-		
1195	16	5	3	3	1	3	3	400	-		
1295	15	5	4	3	1	3	3	350	-		
1395	9	4	4	3	3	3	4	370	-		
1495	10	4	3	3	2	2	3	250	-		
1595	10	4	5	3	3	3	4	300	-		
1695	10	3	4	3	2	2	4	320	-		
1795	9	3	4	3	2	3	3	310	-		
1895	9	4	4	2	2	3	2	300	-	+	
0196	13	4	4	3	2	3	2	260	-		+
0296	12	5	4	3	2	3	2	240	-		+
0396	13	5	4	3	1	3	2	260	-		+
0197	7	6	2	4	4	4	4	310	-		
0297	5	4	3	4	4	3	7	310	-		
0397	6	4	4	4	2	3	6	310	-		
0497	6	4	4	3	1	3	6	260	-		
0597	5	3	2	3	1	3	5	230	-		
0697	4	3	3	3	1	3	5	230	-		
0797	5	3	2	5	4	5	3	320	-		
0897	5	3	7	4	3	4	3	270	-		
0997	5	3	4	5	2	4	2	260	-		
1097	5	3	5	4	3	4	3	350	-		
1197	4	4	3	3	3	3	5	260	-		
1297	4	4	4	4	2	4	6	270	-		
1397	4	4	2	4	4	4	7	240	-		
1497	3	4	2	4	4	4	7	270	-		
1597	3	4	3	4	4	4	6	250	-		+
1697	4	3	2	5	6	3	6	290	-		

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (suite).

Réf. :	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
1797 :	4	3	3	4	3	3	4	360	<200	:	:
1897 :	4	3	2	4	3	3	4	330	-	:	:
=====											
0198 :	51	6	1	8	1	2	2	110	560	+	+
0298 :	4	1	1	7	1	4	3	350	1520	+	+
0398 :	10	4	2	9	6	3	3	400	2860	+	:
0498 :	5	7	2	9	2	21	3	370	1640	+	:
0598 :	5	3	2	8	3	6	4	400	1960	+	:
0698 :	5	2	2	7	1	3	3	300	1520	+	+
0798 :	23	8	4	12	8	4	5	450	2260	+	+
=====											
0199 :	3	4	2	5	5	6	8	80	<200	:	:
0299 :	3	7	3	4	1	2	4	50	-	:	:
0399 :	2	6	4	4	2	2	4	50	-	:	:
0499 :	6	4	3	3	1	2	3	50	-	:	:
0599 :	2	4	1	4	1	2	3	50	-	:	:
0699 :	5	6	1	4	1	3	3	80	-	:	:
0799 :	5	4	2	3	1	3	3	100	-	:	:
0899 :	4	5	2	4	2	5	5	90	-	:	:
0999 :	4	6	4	3	1	3	3	50	-	:	:
1099 :	4	4	2	5	1	5	7	90	-	:	:
=====											
1199 :	3	3	1	2	1	2	2	220	-	:	:
1299 :	4	3	2	2	1	2	2	230	-	+	+
1399 :	6	4	3	2	2	2	2	180	-	+	+
1499 :	6	5	2	3	2	4	3	260	-	+	+
1599 :	4	3	2	2	1	3	3	220	-	+	+
1699 :	8	3	1	2	1	5	2	220	-	+	:
1799 :	10	6	2	3	1	3	2	180	-	+	+
1899 :	9	41	2	3	1	5	3	180	-	:	+
1999 :	8	14	1	3	2	5	3	140	-	:	+
2099 :	8	14	3	4	1	3	3	140	-	:	+
2199 :	6	5	3	3	1	2	3	160	-	:	+
2299 :	6	6	3	3	1	3	2	100	-	:	+
2399 :	6	13	6	3	1	2	2	140	-	:	:

TABLEAU III  
ANALYSES SPECTROCHIMIQUES, (fin).

Réf. :	B	Pb	Sn	Ga	V	Cu	Ni	Sr	Ba	Co	Mo
2499 :	13	:2020	: 5	: 4	: 1	: 32	: 2	: 180	: <200	:	:
2599 :	13	: 142	: 3	: 3	: 1	: 8	: 2	: 220	: -	:	:
2699 :	7	: 11	: 2	: 3	: 1	: 3	: 3	: 240	: -	:	:
2799 :	5	: 16	:: 3	: 3	: 1	: 3	: 3	: 180	: -	:	:
2899 :	5	: 248	: 3	: 3	: 1	: 3	: 3	: 180	: -	:	:
2999 :	13	: 4	: 2	: 3	: 1	: 2	: 2	: 80	: -	:	:
3099 :	7	: 28	: 3	: 3	: 1	: 3	: 3	: 230	: -	:	:

=====

s : Schistes ampéliteux du Gothlandien de Feuguerolles (Calvados).

\* : Gneiss encaissant les calcaires métamorphiques, ou roches silicatées interstratifiées.

n.d. : non déterminé.

(42)

---

## C. LES MOYENS STATISTIQUES

A l'intérieur des grands groupes dans lesquels les observations pétrographiques (volume II) permettent de ranger les échantillons, on obtient, grâce aux analyses spectrochimiques et chimiques globales, un ensemble de données concrètes se prêtant facilement aux comparaisons absolues. Cependant, si l'on peut user directement de ces renseignements, certes assez précis et d'un intérêt non négligeable, qu'apporte la chimie, ceux-ci restent d'ordre purement quantitatif. A priori ils n'impliquent rien des relations existant entre les éléments. On profite de cette accumulation de données pour étudier, non seulement les variations de teneur en fonction des divers types d'échantillons, mais encore pour rechercher les liaisons existant entre les éléments chimiques à l'intérieur des carbonates analysés :

- pour faire apparaître les liaisons géochimiques non encore observées;
- pour retrouver des propriétés déjà connues dans d'autres roches;
- pour confirmer ou infirmer des liaisons soupçonnées entre éléments, et qui, jusqu'à présent, étaient basées sur un nombre d'analyses encore insuffisant;
- pour associer ces propriétés à celles déjà connues afin de tenter une application pratique aux corrélations stratigraphiques.

Pour chaque analyse complète, on dispose de 21 données utilisables. Compte tenu du nombre d'échantillons analysés (540), c'est environ 12 000 données numériques qu'il s'agit d'étudier. Ceci justifie pleinement de requérir l'aide des moyens de traitements\* de l'information, par les méthodes classiques de la statistique.

### I. CORRELATIONS TOTALES

"Si deux grandeurs  $x$  et  $y$  sont rigoureusement liées, leur liaison peut être exprimée par une fonction appelée équation de régression" (Y. Lacroix, 1962).

Dans ces conditions, l'un des caractères est déterminé si l'autre est connu et la relation qui les lie est de la forme :

$$x = \bar{x} + \beta_{xy} (y - \bar{y})$$

équation d'une droite dite de régression de  $x$  en  $y$  (R. Murard, 1960) dans laquelle  $\bar{y}$  est la moyenne arithmétique des  $y$  et  $\bar{x}$ , la moyenne arithmétique des  $x$ ;  $\beta_{xy}$  est le coefficient angulaire de la droite.

---

\* : Au Laboratoire de Calcul Numérique de la Faculté des Sciences de Lille.

## 1) Corrélations

La notion de corrélation élargit celle de liaison : "on dit que deux variables aléatoires X et Y présentent une corrélation, si elles ne sont pas indépendantes" (R. Murard, 1960). Dans cette éventualité la liaison existe, mais lorsque l'un des caractères est défini, l'autre "peut prendre une série de valeurs correspondant à une certaine distribution" (Y. Lacroix, 1962).

Un nombre permet d'évaluer l'intensité de l'interdépendance de deux variables aléatoires X et Y, c'est le coefficient de corrélation totale. On démontre qu'il a pour expression :

$$R_{xy} = \frac{\sum [(x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})]}{\sqrt{\sum (x_i - \bar{x})^2 \sum (y_i - \bar{y})^2}} \quad (\text{G. Ataman, 1967})$$

où  $x_i$  et  $y_i$  sont les valeurs que peuvent prendre les variables liées X et Y. Plus concrètement, dans les 22 éléments ou oxydes analysés, X et Y pourront représenter, par exemple, respectivement les variations de CaO et Pb, tandis que  $x_i$  et  $y_i$  correspondront aux différentes valeurs que peuvent prendre X et Y dans un gisement ou un ensemble de gisements.

Dans la réalité  $R_{xy}$  a rarement les valeurs extrêmes (+1, 0, -1) et l'on considère une liaison d'autant plus intense entre X et Y que la valeur absolue  $R_{xy}$  est plus voisine de 1. De plus, si  $R_{xy} > 0$ , X et Y varient dans le même sens et si  $R_{xy} < 0$ , X et Y varient en sens contraire.

En résumé, pour ce qui nous intéresse, X et Y ne sont autres que les variations de la distribution des éléments, tandis que  $R_{xy}$  teste leur degré de liaison, ainsi que les sens simultanés de leurs variations. A retenir également que  $R_{xy}^2$  traduit l'importance de l'influence qu'exerce la variable X sur la variable Y, par exemple :

$R_{xy} = 0,80$ , soit  $R_{xy}^2 = 0,64$ , signifie que 64 % des variations de Y sont imputables à X.

Indépendamment de l'intensité de la liaison entre deux éléments, tel que le suggère le coefficient de corrélation totale donné, il est nécessaire d'apprécier la confiance que l'on peut avoir dans la signification de la corrélation apparente et ceci peut se faire à l'aide d'un test simple à partir de la table des t de Fisher (Y. Lacroix, 1962). On calcule d'abord l'erreur type :

$$E = \sqrt{\frac{1 - R_{xy}^2}{n - 2}}$$

(n étant le nombre de paires de résultats), puis le critère expérimental :

$$t_{\text{exp}} = \frac{R_{xy}}{E}$$

que l'on compare au critère t, de la table de Fisher, choisi en fonction de la probabilité P désirée et de n - 2, Si  $t_{\text{exp}} > t$ , la corrélation est significative.

Remarque :

Dans tous les calculs, on a choisi P = 0,05 et l'on ne tient compte que des coefficients de corrélation totale ayant une crédibilité > 95 %.

## 2) Distributions

Les auteurs, en particulier Ataman (1967), précisent que le traitement statistique des teneurs en éléments majeurs, mineurs et traces des roches qu'ils ont étudiées, révèle une différence de comportement des divers types d'éléments. La distribution de la plupart des éléments traces suivrait une loi lognormale et les éléments majeurs une loi normale.

Ne pouvant point préjuger la spécification de la loi de référence (R. Murard, 1960) de la distribution des éléments étudiés et pour éviter un accroissement de la complexité des programmations, en ajoutant des tests supplémentaires ( $\chi^2$ ) afin d'évaluer la nature des répartitions, il a été systématiquement ordonné à la calculatrice\* le calcul des coefficients de corrélation des couples :

$$\begin{aligned} x_i - y_i \\ x_i - \text{Log} y_i \\ \text{Log} x_i - y_i \\ \text{Log} x_i - \text{Log} y_i \end{aligned}$$

En considérant les 22 données par analyse chimique, ceci conduit à faire effectuer  $C_{44}^2 = 946$  corrélations totales par classe de roches étudiées. Cependant avec l'ordre restrictif de n'imprimer que les corrélations ayant une probabilité > 95 % et la sélection de celui des quatre coefficients cités ci-dessus qui présente la valeur absolue la plus grande, on obtient une masse de données numériques parfaitement manipulables.

Cette sélection est importante, car elle permet par accumulation d'un certain type de corrélation, pour un même élément, d'avoir une quasi certitude sur son mode de distribution.

---

\* : Bull Générale Electrique M.40.

En effet, soit  $R_1$  le coefficient de corrélation liant X à Y (variation de deux éléments). Cela veut dire que  $(R_1^2)$  % des variations de X sont imputables à Y, en considérant que X a une distribution arithmétique (ou normale).

Soit maintenant  $R_2$  le coefficient de corrélation liant  $\ln X$  à Y. Cela signifie que  $(R_2^2)$  % des variations X sont imputables à Y, en considérant que X a une distribution logarithmique (ou lognormale).

Si  $R_2 > R_1$ , cela veut dire que si l'on suppose a priori que les variations de X sont lognormales, X a des rapports plus étroits avec Y.

On calcule à présent les corrélations de X avec les n autres variables : z, t, u, .....n, qui représentent l'environnement chimique de X. Si, dans la majorité des cas, c'est en supposant sa distribution logarithmique, que les liaisons de X sont les plus intenses, on peut en déduire que c'est en donnant à X une répartition de cette forme que ses rapports avec le milieu géochimique environnant sont les plus étroits. Donc la distribution de X est lognormale.

Malgré les restrictions exposées ci-dessus, la signification du coefficient de corrélation totale peut être sujette à caution, du moins quant au point de vue relations géochimiques pures. Ainsi Shaw (1964) précise que des effets fortuits en fonction des variances peuvent influencer sur les coefficients de corrélation, calculés entre paires d'éléments. Ceci peut être d'autant plus accentué que les coefficients de variation des teneurs sont plus proches.

Plus importantes que cet effet, purement occasionnel, sont les relations apparentes, propriétés intrinsèques des systèmes de variables à somme constante. En effet, si l'on considère les résultats de l'analyse chimique globale, ils sont exprimés en pourcents et font donc partie d'une somme constante :  $(\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \dots + \text{CO}_2) = 100$ . Pour des éléments à forte teneur, il est évident que si l'une d'entre elles augmente, une partie des autres ne peut que diminuer, d'où une corrélation négative apparente. "Dans un système à n variables et somme constante, le coefficient de corrélation totale peut ne pas représenter les dépendances réelles entre les variables, qui sont déformées par le système mathématique utilisé" (G. Ataman, 1967). L'imprécision est d'autant plus grande que :

- le nombre de variables est plus petit;
- la somme (x + y) des teneurs à tester est grande;
- le rapport x/y est voisin de 1.

Dans le cas particulier des analyses interprétées ici, le nombre des variables est relativement grand (pour les majeurs et mineurs, 14, avec "perte au feu"). Néanmoins, toutes les corrélations décelées entre les principaux élé-

ments majeurs, Ca, Si et Al, dans les calcarénites, Mg dans les dolomies, doivent toujours être sérieusement discutées.

II. CORRELATIONS PARTIELLES.

Succinctement, soit n variables aléatoires :

$$X_1, X_2, \dots, X_i, X_j, \dots, X_n,$$

on appelle estimation d'une variable aléatoire  $X_i$  indépendante de  $X_j$ , en fonction des autres variables :

$$X_i' = \sum_{\substack{k=1 \text{ à } n \\ k \neq i \\ k \neq j}} a_k X_k$$

$a_k$  : coefficient de régression multiple d'ordre n-2.

Ce sont donc les parties linéairement liées aux n-2 autres variables. Les différences  $U = X_i - X_i'$  et  $V = X_j - X_j'$  représentent les parties de  $X_i$  et  $X_j$ , non exprimables en fonction des n-2 autres variables.

En recherchant la corrélation totale entre U et V, on obtiendra une corrélation entre les deux parties de  $X_i$  et  $X_j$  non exprimables en fonction des n-2 autres variables. On appelle <sup>cette</sup> corrélation, la corrélation partielle. C'est une notion qui intervient au niveau d'une loi normale à plus de deux variables, supposées aléatoires et permet de considérer la liaison intrinsèque d'un couple en le soustrayant à l'influence statistique des autres variables.

Plus concrètement l'analyse chimique de m échantillons permet de construire l'ensemble suivant :

Réf. :	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> .....	Ba
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub> .....	X <sub>n</sub>
	↑----- n variables -----↓		
01 p :	x <sub>1</sub> <sup>1</sup> .....		x <sub>n</sub> <sup>1</sup>
02 p :	x <sub>1</sub> <sup>2</sup> .....		x <sub>n</sub> <sup>2</sup>
			} m échantillons
0i p :	x <sub>1</sub> <sup>i</sup> .....		x <sub>n</sub> <sup>2</sup>
0m p :	x <sub>1</sub> <sup>m</sup> .....		x <sub>n</sub> <sup>m</sup>

Sans entrer dans le détail du développement mathématique, si l'on cherche à évaluer la corrélation partielle liant SiO<sub>2</sub> et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (soit X<sub>1</sub> et X<sub>2</sub>), l'estimation de la silice liée linéairement aux n-2 autres variables est de la forme :

$$X_1' = A a$$

avec  $a = (\tilde{A} A)^{-1} X_1$

où  $A = \begin{matrix} x_3^1 & \dots & x_n^1 \\ \vdots & & \vdots \\ x_3^m & \dots & x_n^m \end{matrix}$  et  $\tilde{A}$  est la transposée de  $A$  ( $A$  tilde).

a) Dans le cas particulier où  $m = n-2$ , le nombre d'équations est égal au nombre d'inconnues, la matrice est carrée et le système dit de Cramer admet au moins une solution, soit :

$$X_1' = X_1 \text{ et } U = V = 0,$$

la recherche de la corrélation entre  $U$  et  $V$  n'a plus de sens.

b)  $m < n-2$  : à plus forte raison on a encore  $X_1' = X_1$ ; en effet il y a plus d'équations que d'inconnues et dans ce cas il existe une infinité de fonctions linéaires liant  $X_1$  avec  $X_3 \dots X_n$ . Dès lors, chercher les corrélations entre  $(X_1 - X_1')$  et  $(X_2 - X_2')$  n'a plus de sens puisque  $(X_1 - X_1') = (X_2 - X_2') = 0$ .

Ainsi dans les études de corrélations partielles qui ont été entreprises, il était nécessaire que l'on ait  $m > n-2$ , c'est-à-dire que le nombre d'échantillons soit supérieur au nombre d'éléments analysés, moins 2, soit au moins égal à 21.

Etant donné la quantité d'échantillons prélevés par gisement et connaissant les limites de la méthode, cette technique d'investigation n'a été utilisée que pour les ensembles importants regroupant plusieurs gisements au sein d'une même famille. Cependant l'étude des corrélations partielles n'a pas été pour autant éliminée du gisement isolé, où sous une forme plus simple elle pouvait apporter de précieux renseignements quant aux corrélations stratigraphiques entre gisements. Dans ce travail, appliqué uniquement aux résultats portant sur les éléments majeurs-mineurs (chimie globale), n'ont été considérées que trois variables :

$$X_i, X_j \text{ et } Z = \sum X_k, \text{ k de 1 à n, mais différent de i et j.}$$

Dans ce cas, plus simple, l'intensité de la liaison partielle  $(X_i, X_j)$  est mesurée par :

$$R_{x_i x_j, z} = \frac{R_{x_i x_j} - (R_{x_j z} \cdot R_{x_i z})}{\sqrt{(1 - R_{x_j z}^2) (1 - R_{x_i z}^2)}} \quad (\text{R. Murard, 1960})$$

avec  $Z = \sum X_k$

où  $R_{x_i, x_j}$  est le coefficient de corrélation totale du couple  $(X_i, X_j)$   
 $R_{x_i, z}$  " " " " " " " " "  $(Z, X_i)$   
 $R_{x_j, z}$  " " " " " " " " "  $(X_j, Z)$

Outre la possibilité d'obtenir dans deux gisements différents certaines relations identiques en sens, en intensité et en nature, ce type de corrélation permet d'éclaircir quelque peu l'action de "l'effet de somme" dans les corrélations totales.

Le coefficient de corrélation partielle peut être positif ou négatif. Il est évident que chaque résultat doit faire l'objet d'un test sur sa signification. A ce propos, puisqu'en définitive la corrélation partielle revient à la corrélation totale des parties non linéairement liées aux autres variables, de deux fonctions aléatoires prises parmi  $n$ , on utilise la comparaison du  $t$  expérimental au  $t$  de la table de Fisher, comme pour l'estimation de la crédibilité du coefficient de corrélation totale.

Compte tenu des restrictions formulées lors de la présentation du coefficient de corrélation totale, on pourrait appliquer uniquement les corrélations partielles sur les éléments majeurs. Cependant, on ne lèverait pas pour autant l'indétermination de certains coefficients majeurs-traces résultant de l'interdépendance entre les majeurs. Ainsi, le fait que  $\text{SiO}_2$  soit lié positivement avec  $\text{Al}_2\text{O}_3$  d'une part et B d'autre part, n'implique pas forcément une liaison géochimique ( $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{B}$ ), que pourraient pourtant suggérer les corrélations totales, seules.

### III. CORRELATIONS MULTIPLES.

Ce type de corrélations correspond à la loi de probabilité d'une variable liée par  $n$  autres. Dans ce type d'essai, on s'est limité à l'étude des interactions intéressant les variables, trois à trois, donc à apprécier dans quelle mesure la distribution d'un élément est influencée simultanément par celle de deux autres. La valeur de cette interdépendance est mesurée par le coefficient de corrélation multiple dont le carré de l'expression est :

$$R_{x, yz}^2 = \frac{R_{zx}^2 + R_{xy}^2 - 2R_{yz} \cdot R_{zx} \cdot R_{xy}}{1 - R_{yz}^2} \quad (\text{R. Murard, 1960})$$

Bien entendu  $R_{x, yz}$  est toujours positif, compris entre 0 et 1.

La signification des résultats est évaluée comme suit : on forme la variable F observée :

$$F_{\text{obs}} = \frac{n - 3}{2} \cdot \frac{R_{x, yz}^2}{(1 - R_{x, yz}^2)}$$

(n étant le nombre de triplets utilisés dans le calcul de  $R_{x, yz}$ ) et on la compare aux valeurs  $F_{0,05}$  et  $F_{0,01}$  de la table de Snédécour, avec  $\nu_1 = 2$  et  $\nu_2 = n - 3$  (degrés de liberté).

Si  $F_{\text{obs}} \geq F_{0,05}$ , la corrélation multiple est significative, sa crédibilité étant  $\geq 95\%$  et si  $F_{\text{obs}} > F_{0,01}$  la corrélation est très significative, sa crédibilité étant  $\geq 99\%$ .

#### IV. CONTROLE DE L'IDENTITE STATISTIQUE DE DEUX POPULATIONS.

Cette méthode est essentiellement utilisée lors des essais de corrélations stratigraphiques. En effet, on peut tout d'abord comparer directement les intervalles de variation ou les teneurs moyennes des différents éléments ou oxydes dans les deux séries à identifier. Mais cette méthode manque un peu de la rigueur souhaitable; on met alors en oeuvre le processus du contrôle de l'identité statistique des populations chimiques. On entendra par populations, celles de  $\text{SiO}_2$ , puis  $\text{Al}_2\text{O}_3$ .....etc.

Pour que deux populations soient statistiquement identiques, il faut que leurs variances vraies le soient et que les différences constatées sur les moyennes ne soient pas significatives. Dans ce but on a suivi le développement classique exposé par Murard (1960).

On détermine la variance vraie  $V_1$  et  $V_2$  de chaque population à comparer et l'on considère le rapport de Snédécour :  $F = \frac{V_1}{V_2}$  qui suit une loi de probabilité déterminée, ne dépendant que du nombre d'échantillons respectifs  $n_1$  et  $n_2$ . A l'aide des tables de Snédécour, on détermine pour la probabilité 0,05 un coefficient  $F_{0,05}$  pour  $\nu_1 = n_1 - 1$ ,  $\nu_2 = n_2 - 1$  en attribuant l'indice 1 à la population dont la variance est la plus élevée.

Si  $F > F_{0,05}$ , on rejette l'identité des variances au seuil de probabilité 0,05.

Si  $F < F_{0,05}$ , rien ne s'oppose à ce que l'on admette l'égalité des variances.

Dans ce cas, on recherche si les différences observées entre les valeurs moyennes sont significatives. Et l'on calcule :

- La variance totale : 
$$V = \frac{\sum (x_1 - \bar{x}_1)^2 + \sum (x_2 - \bar{x}_2)^2}{(n_1 - 1) + (n_2 - 1)}$$

$$\text{soit } V = \frac{S_1 + S_2}{n_1 + n_2 - 2}$$

avec  $S_1 = V_1 (n_1 - 1)$  et  $S_2 = V_2 (n_2 - 1)$ ,

- la différence entre les résultats moyens :

$$d = \bar{x}_1 - \bar{x}_2$$

- l'écart-type de la différence :

$$\sigma_d = \sqrt{\frac{V}{n_1} + \frac{V}{n_2}}$$

- la variable  $t_{\text{exp}} = \frac{d}{\sigma_d}$ . Comme elle suit la loi de Student-Fischer, on la compare au  $t$  de la table correspondante pour le nombre de degrés de liberté  $\nu = n_2 - 2$ , au seuil de probabilité 0,05. Si  $t_{\text{exp}} < t$ , la différence des deux moyennes n'est pas significative et rien ne s'oppose à ce que l'on considère les deux populations étudiées comme identiques.

Remarque. Dans tous les calculs, les teneurs ont été exprimées en %, pour les éléments majeurs-mineurs et en p.p.m., pour les éléments traces, ainsi que le suggère Ataman (1967).

---

TABLES PETROLOGIQUES DES CALCAIRES  
ET PRINCIPALES PROPRIETES GEOCHIMIQUES  
DES ELEMENTS ETUDIES



TABLEAU IV

## Principales propriétés géochimiques des éléments étudiés

Ions	c	r	z/r	I	e	EK	Caractères	Substitutions possibles	Eléments à cycles voisins
$Al^{3+}$	6	0,51	5,88	28,44	220	1280	lithophile	$Cr^{3+}$ - $Si^{4+}$ - $Be^{2+}$	Ti-V-Ga-Zr-Hf
$Al^{3+}$	4	0,48	6,25	28,44	220	1280	"		
$(AlO_4)^{5-}$	VI	3,00							
$B^{3+}$	3	0,21	13,00	37,74	290	1715	lithophile		K-Ba-Pb-Sn-Be-Li
$(BO_3)^{3-}$	VI	2,61,4					thalassophile		
$Ba^+$	VIII	2,17	0,72	5,19			lithophile	$K^+$ - $Pb^+$	K-B-Pb-Sn-Be-Li
$Ba^{2+}$	10	1,43	1,39	9,95	115	378	"		
$Ba^{2+}$	XII	1,49	1,34		115	378	"		
$C^{4+}$	VI	0,16	25,00	64,17	370		oxyphile		
$(CO_3)^{2-}$	VI	2,61,4				200	biophile		
$Ca^{2+}$	VI	0,99	2,02		137		lithophile	$Mg^{2+}$ - $Na^+$	Na-Cu-Sr-Zn-Rb-F
$Ca^{2+}$	8	1,03	1,94	11,82	137	477	"		
$Ca^{2+}$	XII	1,08	1,85				"		
$Co^{2+}$	6	0,72	12,77	17,30	200	620	sidérophile	$Sr^{3+}$	Fe-Mn-S-Mo-Se-Hg
$Co^{3+}$	VI	0,63	4,76	33,90	260				

TABLEAU IV. (suite).

Ions	c	r	z/r	I	e	EK	Caractères	Substitutions possibles	Eléments à cycles voisins
Cr <sup>3+</sup>	6	0,63	4,76	32,10	250	1140	sidérophile	Co <sup>3+</sup>	Mg-Ni-Pt
Cr <sup>6+</sup>	VI	0,52	11,54				"		
(CrO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	VI								
Cu <sup>+</sup>	VI	0,96	1,04	7,68	177*		chalcophile		Ca-Na-Sr-Rb-Se-Y
Cu <sup>2+</sup>	6	0,72	2,77	20,20	235	630	"	Fe <sup>2+</sup>	F-Zn-Cd-Ag
Fe <sup>2+</sup>	6	0,74	2,70	16,16	185	580	sidérophile	Mn <sup>2+</sup>	Mn-Co-S-Mo-Se-Hg
Fe <sup>3+</sup>	6	0,64	4,69	30,50	245	1280	"	Al <sup>3+</sup> -Cr <sup>3+</sup>	
Ga <sup>3+</sup>	6	0,62	4,83	30,60	235	1300	lithophile		
Ga <sup>3+</sup>	IV	0,59	5,08		235*		chalcophile		Al-Ti-V-Zr-Hf
H <sup>-</sup>		1,31,1,5							
H <sup>+</sup>				13,54	328*				
OH <sup>-</sup>		1,31,1,4				95*			
K <sup>+</sup>	VI	1,33	0,75				lithophile	Ba <sup>2+</sup>	B-Ba-Pb-Sn-Be-Li-Cs
K <sup>+</sup>	VIII	1,38	0,72				biophile	"	W
K <sup>+</sup>	10	1,42	0,70	4,32	100	98	"	"	
K <sup>+</sup>	12	1,45			100*		"	"	

TABLEAU IV, (suite).

Ions	c	r	z/r	I	e	EK	Caractères	Substitutions possibles	Eléments à cycles voisins
Mg <sup>2+</sup>	6	0,66	3,03	14,97	174	590	lithophile	Ca <sup>2+</sup>	Ni-Cr-Pt
Mn <sup>2+</sup>	6	0,80	2,50	15,70	170	560	chalcophile	Fe <sup>2+</sup>	Fe-Co-Mo-S-Se-Hg
Mn <sup>3+</sup>	VI	0,66	4,55	32,00	260*		"		
Mn <sup>4+</sup>	VI	0,60	6,67	52,00	310*		"		
Mn <sup>7+</sup>	VI	0,46	15,22		122		"		
Mo <sup>4+</sup>	6	0,70	5,71	70,00*	(229)*	2170	sidérophile		Fe-Mn-Co-S-Se-Hg
Mo <sup>6+</sup>	VI	0,62	9,68		275*				
Na <sup>+</sup>	VI	0,97	1,03		118*		lithophile	Ca <sup>2+</sup> dans les silicates	Ca-Cu-Sr-Rb-Se-Y
Na <sup>+</sup>	8	1,01	0,99	15,20	118	120	biophile		F-Zn-Cd-Ag
Ni <sup>2+</sup>	6	0,69	2,90	18,20	220	620	sidérophile		Mg-Cr-Pt
P <sup>3+</sup>	VI	0,44	6,82	30,04	(235)*		lithophile		Mg-Al
P <sup>5+</sup>	VI	0,35	14,29	64,70	(320)*		biophile		
(PO <sub>4</sub> ) <sup>3-</sup>	VI	2,90				384			
Pb <sup>2+</sup>	10	1,28	1,56	14,96	170	480	chalcophile		K-B-Ba-Sn-Be-Li
Pb <sup>4+</sup>	VI	0,84	4,76	42,00	245*				Ca-W

TABLEAU IV. (fin).

Ions	c	r	z/r	I	e	EK	Caractères	Substitutions possibles	Éléments à cycles voisins
Si <sup>4+</sup>	4	0,39	10,26	44,95	270	2500	lithophile	Al <sup>3+</sup>	
Si <sup>4+</sup>	VI	0,42	9,52						
(SiO <sub>4</sub> ) <sup>4-</sup>	VI	3,00							
Sn <sup>2+</sup>	VI	0,93	2,15	14,52	(168)*		sidérophile		K-B-Ba-Pb-Be-Li
Sn <sup>4+</sup>	6	0,71	5,63	40,50	235	2080	chalcophile		Cs-W
Sr <sup>2+</sup>	VI	1,12	1,79				lithophile	Ca <sup>2+</sup>	Ca-Na-Cu-Rb-Se-Y
Sr <sup>2+</sup>	8	1,16	1,72	10,98	125	426	"		F-Zn-Cd-Ag
Sr <sup>2+</sup>	XII	1,21	1,65						
Ti <sup>3+</sup>	VI	0,76	3,95	27,60	220*		lithophile		Al-Ga-V-Zr-Hf
Ti <sup>4+</sup>	6	0,68	5,88	43,06	260	2150			
V <sup>2+</sup>	VI	0,88	2,27	14,10	(203)*		lithophile	P <sup>3+</sup> -Al <sup>3+</sup>	Al-Ga-Ti-Zr-Hf
V <sup>3+</sup>	6	0,74	4,05	26,40*	235	1115	biophile		
V <sup>4+</sup>	VI	0,63	6,35	48,00	280*				
V <sup>5+</sup>	VI	0,59	8,47	64,00	315*			P <sup>5+</sup>	
(VO <sub>4</sub> ) <sup>2-</sup>	VI								

c : Coordinances en chiffres arabes d'après D.M. Shaw (1964); en chiffres romains d'après P. LAFFITTE (1957).

r : Rayons ioniques en Å d'après P. LAFFITTE (1957); a<sub>1</sub>b, pour les ions présentant un aplatissement.

z/r : Potentiel ionique (z, charge de l'ion).

I : Energie d'ionisation en eV d'après P. LAFFITTE (1957); (\*) d'après D.M. SHAW (1964).

e : Electronégativité en Kcal/atome, g. D'après D.M. SHAW (1964), (\*) d'après F. GORDON SMITH (1963).

EK: Coefficient d'énergie réticulaire de A. Fersman, d'après D.M. SHAW (1964), (\*) d'après A.I. Perel' man (1967).



TABLEAU VI

Comparaison des compositions chimiques moyennes dans les  
différents faciès des sédiments calcaires

%	: Oolitique	: Récifal	: Crinoïdique	: Coquillier	: Sappropélifère	: à Foraminifères	: Craie	: Lacustre	: Total
	: marin	:	:	:	:	: benthoniques	:	:	:
SiO <sub>2</sub>	: 1,05- 1,87	: 0,96- 1,68	: 0,62- 2,24	: 0,70- 4,94	: 1,10- 5,28	: 5 - 15	: 0,47-1,05	: 0,24-6,08	: 2,68-4,32
$\bar{m}$	: 1,46	: 1,32	: 1,43	: 2,82	: 3,19	: 10,01	: 0,76	:	: 3,50
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: 0,61- 0,99	: 0,74- 1,06	: 1,06- 1,62	: 1,00- 1,76	: 0,94- 1,56	: 0,68- 1,16	: 0,50-0,78	: 0,84-1,74	: 1,02-1,25
$\bar{m}$	: 0,80	: 0,90	: 1,34	: 1,38	: 1,25	: 0,92	: 0,64	:	: 1,13
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	: 0,60- 0,88	: 0,41- 0,57	: 0,47- 0,95	: 0,73- 1,21	: 0,71- 1,03	: 0,44- 1,02	: 0,31-0,53	: 0,66-1,06	: 0,60-0,78
$\bar{m}$	: 0,74	: 0,49	: 0,65	: 0,97	: 0,87	: 0,73	: 0,42	:	: 0,69
FeO	: 0,09- 0,17	: 0,07- 0,13	: 0,06- 0,18	: 0,04- 0,10	: 0,00- 0,04	: 0,00- 0,12	: 0,00- 0,03	: 0,00-0,02	: 0,07-0,11
$\bar{m}$	: 0,13	: 0,10	: 0,12	: 0,07	: 0,02	: 0,06	: 0,01	:	: 0,09
Fer	: 0,62	: 0,42	: 0,55	: 0,73	: 0,63	: 0,56	: 0,27	:	: 0,55
total									
CaO	: 52,5 -53,5	: 52,6 -53,6	: 51 -52,50	: 49,5 -53	: 49,5 -52	: 44,5 -51	: 53 -54	: 49-53	: 50,5 -52
$\bar{m}$	: 52,86	: 53,12	: 51,60	: 51,32	: 50,59	: 47,88	: 53,66	: 51,13	: 51,29
MgO	: 0,37- 0,49	: 0,26- 0,70	: 0,31- 1,09	: 0,32- 0,88	: 0,71- 0,95	: 0,21- 0,51	: 0,19-0,25	: 0,22-0,42	: 0,46-0,62
$\bar{m}$	: 0,43	: 0,48	: 0,70	: 0,60	: 0,78	: 0,36	: 0,22	:	: 0,54

TABLEAU VI, (suite).

%	Oolitique	Récifal	Crinoïdique	Coquillier	Sapropélicifère	à Foraminifères	Craie	Lacustre	Total
:	marin	:	:	:	benthoniques	:	:	:	:
$\text{Na}_2\text{O}$	0,05-0,07	0,04-0,06	0,06-0,10	0,06-0,08	0,05-0,07	0,07-0,09		0,06-0,22	0,06-0,08
$\bar{m}$	0,06	0,05	0,08	0,07	0,06	0,08	0,08		0,07
$\text{K}_2\text{O}$	0,07-0,09	0,07-0,13	0,06-0,14	0,08-0,26	0,07-0,21	0,07-0,23	0,04	0,02-0,52	0,12-0,20
$\bar{m}$	0,08	0,10	0,10	0,17	0,14	0,15			0,16
$\text{TiO}_2$	0,01-0,03		0,00-0,01	0,00-0,02	0,01-0,03			0,00-0,01	
$\bar{m}$	0,02	0,01		0,01	0,02	0	0		0,01
$\text{MnO}$	0,02-0,04		0,00-0,01	0,02-0,04				0,01-0,03	
$\bar{m}$	0,03	0,01		0,03	0,01	0	0,02		0,01
$\text{P}_2\text{O}_5$			0,01-0,03	0,03-0,09	0,01-0,03	0,00-0,02	0,11-0,19	0,02-0,04	0,04-0,12
$\bar{m}$	0,02	0,01	0,02	0,06	0,02	0,01	0,15		0,08
$\text{H}_2\text{O}^-$	0,38-0,48	0,31-0,45	0,39-0,47	0,33-0,43	0,38-0,52	0,36-0,48	0,26-0,40	0,44-0,84	0,41-0,47
$\bar{m}$	0,43	0,38	0,33	0,38	0,45	0,42	0,33		0,44
$\text{CO}_2$	41 - 42	41 - 42	40,5 - 42	37,5 - 41	38 - 40	35 - 39,5	41-42	37,5-49,5	39,50-40,5
$\bar{m}$	41,53	41,54	41,21	39,31	39,00	37,24	41,44	39,15	39,95

TABLEAU VI, (fin).

p.p.m. :	Oolitique :	Récifal :	Crinoïdique :	Coquillier :	Sapropélicifère :	à Foraminifères :	Craie :	Lacustre :	total :	
:	marin :	:	:	:	benthoniques :	:	:	:	:	
B	: 7 - 9	: 6 - 11	: 8 - 11	: 11 - 21	: 11 - 20	: 7 - 20	: 6 - 8	: 7 - 17	: 11 - 15	
m	: 8	: 9	: 9	: 16	: 15	: 14	: 7	:	: 13	
Pb	: 4 - 5	: 2 - 8	: 3 - 4	: 3 - 4	: 3	: 2,50-4,00	: 3,5 - 4,5	: 3 - 5	: 3,5- 5	
Sn	: 3,5 - 4,5	: 3 - 4	: 3 - 4	: 2,5- 3,5	: 2 - 3	: 2	: 1,5 - 2,5	: 2 - 3	: 3	
Ga	: 3 - 4	: 3 - 4	: 4 - 5	: 3 - 4	: 3 - 4	: 3 - 4	: 5	: 3 - 4	: 4	
Cu	: 3 - 4	: 3 - 5	: 4	: 4 - 5	: 4	: 3 - 4	: 4	: 3,5- 4,5	: 4	
Ni	: 4 - 5	: 4 - 7	: 5 - 7	: 4,5- 6	: 3 - 4	: 4 - 5	: 5,5 - 6,5	: 3 - 8	: 5	
Sr	: 276	- 317	: 182 - 257	: 146 - 300	: 252 - 464	: 413 - 512	: 352 - 541	: 364 - 430	: 520 - 797	: 310 - 365
m	: 296	: 220	: 223	: 358	: 463	: 446	: 397	:	: 388	:

m : Valeur moyenne (par rapport à l'intervalle de variation à 95 % de probabilité).



## TABLEAU VII

Ordre de dispersion des éléments "majeurs-mineurs" dans les sédiments calcaires

Faciès	
Oolitique	: CaO, CO <sub>2</sub> < H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> < K <sub>2</sub> O < MgO < P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> < Na <sub>2</sub> O < FeO < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < FeO < MnO < SiO <sub>2</sub> < TiO <sub>2</sub>
Récifal et Périrécifal	: CaO, CO <sub>2</sub> < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> < Na <sub>2</sub> O < SiO <sub>2</sub> < FeO < K <sub>2</sub> O < MgO < P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> < MnO < TiO <sub>2</sub>
Crinoïdique	: CaO, CO <sub>2</sub> < H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < Na <sub>2</sub> O < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < K <sub>2</sub> O < P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> < FeO < MgO < SiO <sub>2</sub> < MnO < TiO <sub>2</sub>
Coquillier	: CaO < CO <sub>2</sub> < H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> < Na <sub>2</sub> O < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < MnO < FeO < MgO < P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> < K <sub>2</sub> O < SiO <sub>2</sub> < TiO <sub>2</sub>
Sapropélifère	: CaO < CO <sub>2</sub> < Na <sub>2</sub> O < H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < MgO < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> < TiO <sub>2</sub> < K <sub>2</sub> O < MnO < SiO <sub>2</sub> < FeO
à Foraminifères benthoniques **	: CaO, CO <sub>2</sub> < Na <sub>2</sub> O < H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < MgO < SiO <sub>2</sub> < K <sub>2</sub> O < FeO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
à Foraminifères planctoniques * (craie)	: CaO, CO <sub>2</sub> < Na <sub>2</sub> O < K <sub>2</sub> O < MgO < MnO < H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> < SiO <sub>2</sub> < FeO
Lacustre	: CO <sub>2</sub> < CaO < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < MnO < MgO < H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> < P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < Na <sub>2</sub> O < SiO <sub>2</sub> < K <sub>2</sub> O < FeO, TiO <sub>2</sub>
Total	: CaO, CO <sub>2</sub> < H <sub>2</sub> O <sup>-</sup> < Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> < Na <sub>2</sub> O < MgO < MnO < FeO < SiO <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> < K <sub>2</sub> O < TiO <sub>2</sub>

\* et \*\*: Dans les faciès correspondants, TiO<sub>2</sub> et MnO ne sont pas suffisamment représentés pour intervenir rationnellement dans le calcul des dispersions.

< = moins dispersé que...

TABLEAU VIII

Ordre de Dispersion des éléments en traces dans les sédiments calcaires

Faciès

Oolitique	: Pb, Sr < Ga, Cu < Sn < Ni < B	:
Récifal	: Ga < Sn < Sr < Ni < B < Cu < Pb	:
Crinoïdique	: Ga < Cu < Sn < B, Ni < Sr < Pb	:
Coquillier	: Pb < Cu < Ga < Sn, Ni < B < Sr	:
Sapropélifère	: Ga < Pb, Cu < Sr < Ni < Sn < B	:
à Foraminifères benthoniques	: Cu < Sn, Ni < Ga < Sr < Pb < B	:
à Foraminifères planctoniques	: Cu < Ga, Sr < Ni < B < Pb < Sn	:
Lacustre	: Ga, Cu < Pb < Sn < Sr < Ni < B	:
total	: Ga < Sn < Cu < Ni, Sr < B < Pb	:

&lt; = moins dispersé que....



TABLEAU IX

Rapports caractéristiques entre les éléments dans les sédiments calcaires

Faciès	SiO <sub>2</sub> /Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Na <sub>2</sub> O/K <sub>2</sub> O	MgO/CaO	Sr/1000 Ca	10 <sup>3</sup> B/K <sub>2</sub> O	Ga/Pb	Pb/Sn	Cu/Pb	Ni/Cu
Oolitique	0,63* 1,82	0,91* 0,75	0,008	0,36* 0,36	11	<< 1	1	<< 1	>> 1
Récifal	1,68* 1,47	1,33* 0,50	0,009	0,27* 0,26	9	< 1	> 1	< 1	> 1
Crinoïdique	0,96* 1,07	1,69* 0,80	0,014	0,24* 0,28	9	> 1	> 1	< 1	>> 1
Coquillier	1,57* 2,04	0,73* 0,41	0,012	0,40* 0,45	9	1	> 1	< 1	> 1
Sapropélifère	1,52* 2,55	0,43	0,015	0,58* 0,58	11	>> 1	> 1	>> 1	> 1
à Foraminifères benthoniques	10,79* 10,93	0,54	0,008	0,57* 0,60	9	> 1	>> 1	> 1	> 1
à Foraminifères planctoniques	1,25* 1,20	1,48* 1,25	0,004	0,47* 0,47	18	>> 1	>> 1	> 1	> 1
Lacustre					6	de 0,08 à	>> 1	> 1	> 1
Total	3,10	0,44	0,011	0,42	8		1	>> 1	>> 1

\* : Le nombre affecté d'un astérisque correspond à la valeur moyenne des rapports, l'autre au rapport des valeurs moyennes.  
 << : Quelque soit le sens de l'écart moyen sur les deux termes du rapport (strictement inférieur à .....).  
 < : Le rapport peut s'inverser si les écarts moyens sur ses deux termes agissent en sens inverses.

TABLEAU X

Les corrélations\* dans les sédiments calcaires

avec SiO <sub>2</sub>	Ool.	Réc.	Crin.	Coq.	Sap.	Bent.	Planct.	Lac.	Total
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	+ t	+ t	+ t	+ t	+ t	+ t		+	+ t
	- p	- p		- p		- p	- p		- p
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>			+				+		
CaO	-	-	-	-	-	-		- t	-
								+ p	
K <sub>2</sub> O	+		+					+	
TiO <sub>2</sub>	+		+	+					
MnO			+						
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		+							
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>			+						
CO <sub>2</sub>	-	-		-	-	-		-	-
B	+ t			+	+			+ t	+
	- p							- p	
Pb								+	
Sn								+	
Sr		+	+						
=====									
avec Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>									
FeO								-	+
CaO	-							-	-
MgO								-	
Na <sub>2</sub> O								+	+
K <sub>2</sub> O		+			+	+			+
TiO <sub>2</sub>	+			+					+



TABLEAU X, (suite).

avec FeO	Ool.	Réc.	Crin.	Coq.	Sap.	Bent.	Planct.	Lac.	Total
MnO	:	:	+	+	:	:	:	-	:
CO <sub>2</sub>	:	:	:	:	-	:	:	:	-
Sn	:	:	+	+	:	:	:	:	+
Ni	:	-	:	:	:	:	:	:	:
Sr	:	:	+ t	+	:	:	:	:	:
=====									
avec CaO	:								
=====									
MgO	:	:	:	:	:	:	:	-	-
K <sub>2</sub> O	:	:	:	:	-	:	:	:	-
MnO	:	:	:	:	+	:	:	:	:
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	:	-	:	:	:	:	:	:	:
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	:	:	:	:	:	:	:	:	-
CO <sub>2</sub>	:	+ t	+ t	+ t	+ t	+	+ t	:	+
	:	:	:	:	:	:	- p	:	:
B	:	-	- t	- t	:	:	:	- t	:
	:	:	+ p	+ p	:	:	:	+ p	:
Pb	:	:	:	:	:	:	:	-	:
V	:	:	:	:	:	+	:	:	:
Cu	:	+	:	:	:	:	:	:	+
=====									
avec MgO	:								
=====									
Na <sub>2</sub> O	:	:	:	:	:	:	:	:	+
K <sub>2</sub> O	:	:	+	:	:	:	:	:	:
TiO <sub>2</sub>	:	:	:	+	:	:	:	:	:
MnO	:	:	+	+	:	:	:	:	:



TABLEAU X, (suite).

avec K <sub>2</sub> O	Ool.	Réc.	Crin.	Coq.	Sap.	Bent.	Planet.	Lac.	Total
Ba	:	:	:	:	:	:	:	+	:
=====									
avec TiO <sub>2</sub>	:								:
=====									
MnO	:	:	+	:	+	:	:	:	+
-----									
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	:	:	:	:	:	:	+	:	+
-----									
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	:	:	:	-	:	:	:	:	:
-----									
CO <sub>2</sub>	:	:	:	:	-	:	:	:	:
-----									
B	:	:	:	:	:	:	:	:	+
-----									
Pb	:	:	:	:	:	:	:	:	+
-----									
Ga	:	:	:	:	:	:	:	:	+
-----									
Ni	:	:	:	:	:	-	:	:	:
=====									
avec MnO	:								:
=====									
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	:	:	+	:	+	:	:	+	:
-----									
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	:	:	:	:	-	:	:	+	:
-----									
B	:	:	+	:	:	:	:	:	:
-----									
Pb	:	:	:	:	-	:	:	:	:
-----									
V	:	-	:	:	:	:	:	:	:
-----									
Cu	:	:	:	:	-	:	:	:	-
-----									
Sr	:	:	:	:	:	:	:	:	+
=====									
avec P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	:								:
=====									
H <sub>2</sub> O <sup>-</sup>	:	:	:	:	:	:	:	:	+
-----									
CO <sub>2</sub>	:	:	:	:	-	:	:	:	-
-----									
B	:	:	:	:	:	:	:	:	+
-----									

TABLEAU X, (suite).

avec $P_2O_5$	Ool.	Réc.	Crin.	Coq.	Sap.	Bent.	Planct.:	Lac.	Total
Sn	:	:	+	:	:	:	:	:	+
Ga	:	+	:	-	-	:	:	:	:
V	:	:	-	:	-	:	:	:	:
Ni	:	-	:	:	:	:	:	:	-
avec $H_2O^-$									
B	:	+	:	:	:	:	:	:	+
Pb	:	:	:	-	:	:	:	:	:
V	:	-	:	:	:	:	:	:	:
avec $CO_2$									
B	:	:	:	-	:	:	:	:	-
Sn	:	:	-	:	:	:	:	:	:
Ga	:	:	:	:	:	+	:	:	:
V	:	:	+	:	:	:	:	:	:
Ni	:	:	:	:	:	+	:	:	:
Sr	:	:	:	-	:	:	:	:	-
Ba	:	:	:	:	:	:	:	:	-
avec B									
Sn	:	:	:	:	:	:	:	:	+
Sr	:	+	:	:	:	:	:	:	:
avec Pb									
Ga	:	:	:	:	+	+	:	:	:
V	:	-	:	:	+	:	:	:	:

TABLEAU X, (fin).

avec Pb	Ool.	Réc.	Crin.	Coq.	Sap.	Bent.	Planct.	Lac.	Total
Sr	:	:	:	:	:	:	:	+	:
Ba	:	:	:	:	:	:	:	+	:
avec Sn	:								:
Cu	:	:	:	:	:	:	:	:	:
Sr	:	:	+	:	:	:	:	:	:
avec Ga	:								:
V	:	:	:	+	:	:	:	:	+
Ni	:	+	:	+	:	:	:	:	+
Sr	:	:	:	+	:	+	:	:	:
avec V	:								:
Cu	:	:	:	:	+	:	:	:	+
Ni	:	:	+	:	:	+	:	:	:
Sr	:	:	:	:	:	:	:	:	+
avec Cu	:								:
Ni	:	:	:	:	+	:	+	:	+
avec Ni	:								:
Sr	:	:	:	:	:	:	:	:	-

\* : Il s'agit de Corrélations totales confirmées par les corrélations partielles.

t : Corrélation totale; p : partielle.

TABLEAU XI

Distributions des éléments-traces, entre les phases  
carbonatées et silicatées, des sédiments calcaires.

	Ool.	Réc.	Crin.	Coq.	Sap.	Bent.	Lac.	Total
avec SiO <sub>2</sub>	B	B	B	B	B	B	B	B
	Pb						Pb	
	Ga						Ga	
	Sr	Sr	Sr				Sr	Sr
							Ba	
avec CaO			Sn					
		Ga			Ga			
	V	V	V		V		V	V
	Cu		Cu		Cu		Cu	Cu
	Ni	Ni	Ni	Ni	Ni		Ni	Ni
		;			Sr	Sr		

TABLEAU XII

Tendances des distributions des traces dans les sédiments calcaires

Distributions :	Ool.	Réc.	Crin.	Coq.	Sap.	Bent.	Lac.	Total :
	: B	:	: B	: B	:	:	: B	: B :
	: Pb	:	:	:	:	: Pb	: Pb	: :
	:	: Ga	:	: Ga	:	: Ga	: Ga	: Ga :
Tendance normale	:	: V	:	: V	:	: V	:	: :
	:	:	:	:	:	: Cu	:	: :
	:	:	:	:	:	: Ni	:	: :
	: Sr	:	: Sr	:	:	:	:	: Sr :
	:	:	:	:	:	:	: Ba	: :
-----								
	:	: B	:	:	: B	: B	:	: :
	:	: Pb	:	: Pb	:	:	:	: Pb :
	: Sn	: Sn	: Sn	:	:	:	:	: Sn :
Tendance Lognormale	:	:	:	:	: Ga	:	:	: :
	: V	:	: V	:	: V	:	: V	: V :
	: Cu	: Cu	: Cu	: Cu	: Cu	:	: Cu	: Cu :
	: Ni	: Ni	: Ni	: Ni	: Ni	:	: Ni	: Ni :
	:	: Sr	:	: Sr	: Sr	: Sr	: Sr	: :



TABLEAU XIII

Fréquence d'Intervention des "majeurs-minieurs" dans la

covariance géochimique au sein des différents faciès sédimentaires calcaires.

Ool.	: CaO > K <sub>2</sub> O, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O > SiO <sub>2</sub> > P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > CO <sub>2</sub> > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > TiO <sub>2</sub> , MnO > FeO, MgO, H <sub>2</sub> O
Réc.	: K <sub>2</sub> O > CaO > MnO > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO > CO <sub>2</sub> > P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > SiO <sub>2</sub> > MgO > Na <sub>2</sub> O > TiO <sub>2</sub> > H <sub>2</sub> O
Crin.*	: K <sub>2</sub> O > CaO, CO <sub>2</sub> > SiO <sub>2</sub> , FeO, MnO > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > Na <sub>2</sub> O > MgO > H <sub>2</sub> O > P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>
Coq.	: CaO, CO <sub>2</sub> > FeO > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> > SiO <sub>2</sub> > P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > H <sub>2</sub> O > MnO
Sap.	: Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> O, H <sub>2</sub> O > SiO <sub>2</sub> , Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO, TiO <sub>2</sub> , MnO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > CaO, CO <sub>2</sub> , Na <sub>2</sub> O > FeO
F. B.	: CaO, CO <sub>2</sub> > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> > Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , SiO <sub>2</sub> > FeO, MgO, TiO <sub>2</sub> , P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, MnO, H <sub>2</sub> O
F.P.	: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MnO > CaO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > SiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , FeO, MgO > H <sub>2</sub> O > Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, TiO <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub>
Lac.	: Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> O, K <sub>2</sub> O, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > SiO <sub>2</sub> > CaO, CO <sub>2</sub> > Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , MgO > TiO <sub>2</sub> , MnO, H <sub>2</sub> O > FeO
Total	: K <sub>2</sub> O, CO <sub>2</sub> > Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , TiO <sub>2</sub> , MnO > CaO, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> > FeO, H <sub>2</sub> O > Na <sub>2</sub> O > SiO <sub>2</sub> , MgO

\* : Vu sa faible participation chimique, TiO<sub>2</sub> est exclu.

## LISTE DES FIGURES DANS LE TEXTE

V O L U M E I

Figures	pages
1 - $Al_2O_3 = f(SiO_2)$ dans les calcaires oolitiques	32
2 - $Na_2O = f(K_2O)$ dans les calcaires oolitiques	36
3 - Fréquence des valeurs du rapport Sr/1 000 Ca dans les calcaires oolitiques	48
4 - Covariance (V - Ga - Ni) dans le faciès récifal	84
5 - Fréquence des valeurs du rapport $SiO_2/Al_2O_3$ dans le faciès récifal	85
6 - Fréquence des valeurs du rapport Sr/1 000 Ca dans le faciès récifal	87
7 - Interdépendance (B - Sr) induite par la trilogie ( $SiO_2 - Na_2O - K_2O$ ) dans le faciès crinoïdique.	100
8 - Fréquence des valeurs du rapport Sr/1 000 Ca dans le faciès crinoïdique	115
9 - Fréquence des valeurs du rapport Sr/1 000 Ca dans le faciès coquillier	141
10 - Diagramme $SiO_2, Al_2O_3$ et $Fe_2O_3$ dans le faciès sapropélifère	166
11 - Fréquence des valeurs du rapport Sr/1 000 Ca dans le faciès sapropélifère	168
12 - $B = f(K_2O)$ dans le faciès à Foraminifères benthoniques	181
13 - $\ln SiO_2 = f(\ln Ga)$ et $f(\ln Pb)$ dans le faciès à Foraminifères benthoniques	"
14 - Fréquence des valeurs du rapport Sr/1 000 Ca dans le faciès à Foraminifères benthoniques	188
15 - Diagramme $SiO_2 - Al_2O_3 - Fe_2O_3$ dans les faciès à Foraminifères	196
16 - Dispersion des concentrations moyennes en $CaO, CO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3$ et $Na_2O$ dans les différents faciès sédimentaires calcaires	258
17 - Dispersion des concentrations moyennes en $SiO_2, K_2O, H_2O^-, B$ et Sr dans les différents faciès sédimentaires calcaires	260
18 - Les gisements de calcaires métamorphiques de la Sioule	283
19 - Calcaire métamorphique de Savennes, gisement de la Barricade	308
20 - Représentation des gisements de calcaires métamorphiques du Massif-Central, dans le diagramme $SiO_2 - CaO - MgO$	324
21 - $CaO = f(SiO_2)$ dans le Briovérien carbonaté d'Ille-et-Vilaine	331
22 - Groupement covariant dans le calcaire métamorphique de St-Léon	345
23 - Principale trilogie covariante dans les calcaires de Diou-Gilly	349

Figures	pages
24 - Les enclaves carbonatées de St-Léon et de Diou-Gilly	352
25 - Fréquence des valeurs du rapport Sr/1 000 Ca dans le calcaire métamorphique de Ferrières	360
26 - Groupement covariant dans les calcarénites de Lardoisière	364
27 - $\text{SiO}_2 = f(\text{CaO})$ dans les calcarénites de Lardoisière	365
28 - $\text{TiO}_2 = f(\text{K}_2\text{O})$ dans les calcarénites de Lardoisière	368
29 - $\text{Al}_2\text{O}_3 = f(\text{CaO})$ dans la cornéenne carbonatée du Dauphant	372
30 - $\ln\text{SiO}_2 = f(\text{CO}_2)$ dans la cornéenne carbonatée du Dauphant	"
31 - Calcarénites sédimentaires et métamorphiques, représentées dans le diagramme $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{MgO}$	378
32 - Les gisements de roches carbonatées métamorphiques des Vosges	387
33 - Interdépendances (B - Pb - $\text{TiO}_2$ ) dans le calcaire métamorphique du Noirceux	392
34 - Echantillonnage du cipolin de St-Philippe : front est de la carrière	393
35 - Interdépendances ( $\text{K}_2\text{O} - \text{TiO}_2 - \text{MgO}$ ) dans le calcaire métamorphique de Ban-de-Laveline	405
36 - Représentation des calcaires métamorphiques des Vosges dans le diagramme $\text{SiO}_2 - \text{CaO} - \text{MgO}$	416
37 - $\text{MgO} = f(\text{CaO})$ dans les calcaires métamorphiques des Vosges	417
38 - $\text{K}_2\text{O} = f(\text{TiO}_2)$ dans les calcaires métamorphiques des Vosges	433
39 - Echantillonnage des dolomies géorgiennes de la Montagne Noire	474

V O L U M E II

40 - Echantillonnage du Barrémien dans la carrière d'Orgon	27
41 - Echantillonnage du Bajocien dans la région de Pouilly-en-Auxois	30
42 - Echantillonnage du Sénonien dans la carrière d'Haubourdin	37
43 - Echantillonnage du calcaire de St-Ouen	42
44 - Calcaires métamorphiques de la Sioule : Gisement de Malmouche	51
45 - Calcaires métamorphiques de la Sioule : Gisement de Moureuille	52
46 - Calcaires métamorphiques de la Sioule : Gisement de la Chaume-des-Veaux	54
47 - Calcaires métamorphiques des Vosges : Gisement du Noirceux	61
48 - Echantillonnage du calcaire métamorphique de Ferrières	70
49 - Le Bathonien du Boulonnais : carrière d'Haubourdin	71
50 - Le Bathonien du Boulonnais : carrière de Réty	"
51 - Courbe normale de dispersion	112



- BLONDEAU A. et al. (1967).— Notice de la Carte géologique de Senlis au 1/50 000 N° XXIV-12. Paris.
- BONTE A. (1941).— Contribution à l'étude du Jurassique de la bordure septentrionale du bassin de Paris. Thèse. *Bull. Serv. Carte géol. France*. N° 205, T. XLII, p. 268-272. Paris.
- (1969).— Le Boulonnais. *Ann. Soc. géol. du Nord*. T. LXXXIX, p. 23-46. Lille.
- CAROZZI A. (1953).— Pétrographie des roches sédimentaires. Neuchatel, Griffon Edit.
- CAYEUX L. (1935).— Roches carbonatées. Paris, Masson et Cie. Edit.
- CHABROL A. et al. (1954).— Notice de la Carte géologique de Castres au 1/80 000. N° 231, 2ème Ed. Paris.
- CHENEVOY M. (1958).— Contribution à l'étude des schistes cristallins de la partie nord-ouest du Massif Central français. *Mém. L'Exp. Carte géol. dét. France*. Paris, Imp. nationale. Edit.
- CHILINGAR G.V. (1956).— Relationship between Ca,Mg ratios and geologic ages. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.* T. 40, p. 2256-2266. Tulsa.
- CIRY R. et al. (1942).— Notice de la Carte géologique de Beaune au 1/80 000, N° 125. 3ème Ed. Paris.
- CLAVELIER Cl. et al. (1967).— Notice de la Carte géologique de Versailles au 1/50 000. N° XXII-14. Paris.
- DEBRABANT P. (1967).— Contribution à l'étude géochimique des calcaires métamorphiques du Massif Central français. *Chemical Geology*. Vol. 2, p. 331-360. Amsterdam.
- DEBYSER J. (1959).— Contribution à l'étude géochimique des vases marines. Thèse. 249 p. ronéot. Paris, Institut français du Pétrole Edit.
- DEER W.A., HOWIE R.A. et ZUSSMAN J. (1963 a).— Sheet Silicates. *In Rock Forming Minerals*. Vol. 3. Londres, Longmans Edit.
- (1963 b).— Framework Silicates. *In Rock Forming Minerals*. Vol.4. Londres, Longmans Edit.
- (1963c).— Non-Silicates. *In Rock Forming Minerals*. Vol. 5. Londres, Longmans Edit.
- DEGENS E.T., KEITH M.L. et WILLIAMS E.G. (1957).— Environmental studies of carboniferous sediments. Part II- Application of geochemical criteria. *Bull. Amer. Ass. Petrol. Geol.* T. 42, p. 981-997. Tulsa.
- DEGENS E.T. (1965).— Geochemistry of sediments, a brief survey. New Jersey, Prenticehall, Inc. Edit.
- DELORME J. et EMBERGER A. (1949).— La série cristallophylienne renversée du plateau d'Aigurande. *Rev. Sc. nat. d'Auvergne*. T. 15, Fasc.1-2, p. 56-73. Clermont-Ferrand.

- DEMAY A. et al. (1948).— Notice de la Carte géologique de Valence au 1/80 000, N° 187. 2ème Ed. Paris.
- DENIZOT M.G. et al. (1940).— Notice de la Carte géologique de Blois au 1/80 000, N° 108, 2ème Ed. Paris.
- DENIZOT G. et al. (1963).— Notice de la Carte géologique de Fontainebleau au 1/80 000, N° 80, 3ème Ed. Paris.
- DESSAU G. (1962).— Stronzio ed altri elementi minore in rocce della serie marmifera Apuana ed in altre triassiche dell'Italia Centrale. *Boll. Soc. Geol. Italia*. T. 81, N° 2, p. 365-384. Rome.
- DREYFUS M. et al. (1965).— Notice de la Carte géologique de Vercel au 1/50 000, N° XXXIV-23. Paris.
- EMILIANI C. (1955).— Mineralogical and chemical composition of the tests of certain pelagic Foraminifera. *Micropaleontology*. Vol. 1, p. 377-380. New York.
- FAIRBRIDGE R.W., CHILINGAR G.V. et BISSELL H.L. (1967).— Introduction. *In Carbonate Rocks. Part B*, p. 1-21. Amsterdam, Chilingar G.V., Bissel and Fairbridge R. W. Edit. (Elsevier Publishing Co).
- FENET B. (1965).— Le Dôme du Mélantois dans les environs de Lille. D.E.S. 27 p. ronéot. Fac. Sci. Lille.
- FEUGUEUR L. (1967).— Notice de la Carte géologique de Pontoise au 1/50 000, N° XXII-13. Paris.
- FLUGEL H. W. et WEDEPOHL K.H. (1967).— Die Verteilung des Strontiums in oberjurassischem Karbonatgesteinen des Nördlichen Kalkapen. *Contr. Mineral. Petrol.* Vol. 14, p. 229-249. Berlin.
- FOLK R.L. (1962).— Spectral subdivision of limestones types. *In Classification of Carbonate Rocks, a Symposium. Mém. 1*, p. 61-84. Tulsa, Ham W.E. Edit.
- FRIEDMAN G.M. et SANDERS J.E. (1967).— Origin and occurrence of dolostones. *In Carbonate Rocks. Part A*. Amsterdam, Chilingar G.V., Bissell H. J. and Fairbridge R.W. Edit. (Elsevier Publishing Co).
- GABIS V. (1963).— Etude minéralogique et géochimique de la série oligocène du Velay. *Bull. Soc. Fr. Minér. Crist.* T. LXXXVI, p. 315-354. Paris.
- GARDE G. (1920).— Nouveaux gisements de cipolin dans le nord du département du Puy-de-Dôme. *Bull. Soc. Géol. France*. T. XX, p. 243-245. Paris.
- GENDLER S.L. (1963).— O Raspredielnii khimitcheskikh elementov v porodakh vernevo mela tsentralnoi tchasti Kara - Koumov. *Izvest. Akad. Nauk. Turk. S.S.R. Ser. Fiz. Tekn. Khim. Geol. Nauk.* N° 4, p. 103-107, Moscou.
- GILLULY J. (1932).— Geology and ore deposits of the Stockton and Fairfield Quadrangles. *Utah U.S. Geol. Survey, Profess. Paper* 173.

- GINZBURG A.I. (1967).— Features of the concentration and dispersion of rare elements during endogene process. *In Chemistry of Earth's Crust.* Vol. 2, p. 202-210. Moscou, Vinogradov A.P. Edit.
- GOLDSMITH V.M. (1934). — Drei Vorträge über Geochemie. *Geol. Fören. Förhandl.* T. 56, p. 335-427. Berlin.
- GONI J. (1966).— Contribution à l'étude de la localisation et de la distribution des éléments en traces dans les minéraux et les roches granitiques. *Mém. Bureau Rech. géol. min.* N° 45. Paris.
- GORDON SMITH F. (1963).— Physical Geochemistry. Toronto, Addison-Wesley Publishing Co. Inc. Edit.
- GRAF D.L. (1960).— Geochemistry of Carbonate Sediments and sedimentary Rocks. I-IV *Illinois State Geol. Survey Circ.* Chicago.
- GRANDJEAN F. et al. (1940).— Notice de la Carte géologique de Charolles au 1/80 000, N° 147. 2ème Ed. Paris.
- GRIM R.E. (1968).— Clay Mineralogy. 2ème Ed. London, Mc Graw-Hill Book Co. Edit.
- GROLIER J. (1965).— Contribution à l'étude géologique des séries cristallophylliennes inverses du Massif Central français : la série de la Sioule (Puy-de-Dôme, Allier). Thèse. 267 p. ronéot. Fac. Sci. Clermont-Ferrand.
- GROLIER J. et LETOURNEUR J. (1968).— L'évolution tectonique du Grand Sillon houiller du Massif Central français. *In XXIIIème International Geological Congress.* Vol. 1 p. 107-116. Pragues.
- GULIEVA L.A. (1942).— Boron distribution in recent organogenic deposits. *C. R. (Doklady) Acad. Sci. U.R.S.S.* Vol. 37, p. 28. Moscou.
- JAMOND C. (1959).— Recherches spectrographiques de quelques oligoéléments métalliques dans la série du Lias du Mont d'Or Lyonnais. D.E.S. 36 p. ronéot. Fac. Sc. Clermont-Ferrand.
- (1961).— Méthodes de dosage spectrographiques des oligoéléments dans les roches. *Trav. Lab. Géol. et Minér. série Doc. Fac. Sci. Clermont.* N° 9, 16 p. ronéot. Clermont-Ferrand.
- JUNG J. (1928).— Contribution à la géologie des Vosges hercyniennes d'Alsace. *Mém. Serv. Carte géol. d'Alsace et de Lorraine.* N° 2. Strasbourg.
- (1946).— Géologie de l'Auvergne et ses confins bourbonnais et limousins. *Mém. L'Expl. Carte géol. dét. France.* Paris, Imp. nationale Edit.
- (1963).— Précis de Pétrographie. Paris, Masson et Cie. Edit.
- KATCHENKOV S.M. (1959).— Minor elements in sedimentary rocks and oils. *Trudy Vses. Nauch. Issledov. Geol. Razv. Inst.* N° 143, p. 1-271. Moscou.
- (1967).— Average contents of certain minor chemical element in the principal types of sedimentary rocks. *In Chemistry of Earth's Crust.* Vol. 2, p. 416-423, Moscou, Vinogradov A.P. Edit.

- KOSTYUK E.A. et SOBOLEV V.S. (1969).— Paragenetic types of calciferous amphiboles of metamorphic rocks. *Lithos*. Vol. 2, n° 1, p. 67-81. Oslo.
- KULP J.L., TUREKIAN K.K. et BOYD D.W. (1952).— Strontium content of limestones and fossils. *Géol. Soc. Amer. Bull.* T. 63, p. 701-716. Boulder.
- LACROIX A. (1895).— Minéralogie de la France. T.I. Paris, Librairie polytechnique, Baudry et Cie. Edit.
- LACROIX Y. (1962).— Analyse chimique. Interprétation des résultats par le calcul statistique. Paris. Masson et Cie. Edit.
- LAFFITTE P. (1957).— Introduction à l'étude des roches métamorphiques et des gites métallifères. Paris, Masson et Cie. Edit.
- LAPADU-HARGUES P. (1945).— Sur l'existence et la nature de l'apport chimique dans certaines séries cristallophilliennes. *Bull. Soc. géol. France*. T. 15, p. 255. Paris.
- (1968).— Conférences de Géochimie. 179 p. ronéot. Clermont-Ferrand. Plein Air Service Edit.
- LAPADU-HARGUES P. et al. (1966).— Notice de la Carte géologique de Gannat au 1/80 000, N° 157. 3ème Edit. Paris.
- LAUGIER R. et al. (1966).— Notice de la Carte géologique de Lunéville au 1/50 000. N° XXXV-16. Paris.
- LAUNAY L. de (1894).— Feuille de Gannat. *Bull. Serv. Carte géol. France*. T. VI, n° 38, p. 42-46. Paris.
- LECOMTE M. (1936).— Contribution à la connaissance des récifs du Frasnien de l'Ardenne. *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*. T. X. Louvain.
- LE MAITRE D. (1934).— Etudes sur la faune des calcaires dévoniens du bassin d'Ancenis. *Mém. Soc. géol. Nord*. T. XII. Lille.
- LEMOINE M. et al. (1960a)— Notice de la Carte géologique des Alpilles au 1/50 000. Paris.
- (1960b).— Notice de la Carte géologique de Pontarlier au 1/50 000, N° XXXIV-25. Paris.
- (1960c). — Notice de la Carte géologique de Roanne au 1/80 000, N° 158. 2ème Ed. Paris
- (196I).— Notice de la Carte géologique de Saint-Gaudens au 1/80 000, N°24I. 2ème Ed. Paris.
- LE RICHE H.H. (1959).— The distribution of certain trace elements in the lower Lias of Southern England. *Geochim. et Cosmoch. Acta*. Vol. 16, p. 101-122. Londres.

- LEROUX E. et PRUVOST P. (1935).— Résultats géologiques d'un sondage profond à Amiens. *Ann. Soc. géol. Nord.* T. LX, p. 70-99. Lille.
- MIGDISOV A.A. (1960).— On the Titanium/Aluminium ratio in sedimentary rocks. *Geochemistry (U.S.S.R.)*. Vol. 2, p. 178-194. Moscou.
- MILLOT G. (1949).— Relations entre la constitution et la genèse des roches sédimentaires argileuses. Thèse. Fac. Sci. Nancy.
- (1964).— Géologie des Argiles. Paris, Masson et Cie. Edit.
- MOORE D.M. et HENDERSON D.M. (1964).— Selected trace elements of white Pine Group Eastern Nevada. *Geol. Soc. Amer. Spect. papers*. N° 76; p. 117. New York.
- MULLER G. (1968).— Exceptionally high strontium concentration in fresh water onkolites and mollusk shells of lake Constance. *In Carbonate Sedimentology in Central Europe*, p. 116-127. Berlin. G. Müller and G.M. Friedman Edit. (Springer-Verlag).
- MURARD R. (1960).— Probabilités et statistiques. *Rev. Indust. minér., Doc. S.I.M. (a), N° Spéc.* Saint-Etienne.
- ODUM H.T. (1957a).— Biochemical deposition of strontium. *Texas Univ. Inst. marine, Sci.* Vol. V, p. 39-114, Houston.
- (1957b).— Strontium in natural water. *Texas Univ. Inst. marine, Sci.* Vol. V. p. 22-37. Houston.
- OSTROM M.E. (1957).— Trace elements in Illinois Pennsylvanian Limestones. *Illinois State Geol. Surv. Circ.* Vol. 243, p. 1-34. Chicago.
- PETERLONGO J.M. (1960).— Les terrains des monts du Lyonnais (Massif-Central français). *Ann. Fac. Sci. Univ. Clermont*. N° 4, p. 85. Clermont-Ferrand.
- PEREL'MAN A.I. (1967).— Geochemistry of Epigenesis. New York, Plenum Press Edit.
- PINTA M. (1962).— Recherche et dosage des éléments traces. Paris, Dunod Edit.
- POMEROL Ch. et al. (1964).— Notice de la carte géologique de Laon au 1/80 000, n° 22. 4ème Edit. Paris.
- PRIBILE S. (1959).— Le Massif de la Moyenne Dordogne. D.E.S. 50 p. ronéot. Fac. Sci. Clermont-Ferrand.
- RAGUIN E. (1957).— Géologie du Granite. Paris, Masson et Cie. Edit.
- RANKAMA K. et SAHAMA T.G. (1950).— Geochemistry. Chicago, Univ. Chicago Press Edit.
- RAYNAL P. (1953).— Etude pétrographique des calcaires concrétionnés de la Limagne. *Extrait Rev. Sci. nat. d'Auvergne, Trav. Lab. géol. Univ. Clermont*. Fasc. 1-2. Clermont-Ferrand.

- RONOV A.B. et ERMISHKINA A.I. (1959).- Distribution of manganese in sedimentary rocks. *Geochemistry (U.S.S.R.)*. N° 3, p. 254-278. Moscou.
- ROQUES M. (1941).- Les schistes cristallins de la partie sud-ouest du Massif Central Français. *Mém. L'Expl. Carte géol. dét. France*. Paris, Imp. nationale Edit.
- (1958).- Analyse spectrographique d'émission. *Trav. Lab. Géol. Minér. Série Doc. Fac. Sci. Clermont*. N° 19, 110 p. ronéot. Clermont-Ferrand.
- ROQUES M. et al. (1965).- Notice de la Carte géologique d'Ussel, au 1/80 000, N° 165. 2ème Ed. Paris.
- ROUBAULT M., FABRIES J., TOURET J. et WEISBROD A. (1963).- Détermination des minéraux des roches au microscope polarisant. Paris, Lamarre-Poinat Edit.
- RUNNELS R.T. et SCHLEICHER J.A. (1965).- Chemical composition of Eastern Kansas limestones. *Géol. Surv. Kansas Bull.* Vol. 119, p. 83-103. Kansas-City.
- SHAW D.M. (1964).- Interprétation géochimique des éléments en traces dans les roches cristallines. Paris, Masson et Cie. Edit.
- STRAKHOV N.M. (1957).- Méthode d'étude des roches sédimentaires. *Ann. Serv. Inf. Bur. Recher. Géol. géoph. et min.* T. 1. Paris.
- TEMPIER P. (1966).- Sur le métamorphisme de cipolins et de niveaux marneux dans la Moyenne-Dordogne (Massif Central). *C. R. som. Soc. géol. France. Fasc. 31*, p. 118-119. Paris.
- TERMIER H. et G. (1960).- Paléontologie stratigraphique. Paris, Masson et Cie. Edit.
- TERS M. et al. (1965).- Notice de la Carte géologique des Sables d'Olonne, au 1/80 000, N° 140. 2ème Ed. Paris.
- THORAL M. et al. (1938).- Notice de la Carte géologique de Bédarieux, au 1/80 000, N° 232. 2ème Ed. Paris.
- TUREKIAN K.K. (1956).- Significance of trace elements in carbonate sediments. *Geol. Soc. Amer. Bull. (Abs.)*. Vol. 67, N° 12, p. 1827. Boulder.
- (1963a).- The use of trace element geochemistry in solving geologic problems. *Rev. Soc. Canada, Spect. Publ.* N° 6, p. 3-24. Toronto.
- (1963b).- Trace element geochemistry. *Trans. Amer. Geoph. Un.* T. 44, p. 526-532. New-York.
- TUREKIAN K.K. et KULP J.L. (1956).- The geochemistry of strontium. *Geochim. et Cosmoch. acta*. T. 10, p. 245-296. Londres.
- USDOWSKI H.E. (1962).- Die Entstehung der Kalkoölitischen Fazies des nordeutschen Unteren Buntsandsteins. *Beitr. Mineral. Petrol.* Vol. 8, p. 141-179. Berlin.

- VIALETTE Y. (1965).- Les échelles des temps géologiques. *Trav. Dép. Géol. et Minéral. Fac. Sci. Clermont, Série Doc. N° 28, 9, p. Ronéot. Clermont-Ferrand.*
- VINOGRADOV A.P. et RONOVA A.B. (1956).- Composition of the sedimentary rocks of the Russian Platform in relation to the history of its tectonic movements. *Geochemistry (U.S.S.R.)*, N° 6, p. 533-559. Moscou.
- VLASOV K.A. (1966).- Geochemistry of rare elements. *In Geochemistry and mineralogy of rare elements and genetic types, Vol. 1, Moscou, K.A. Vlasov Edit.*
- VON ELLER J.P. (1961).- Notice de la Carte géologique et pétrographique des Vosges Moyennes. Partie centrale et partie orientale, au 1/50 000. *Bull. Serv. Carte, géol. d'Alsace et de Lorraine*. T. 14, Fasc. 1. Strasbourg.
- WALKER C.T. (1963).- Size fractionation applied to geochemical studies of boron in sedimentary rocks. *J. Sed. Petrol. U.S.A.* T. 33, N° 3, p. 694-702. New-York.
- WATERLOT G. (1969).- Le paléozoïque en Ardenne française. *Ann. Soc. géol. Nord*. T. p. 5-22. Lille.
- WATERLOT M. (1966).- Sur quelques caractères du Dévonien de la région de Bénasque (Province de Huesca), Espagne. *Ann. Soc. géol. Nord*. T. p. 247-250. Lille.
- WEBER J.N. (1964).- Trace elements composition of dolostones and its bearing on the dolomite problem. *Geochim. et Cosmoch. Acta*. V. 28, N° 11, p. 1817-1835. Londres.
- WEDEPOHL K.H. (1969).- Composition and Abundance of Common Sedimentary Rocks. *In Handbook of Geochemistry*, p. 227-271. Berlin, Wedepohl K. H. and al. Edit. (Springer-Verlag).
- WINKLER H.G.F. (1965).- Petrogenesis of Metamorphic Rocks. Berlin, Springer-Verlag Edit.
- WOLF K.H., Chilingar G.V. et BEALES F.W. (1967).- Elemental composition of carbonate skeletons, minerals and sediments. *In Carbonate Rocks, part B, Amsterdam, Chilingar G.V., Bissel H.J. et Fairbridge R.W. Edit. (Elsevier Publishing Co.)*.
-

P L A N C H E S  
=::=:==:==:==:==:==:==:==:==

P L A N C H E 1

=====

1. 0175 - Oomicrite (L. N. x 35)  
Valanginien du Lac de St-Point (Doubs).
  
2. 1297 - Calcaire oolitique (L. N. x 35)  
Viséen de la région de St-Hilaire-sur-Helpe.  
Carrière des Ardennes (Nord).  
Les Oolites dont la structure tend à s'effacer sont noyées dans  
un ciment grumeleux quelquefois spathique.
  
3. 0895 - Oomicrite (L. N. x 35)  
Bathonien moyen du Boulonnais.  
Carrière d'Hardenthum (Pas-de-Calais).
  
4. 1295 - Oosparite (L. N. x 35)  
Bathonien moyen du Boulonnais.  
Carrière à l'Est de Réty (Pas-de-Calais).

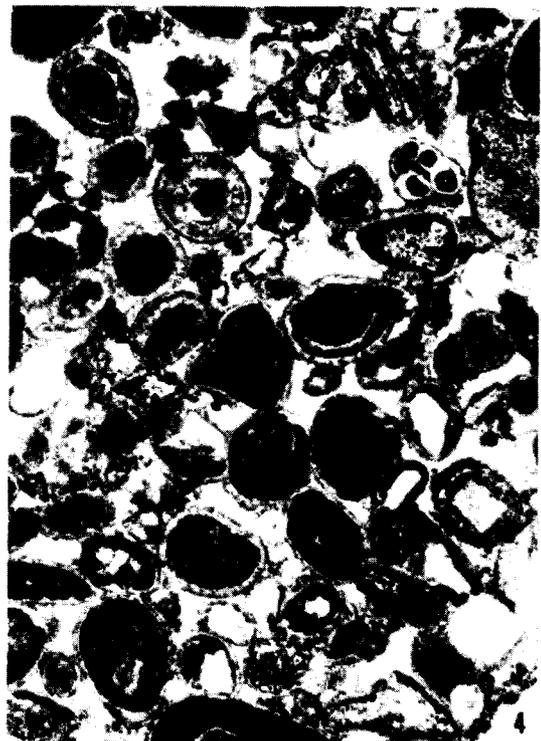
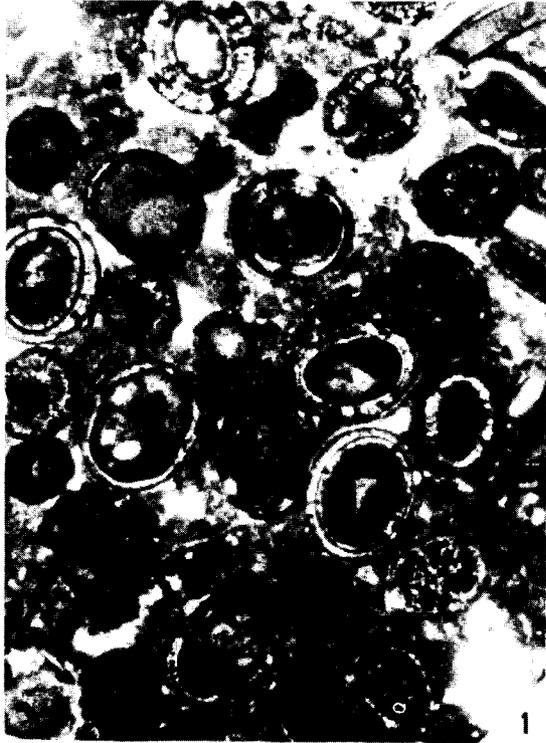
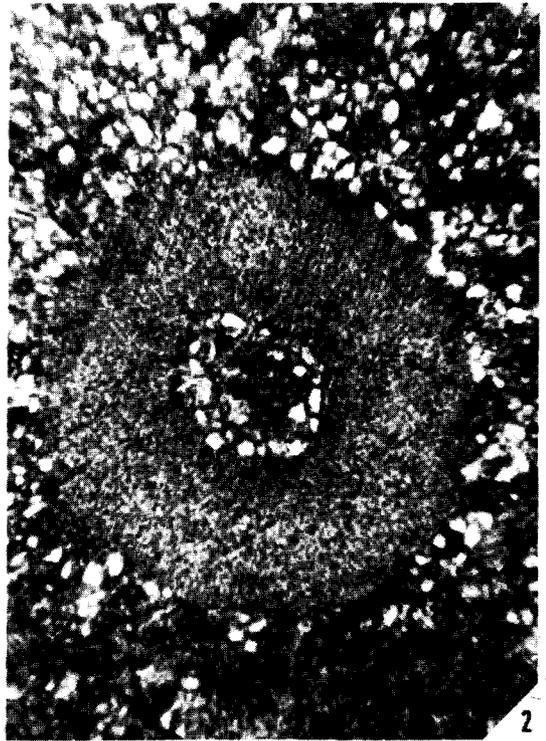
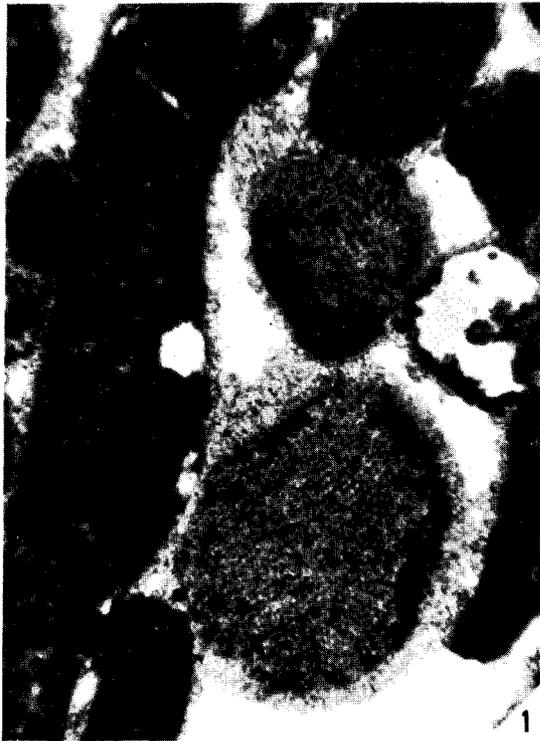


PLANCHE 2

=====

1. 0404 - Calcaire à Entroques et Lithothamniées à ciment microgranulaire  
(L. N. x 35)  
Montien "pisolitique" de Montainville (Seine-et-Oise).  
Rive gauche de la Mauldre.
  
2. 0117 - Calcarénite à Entroques (L. N. x 50)  
Couvinien de la région sud de Givet (Ardennes).
  
3. 0618 - Calcaire crinoïdique (L. N. x 35)  
Frasnien de la région de Givet (Ardennes).  
Association avec les récifs de marbre rouge (Fort-Condé).  
Le ciment micritique recristallise et devient microgranulaire.
  
4. 0523 - Calcaire crinoïdique à ciment calcaréo-carboné (L. N. x 35)  
Tournaisien supérieur de Soignies (BELGIQUE).  
"Petit Granite" de la carrière Gauthier.



P L A N C H E 3

=====

1. 0346 - Calcaire magnésien à Polypiers (L. N. x 50).  
Givétien de l'Avesnois, carrière Gauthier, Hon-Hergies (Nord).  
Le Polypier spathique subit une épigénie par la dolomite. On  
remarque à droite la gangue micritique carbonée.
  
2. 0170 - Biomicrite à Polypiers calcitisés (L. N. x 50).  
Argovien récifal de Sombacour (Doubs).
  
3. 0521 - Calcaire à Stromatopores (L. N. x 15).  
Givétien supérieur de la carrière de Couvin (BELGIQUE).  
Le réseau du Stromatoporidé est finement conservé.
  
4. 0591 - Calcaire microgranulaire à Stromatopores (L. N. x 50).  
Givétien supérieur de Glageon (Nord).  
La trame spongieuse fantomatique du Stromatoporidé apparaît à  
travers le fond microgranulaire de la roche.

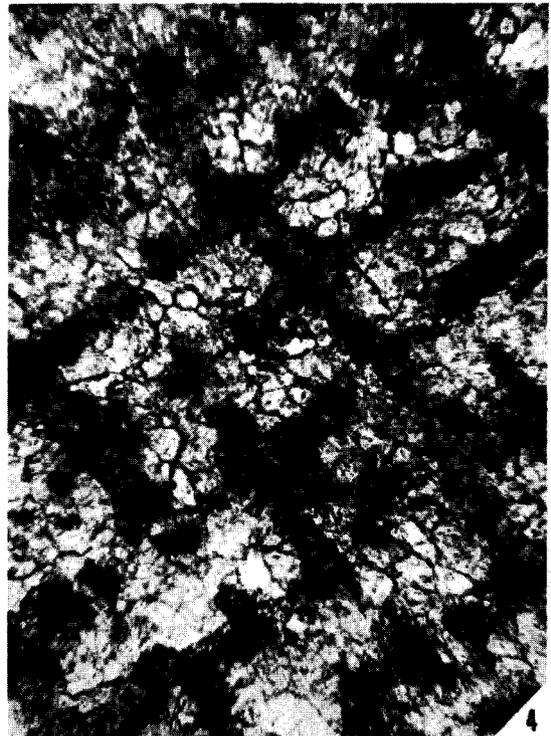
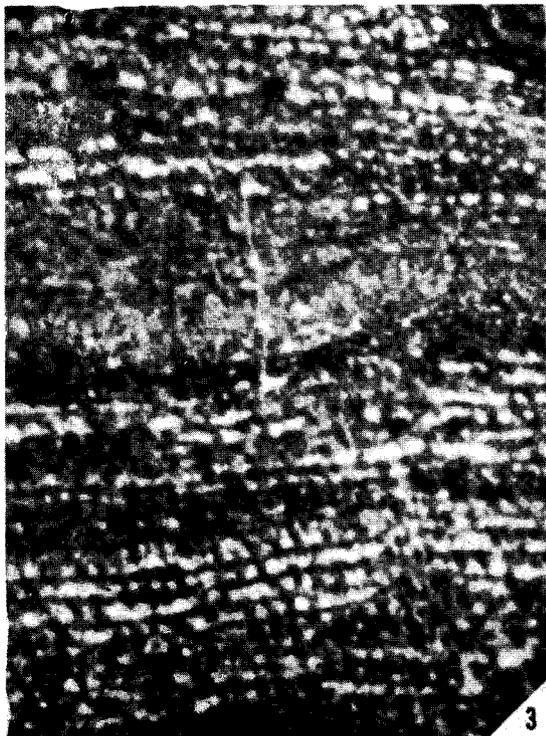
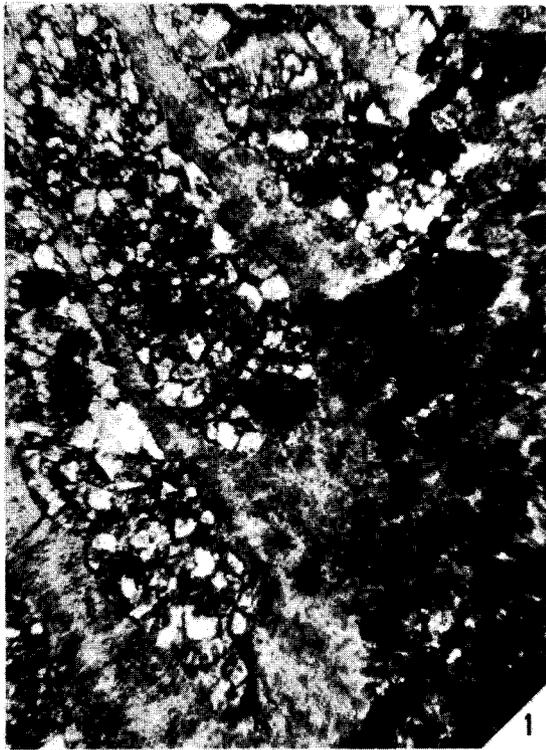
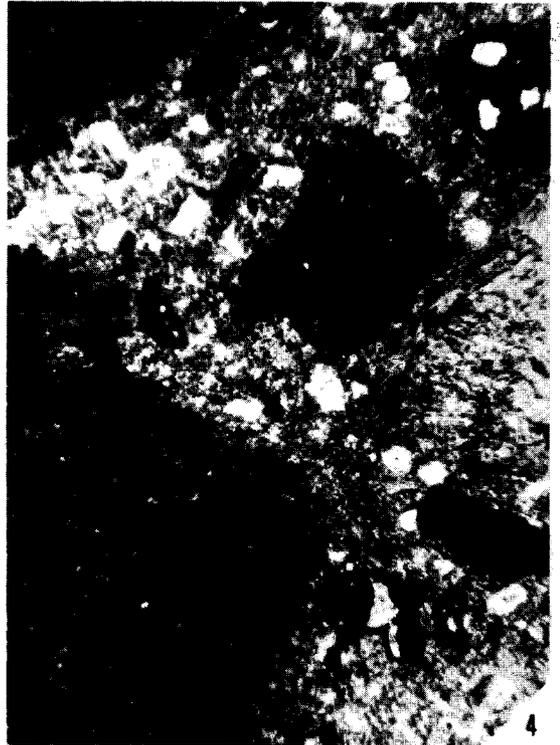
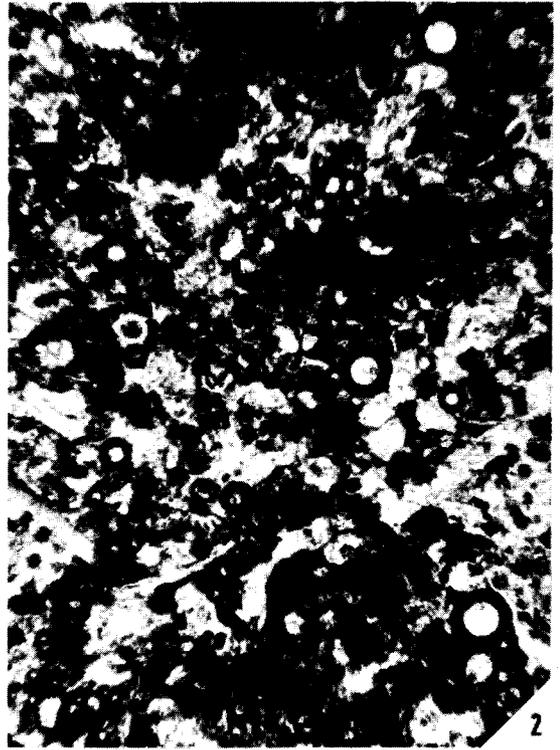
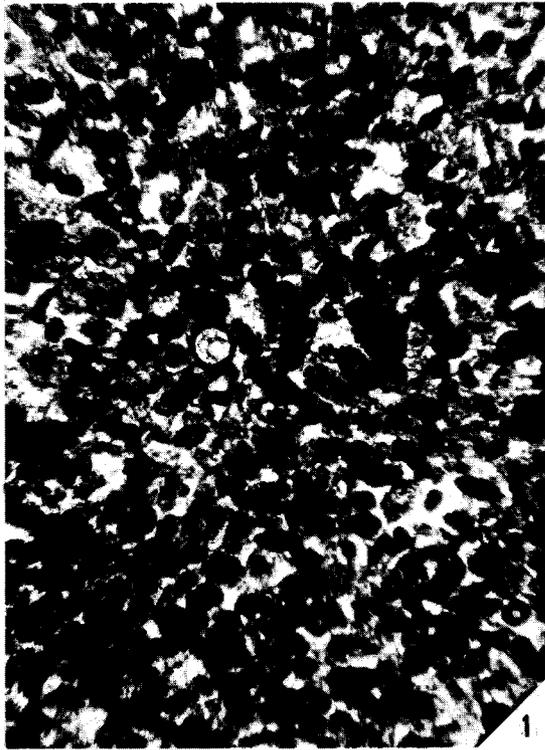


PLANCHE 4

=====

1. 0302 - Micrite à "calcisphères" (L. N. x 50).  
Viséen de la région d'Andenne - carrière Goyet (BELGIQUE).
  
2. 0346 - Calcaire à "Calcisphères" et ciment grumeleux (L. N. x 50).  
Viséen périrécifal du Boulonnais - carrière des Marbres du  
Boulonnais (Pas-de-Calais).
  
3. 0191 - Calcaire totalement recristallisé à structure microgranulaire  
et quartz automorphes (L. N. x 140).  
Givétien récifal à Stromatopores - carrière de Glageon (Nord).
  
4. 0196 - Calcaire de Brucquedale (L. N. x 50).  
Argovien récifal du Boulonnais (Pas-de-Calais).  
Zones calcaréniques noyées dans un calcaire compact micritique.



P L A N C H E 5

=====

1. 0136 - Biosparite lumachellique à *Coenothyris vulgaris* (L. N. x 50).  
Muschelkalk supérieur de la région de Gerbeviller - carrière  
du "Moulin du Minet" (Meurthe-et-Moselle).
  
2. 0136 - (L. N. x 140).  
Epigénie de débris organiques par de la collophanite recristal-  
lisant elle-même en apatite. (La cristallisation de l'apatite  
s'effectue perpendiculairement aux fibres de l'organisme en  
collophanite).
  
3. 0548 - *Clypéina jurassica* (L. N. x 50).  
Faciès tithonique de la région de Chambéry; col de l'Epine  
(Savoie).
  
4. 0171 - Biomicrite à Dasycladacées (L. N. x 50).  
Barrémien récifal du Lac de St-Point (Doubs).

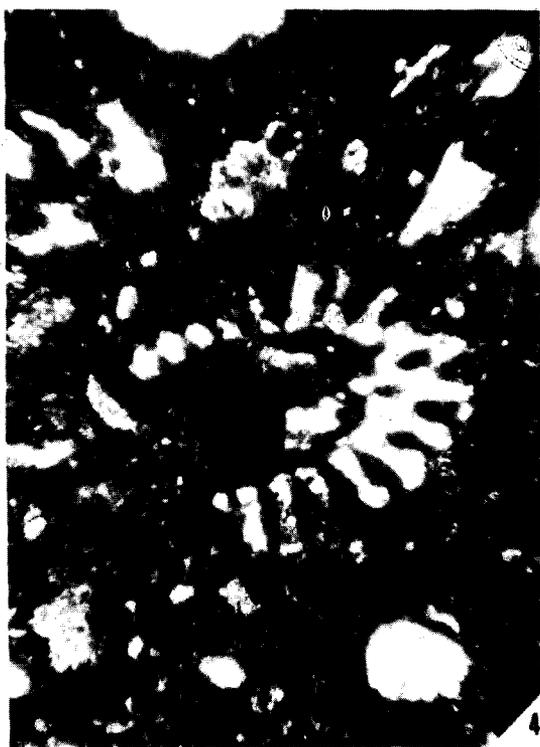
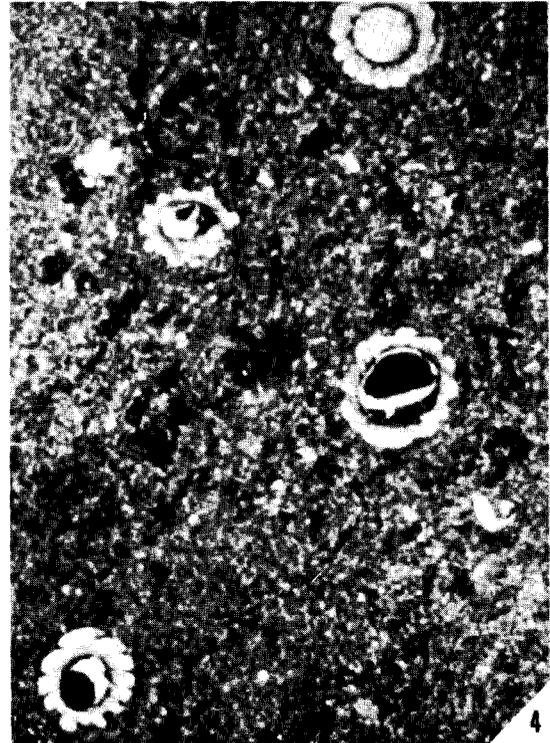
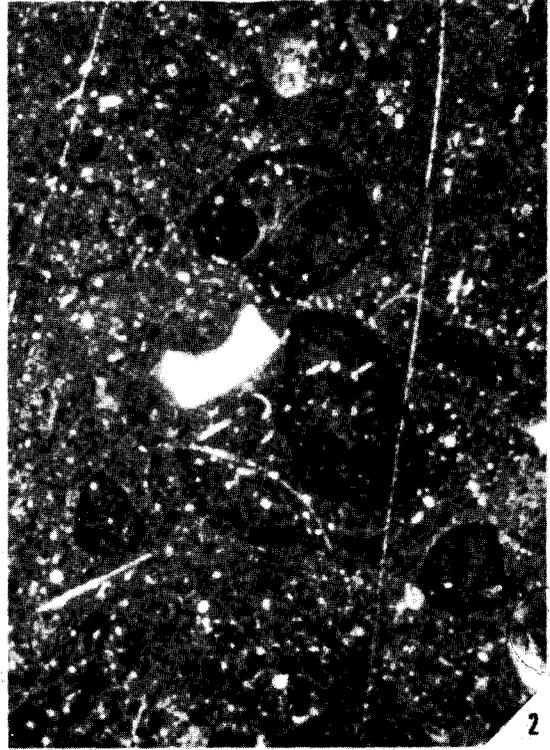
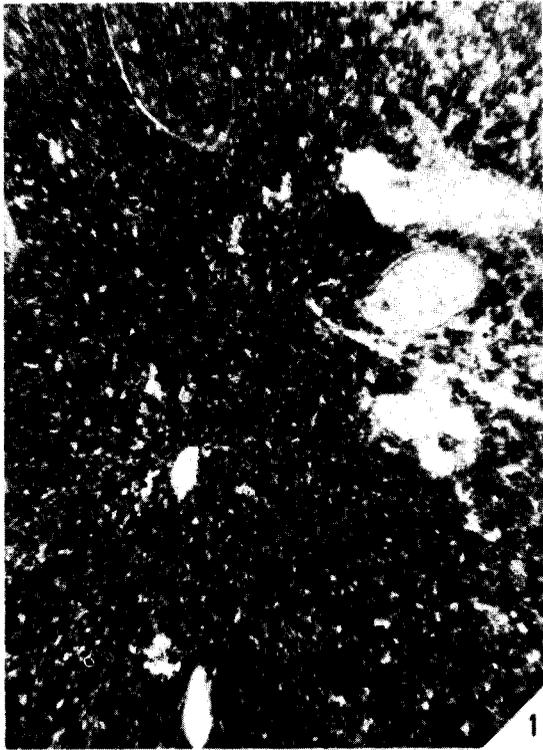


PLANCHE 6

=====

1. 0149 - Biomicrite sapropélifère à Ostracodes (L. N. x 50).  
Frasnien moyen de la région de Namur - carrière de Golzennes  
(Belgique).
  
2. 0250 - "Sparse Biomicrite" noduleuse (L. N. x 50).  
Viséen de la région de Dinant (BELGIQUE).
  
3. 0252 - Calcaire bitumineux (L. N. x 15).  
Faciès virgulien de Belley; Lac d'Armaille (Ain).  
On remarque la substance bitumineuse en lits et en sphérolites  
dans les zones micritiques plus compactes,
  
4. 0553 - Biomicrite asphaltique lacustre à Characées (L. N. x 15).  
Lutétien supérieur de la région d'Agel (Hérault).  
La substance asphaltique diffuse au sein de la roche peut se  
rassembler dans les oogones de Characées.



P L A N C H E 7

=====

1. 0504 - Biomicrite à Foraminifères à test épais (L. N. x 50).  
Montien de la région de Montainville (Seine-et-Oise).  
"Calcaire pisolitique" à ciment micritique à microgranulaire.
2. 0111 - Calcarénite à Miliolites (L. N. x 50).  
Lutétien supérieur de Vigny (Seine-et-Oise).
3. 0112 - Miliolites et Operculines (L. N. x 50).  
Thanétien de l'anticlinal de Plagne (Haute-Garonne).
4. 0212 - Biosparite à Foraminifères benthiques (L. N. x 15).  
Thanétien de l'anticlinal de Plagne (Haute-Garonne).



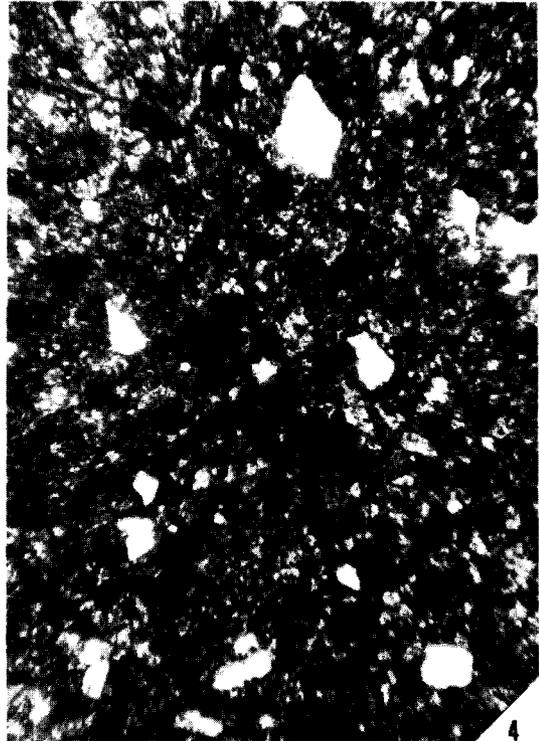
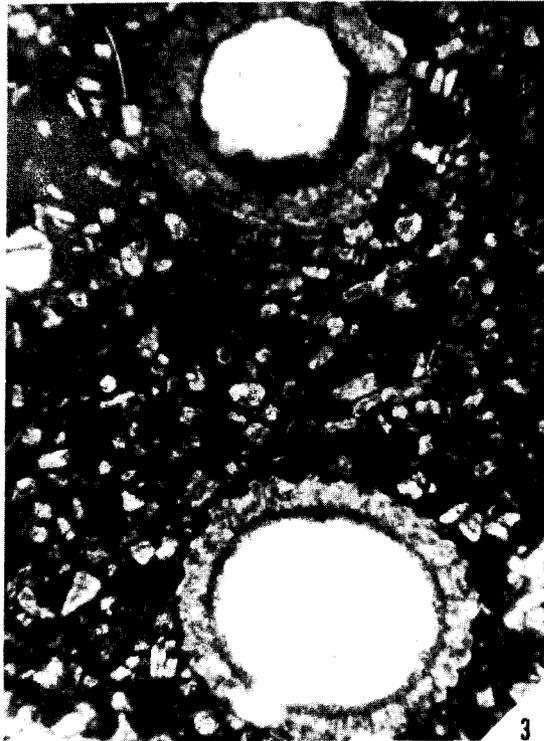
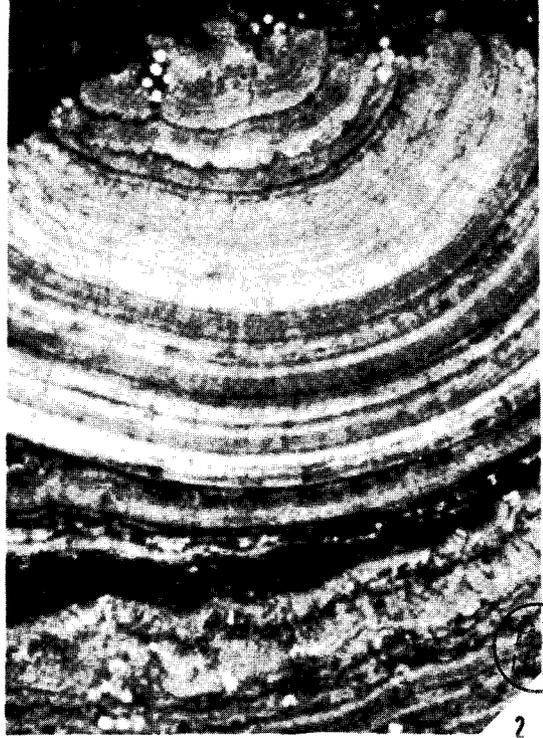
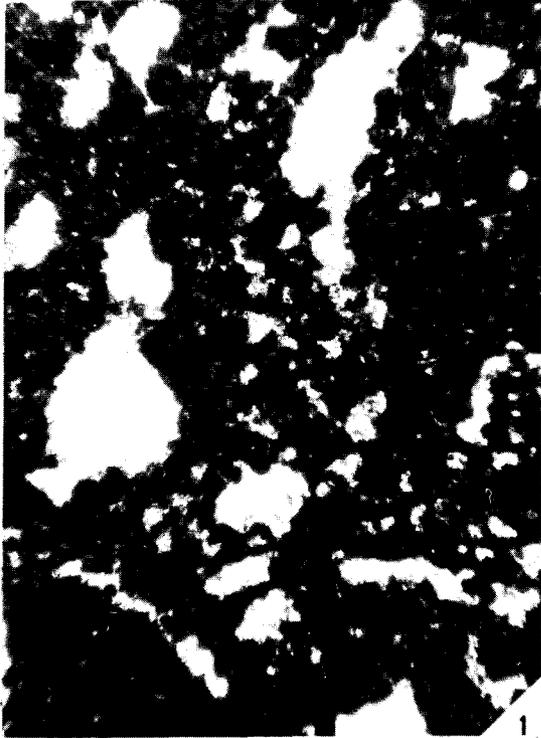
U  
ME



P L A N C H E 8

=====

1. 0207 - Dismicrite lacustre (L. N. x 50).  
Aquitaniens (calcaire de Beauce) de la région de Milly-la-Forêt (Seine-et-Oise). La roche était probablement à l'origine une micrite caverneuse.
  
2. 0154 - "Tube de Phrygane" (L. N. x 15).  
Stampien supérieur (calcaire concrétionné) de la Limagne (Puy-de-Dôme). On peut observer dans le haut l'association avec les Chlorellopsis (petits disques).
  
3. 0155 - Biomicrite à Characées (L. N. x 50).  
Bathonien moyen (calcaire de St-Ouen) de la région de Fleurine (Oise).
  
4. 0276 - Calcarénite lacustre (L. N. x 50).  
Stampien supérieur (calcaire lacustre du Bassin d'Ebreuil) de la région de Gannat (Puy-de-Dôme).

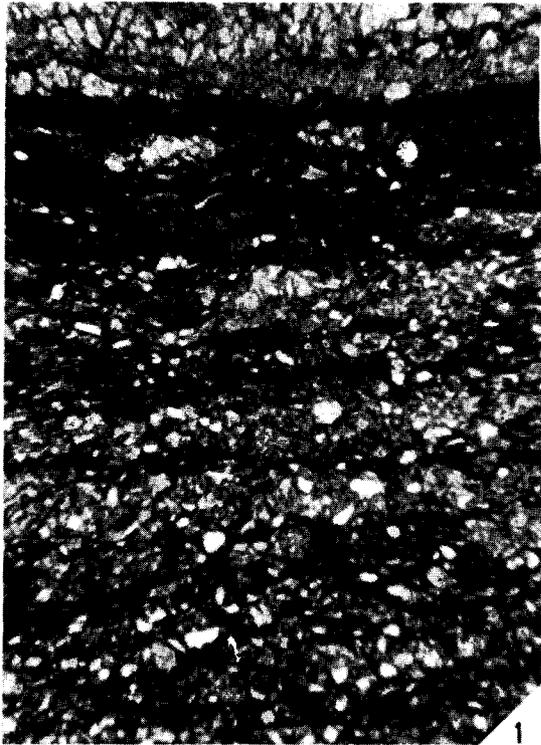


P L A N C H E 9

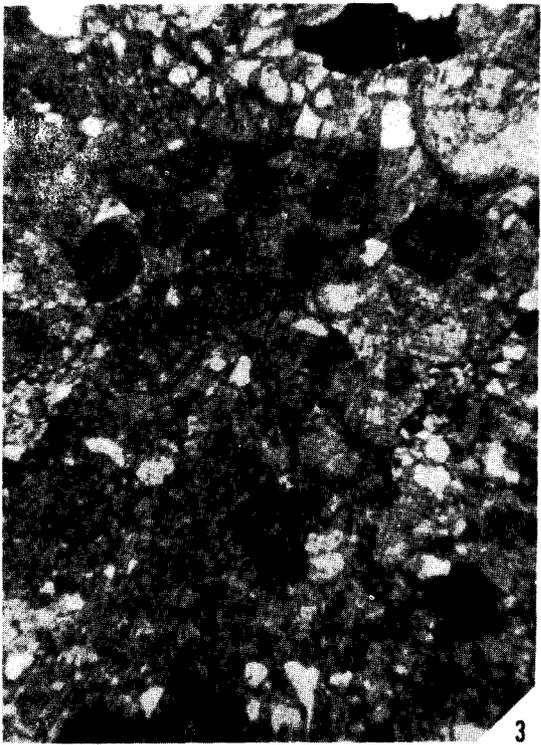
=====

1. 0261 - Calcarénite finement rubanée par la pyrite (L. N. x 50).  
Briovérien de Corps-Nuds (Ille-et-Vilaine).
  
2. 0761 - Calcarénite feldspathique et micacée (L. P.\* x 140).  
Briovérien de Corps-Nuds - Lieu-dit "Launay-Garnier" (Ille-et-Vilaine).
  
3. 1161 - Calcarénite oolitique (L. N. x 50).  
Briovérien de St-Thurial (Ille-et-Vilaine).
  
4. 1161 - Oolites en cours de recristallisation (L. N. x 140).  
Briovérien de St-Thurial (Ille et Vilaine).  
Dans certains individus, on peut encore observer une structure concentrique; ailleurs l'effacement est total.

\* : Lumière polarisée.



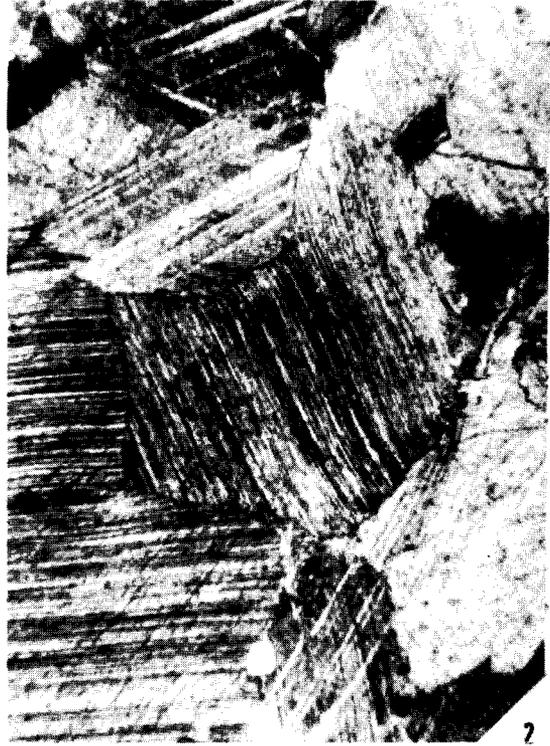
BU  
VILLE



P L A N C H E 10

=====

1. 0566 - Calcaire métamorphique de Peyralbe (L. N. x 50).  
Région de Mauriac (Cantal).  
Le ferrohyperstène, très altéré, se trouve concentré dans les zones sombres.
  
2. 0666 - Calcaire métamorphique de Peyralbe (L. P. x 50).  
Calcaire "pur", largement granoblastique, anciennement exploité.
  
3. 0264 - Calcaire métamorphique à biotite et structure hétérogranulaire.  
(L. N. x 50).  
"Cipolin de Sussac" - Le Moulin de Beauvais (Haute-Vienne).
  
4. 0167 - Calcaire métamorphique à trémolite et phlogopite (L. P. x 50).  
Structure granoblastique.  
"Cipolin" de Savennes; lieu-dit "Crémon" (Corrèze).  
Les micas sont orientés dans le sens selon lequel la roche se trouve rubanée.



P L A N C H E 11

=====

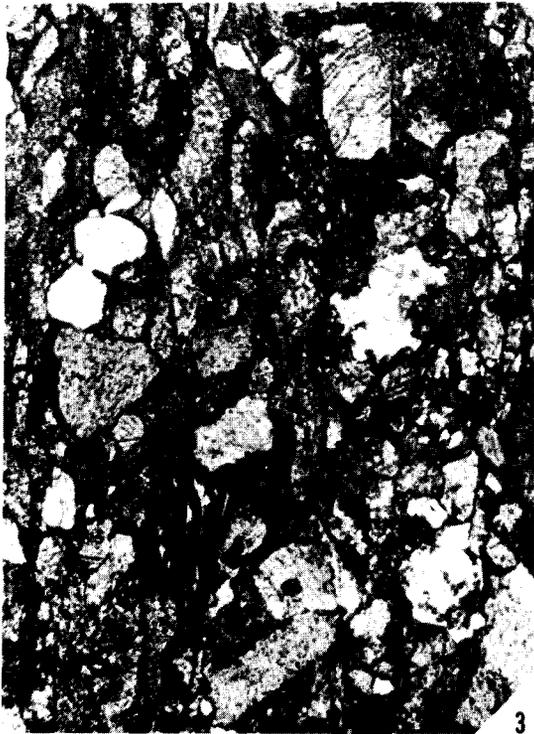
1. 0568 - Calcaire métamorphique "pur" largement granoblastique (L. P. x 50).  
"Cipolin de Malmouche" - région de Menat (Allier).
2. 1568 - Calcaire métamorphique à diopside (L. P. x 50).  
"Cipolin" de Moureuille - (Allier).
3. 1068 - Trémolite bien développée dans le "Cipolin" de Moureuille  
(L. P. x 140).
4. 1668 - Calcaire métamorphique à phlogopite (L. P. x 50).  
"Cipolin" de Moureuille - (Allier).



P L A N C H E 12

=====

1. 0260 - Calcaire métamorphique de St-Léon (L. N. x 35).  
Frasnien métamorphisé au contact des granites du Charollais.  
Carrière des "Gouttes-Pommiers" (Allier).
  
2. 0394 - Calcaire métamorphique à structure granoblastique (L. N. x 50).  
Viséen supérieur métamorphisé au contact du granite du Mayet-  
de-Montagne.  
Région de Ferrières-sur-Sichon (Allier).
  
3. 0493 - Calcarénite à structure hétérogranulaire métasomatique (L. N.  
x 35).  
Viséen moyen de la région de Lardoisière (Allier).
  
4. 0498 - Cornéenne calcomagnésienne (L. N. x 50).  
Région de Châteldon, lieu-dit "Chez Dauphant" (Puy-de-Dôme).



PU

PLANCHE 13

=====

83 - Gisement de calcaire métamorphique du Noircieux (Bas-Rhin).

1. 0183 - Forme organisée (?) dans le gneiss encaissant le calcaire métamorphique du Noircieux (L. N. x 140).

D'un bouton sommital s'évase une sorte de réticule graphiteux.

2. 0483 - Forme organisée (?) dans le cipolin du Noircieux (L. N. x 140).

(Extérieur en graphite - intérieur en calcédoine).

3. 0483 - Forme organisée (?) allongée graphiteuse (L. N. x 140).

4. 1283 - Dolomitisation d'un cristal de phlogopite (L. P. x 140).

Phénomène de diaphtorèse en bordure du gisement.

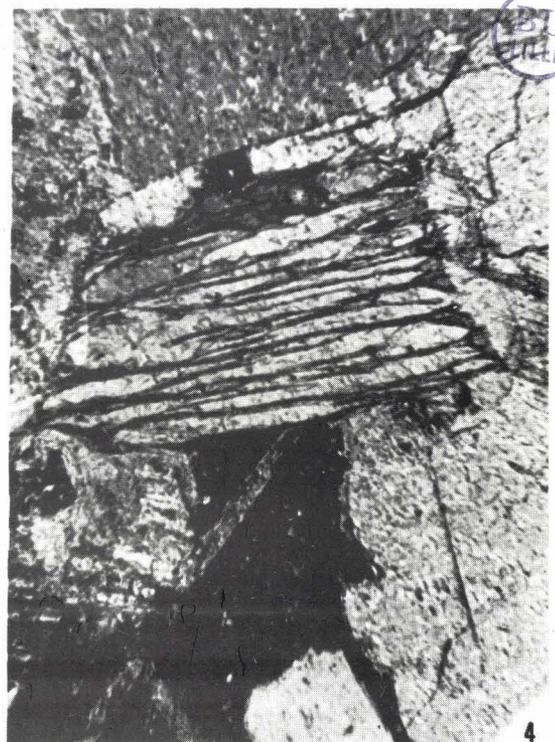
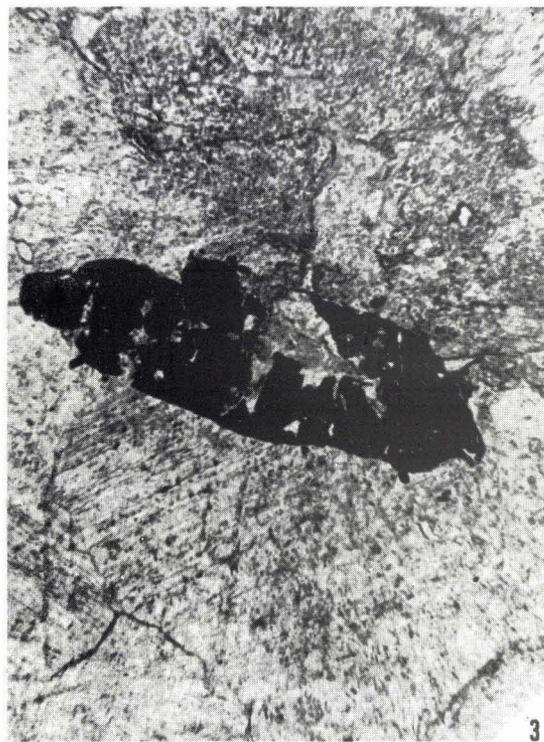
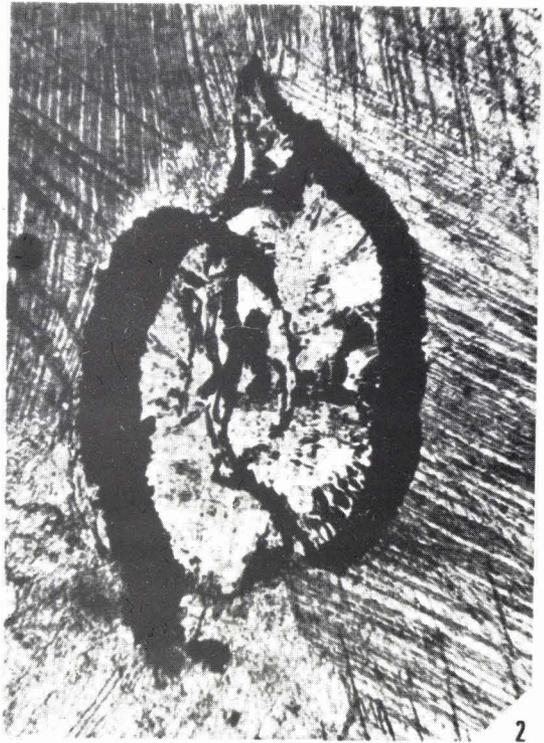


PLANCHE 14

=====

1. 0684 - Calcaire métamorphique à Forstérite et spinelle (L. N. x 50).  
"Cipolin" de St-Philippe (Haut-Rhin).
  
2. 0685 - Calcaire métamorphique à phlogopite (L. P. x 50).  
Vallée du Rauenthal - région d'Echery (Haut-Rhin).
  
3. 0887 - Calcaire métamorphique à diopside (L. N. x 50).  
Carrière du Chippal (Meurthe-et-Moselle).
  
4. 0289 - Calcaire métamorphique à minéraux (L. P. x 50).  
Région de Ban-de-Lavelines (Meurthe-et-Moselle).

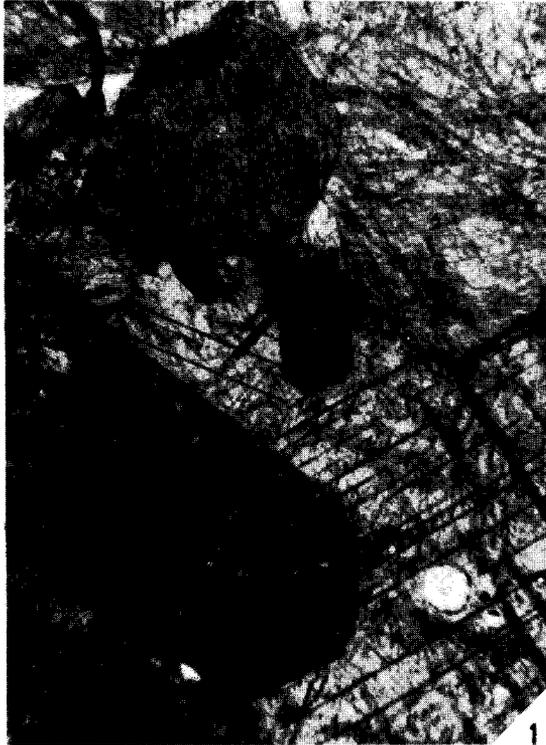


BU  
LE

P L A N C H E 15

=====

1. 0388 - Dolomitisation de minéraux de métamorphisme (L. N. x 50).  
Dolomie de Mandray (Meurthe-et-Moselle).
  
2. 0390 - Dolomie de Wisembach (L. N. x 50).  
Lieu-dit "La Ferme de Breucharée" (Meurthe-et-Moselle).
  
3. 0299 - Dolomie de la Montagne Noire (L. P. x 140).  
Région de Marcou (Hérault).  
Un léger métamorphisme fait apparaître quelques phyllites incolores sensiblement orientées.
  
4. 2699 - Dolomie de la Montagne Noire (L. N. x 50).  
Région de Taussac (Hérault).



BU  
VILLE

