

SOCIÉTÉ  
GÉOLOGIQUE  
DU  
NORD

---

ANNALES

Tome CIV

1984

*4<sup>me</sup> trimestre*

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD  
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

# SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

## Extraits des Statuts

### Article 2.

— Cette Société a pour objet de concourir à l'avancement de la géologie en général, et particulièrement de la géologie de la région du Nord de la France.

— La Société se réunit de droit une fois par mois, sauf pendant la période des vacances. Elle peut tenir des séances extraordinaires décidées par le Conseil d'Administration.

— La Société publie des Annales et des Mémoires. Ces publications sont mises en vente selon un tarif établi par le Conseil. Les Sociétaires bénéficient d'un tarif préférentiel (1).

### Article 5.

Le nombre des membres de la Société est illimité. Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans l'une de ses séances par deux membres de la Société qui auront signé la présentation, et avoir été proclamé membre au cours de la séance suivante.

## Extraits du Règlement Intérieur

§ 7. — Les Annales et leur supplément constituent le compte rendu des séances.

§ 13. — Seuls les membres ayant acquitté leurs cotisations et abonnement de l'année peuvent publier dans les Annales. L'ensemble des notes présentées au cours d'une même année, par un même auteur, ne peut dépasser le total de 10 pages, 1 planche simili étant comptée pour 2 p. 1/2 de texte.

Le Conseil peut, par décision spéciale, autoriser la publication de notes plus longues.

§ 17. — Les notes et mémoires originaux (texte et illustration) communiqués à la Société et destinés aux Annales doivent être remis au Secrétariat le jour même de leur présentation. A défaut de remise dans ce délai, ces communications prennent rang dans une publication postérieure.

§ 18. — Les mémoires sont publiés par fascicules après décision du Conseil.

## Avertissement

La Société Géologique du Nord ne peut en aucun cas être tenue pour responsable des actes ou des opinions de ses membres.

## Tirages à part

Conformément au paragraphe 14 du Règlement Intérieur (Tome LXXXI, p. 12), les tirages à part sont à la charge des auteurs qui doivent en faire par écrit la déclaration expresse en tête des épreuves du bon à tirer.

## Cotisations et Abonnements (à la date du 1<sup>er</sup>-1-1983)

	QUALITE	COTISATION	ABONNEMENT aux Annales	TOTAL
FRANCE et BENELUX	Personnes physiques (2) .....	30,00 F	135,00 F T.T.C.	165,00 F
AUTRES PAYS	Personnes physiques .....	30,00 F	150,00 F T.T.C.	180,00 F

Abonnement des non-membres : FRANCE : 300,00 F H.T. — ETRANGER : 350,00 F

Pour tous renseignements et règlements, s'adresser à : Secrétariat S.G.N., Sciences de la Terre,  
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex — Tél. 20 91 92 22 — C.C.P. Lille 2547

## ANNALES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

La vente des Annales s'effectue par tomes entiers aux prix suivants. Exceptionnellement, et jusqu'à épuisement du stock, certains fascicules sont en vente séparément. Leur liste figure en fin de fascicule.

Tomes I à LXXIX (manquent I, II, V à IX, XVI, XXII, XXXIV à XXXVI, XXXIX à XLIII, XLV, XLVII à LVIII)	190,00 F H.T.
Tomes LXXX à XCV (manque XCI) .....	255,00 F H.T.
Tomes XCVI et suivants .....	300,00 F H.T.

(1) Modification adoptée lors de l'Assemblée Générale du 10 Janvier 1974.

(2) Les étudiants qui en font la demande annuelle peuvent, par décision du Conseil, bénéficier d'un tarif préférentiel sur l'abonnement (60,00 F).

SOCIÉTÉ  
GÉOLOGIQUE  
DU  
NORD

---

ANNALES.

Tome CIV

1984

*4<sup>me</sup> trimestre*

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD  
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1984 —

<i>Président</i> .....	M. V. PRUDHOMME
<i>Premier Vice-Président</i> .....	M. E. MÉRIAUX
<i>Vice-Présidents</i> .....	M. H. CHAMLEY M. I. GODFRIAUX
<i>Conseillers</i> .....	M. J. LEPLAT M. F. THIÉBAULT M <sup>me</sup> D. BRICE M. J. CHARVET M. C. DELATTRE M. A. BLIECK
<i>Secrétaire</i> .....	M. J.M. DÉGARDIN
<i>Secrétaire-Adjoint</i> .....	M. C. BECK
<i>Directeur de la Publication</i> .	M <sup>me</sup> Paule CORSIN
<i>Trésorier</i> .....	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Archiviste-Bibliothécaire</i> ....	M. J.L. MANSY

---

COMITE DE LECTURE

— 1984 —

M<sup>me</sup> Paule CORSIN, *Directeur de la publication*  
M. J.M. CHARLET  
M. Ch. DELATTRE  
M. P. CELET  
M. I. GODFRIAUX

# ANNALES

DE LA

## SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

Société fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873

Secrétariat : Société Géologique du Nord

Sciences de la Terre, B.P. 36, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex

Tél. 20 91 92 22 (postes 2140 et 2132) — C.C.P. Lille 52-47 Y

## Compte rendu de l'activité de la Société

SEANCE ORDINAIRE DU 5 DECEMBRE 1984

Présidence de M. V. PRUDHOMME, Président

En ouvrant la séance, Monsieur le Président propose une nouvelle tarification des cotisation et abonnement aux Annales pour l'année 1985. Ces propositions sont adoptées à l'unanimité.

La tarification est donc désormais la suivante :

	Cotisation	Abonnement T.T.C.	Total
France et Bénélux .....	30,00 F	135,00 F	165,00 F
Autres Pays .....	30,00 F	150,00 F	180,00 F

Le prix d'abonnement pour les organismes s'élève à :

France : 300,00 F H.T. ; Etranger : 350,00 F.

Ensuite, on passe à l'élection de nouveaux membres. Ce sont :

- M<sup>lle</sup> Anne BOUQUILLON, Laboratoire de Sédimentologie, U.E.R. Sciences de la Terre, Université de Lille I, à 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, présentée par MM. H. Chamley et J. Didon.
- M. Thierry IMBERT, Laboratoire de Géochimie des Roches Sédimentaires, Université de Paris XI, à 91405 Orsay, présenté par MM. M. Waterlot et J.M. Charlet.
- M. Frederick DELAY, Laboratoire de Géologie Appliquée, U.E.R. Sciences de la Terre, Université de Lille I, à 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, présenté par MM. J.M. Dégardin et J.L. Mansy.
- M<sup>lle</sup> Martine SION, Laboratoire de Géologie Appliquée, U.E.R. Sciences de la Terre, Université de Lille I, à 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, présentée par MM. J.M. Dégardin et J.L. Mansy.
- M<sup>lle</sup> Geneviève SEVRIN, Laboratoire de Géologie Structurale, U.E.R. Sciences de la Terre, Université de Lille I, à 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, présentée par MM. J.L. Mansy et F. Meilliez.
- M. Hervé CAPELLE, Laboratoire de Pétrologie, U.E.R. Sciences de la terre, Université de Lille I, à 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, présenté par MM. B. Clément et J. Ferrière.

**Communications orales**

V. PRUDHOMME. — Un témoin du Landénien supérieur continental dans le Calaisis.

F.X. MASSON. — Quelques observations sur les cheaux de la plaine maritime des wateringues à l'Est de Bergues (\*).

H. FOURRIER. — Reconnaissance des dépôts sédimentaires de la butte de Oisy-le-Verger (Bassin de la Sensée) (\*).



---

(\*) Communication à paraître dans le prochain fascicule.

## Permien et base du Trias en Vanoise septentrionale : données nouvelles et hypothèses (Zone briançonnaise interne, Alpes françaises)

### Permian and Early Triassic in Northern Vanoise : new data and hypothesis (internal « Zone briançonnaise », French Alps)

par François GUILLOT (\*) et Jean-François RAOULT (\*)

*Résumé.* — L'analyse lithostratigraphique du Permien dans trois séries des massifs de Bellecôte et de la Roche de Mio montre que celui-ci est discordant sur son substratum carbonifère. Les variations d'épaisseur et de faciès sont nombreuses et le Permien peut même manquer entre Carbonifère et Trias moyen carbonaté. Malgré ces difficultés, des corrélations paraissent possibles avec le Permien de la Zone houillère plus externe.

*Abstract.* — In the massifs of Bellecôte and of Roche de Mio, Permian lithostratigraphy is analyzed along six new cross-sections. Four of them show the following three major points: 1) there is a continuous transition from Upper Permian sericitoschists and coarse grits to lower Scythian white quartzites. — 2) the middle part of Permian contains ankeritic coarse ill-sorted grits, the lowest part of which presents a major geochemical change ( $Na_2O > K_2O$  in the underlying variegated schists,  $K_2O > Na_2O$  in the more recent layers). — 3) lowest Permian pale blue or grey schists contain thin calcareo-dolomitic beds; they overlay various so-called "Carboniferous" black, grey, or green, schists which are always rich in dioritic sills; these sills never reach the Permian layers; hence Permian seems to rest unconformably on its substratum.

Many thickness and facies changes occur in the Permian series; it may even lack completely between "Carboniferous" schists and Middle Triassic carbonated rocks.

Nevertheless some correlations look possible with the Permian from the "Zone Houillère" (next and more external alpine zone). These facies correlations, if they are considered as isochrons, lead to admit that the Saalian orogenic event well known in the "Zone Houillère" is rather poorly represented in the more internal Vanoise Zone (it could be in the former point 2). Hence, the basal unconformity of Permian should be related to an older orogenic event (Asturian phase?).

#### 1. — INTRODUCTION

Dans le massif de la Vanoise, on différencie au sein de la Zone briançonnaise la Zone houillère externe, à l'Ouest, et la Zone Vanoise-Ambin interne, à l'Est. Dans cette dernière, on distinguera, avec Ellenberger (1958), la « Vanoise septentrionale » et la « Vanoise méridionale » (fig. 1) qui, toutes deux, montrent une « série carbonatée » (Trias moyen à Eocène) surmontant une « série siliceuse ». Celle-ci, sans fossiles connus à ce jour, comporte de haut en bas :

- 1) des quartzites blancs lités du Scythien (Werrénien) ;
- 2) un ensemble de schistes, quartzites et conglomérats attribués au Permien ;
- 3) une puissante série schisto-gréseuse, riche en roches magmatiques, considérée comme étant du Carbonifère (Ellenberger, 1958). Nous admettons ici tous ces âges. Localement, dans le massif de Bellecôte (fig. 1 et 2), le Trias carbonaté apparaît collé directement sur le Carboni-

(\*) Laboratoire de Géologie structurale et régionale, U.S.T. Lille I, 59655 Villeneuve d'Ascq et E.R.A. 764 C.N.R.S. (U.A. 719).

Note présentée le 7 Décembre 1983 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 29 Avril 1985.

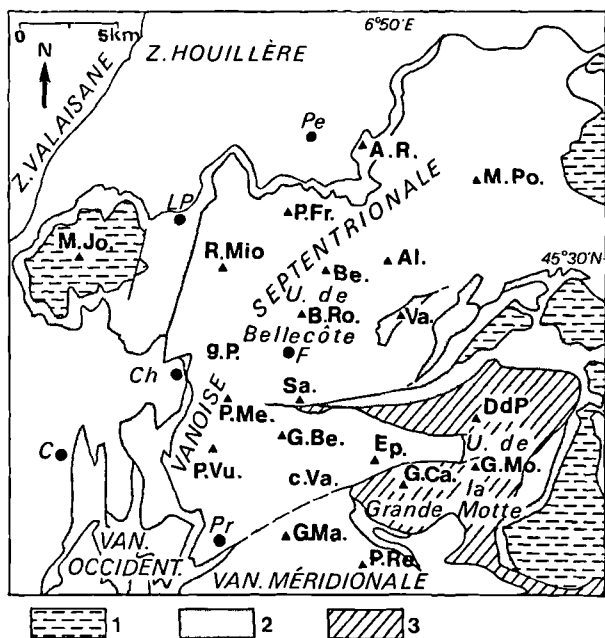


Fig. 1. — Schéma de situation.

Sur cette carte, seuls les contacts anormaux sont figurés. 1. nappe des Schistes lustrés. — 2, gypses et cargneules soulignant les contacts anormaux majeurs, et appartenant en particulier à la « nappe des Gypses », semelle tectonique de celle des Schistes lustrés. — 3, nappe de la Grande Motte (Trias à Eocène, avec Lias prépiémontais), allochtone sur les autres unités de Vanoise.

Fig. 1. — Situation sketch.

On this map, only major tectonic contacts are displayed. 1, « Schistes lustrés » nappe. — 2, gypsum and « cargneules » (dolomitic breccias) emphasizing main tectonic boundaries, some of them belonging to the « Nappe des Gypses », basal tectonic sheet under the « Schistes lustrés » nappe. — 3, « Grande Motte » nappe (Triassic to Eocene, including « Lias prépiémontais ») allocthonous over the other Vanoise units.

Localités (Localities). — C : Courchevel. — Ch : Champagny-le-Bas. — F : Friburge. — LP : La Plagne. — Pe : Peisey-Nancroix. — Pr : Pralognan-la-Vanoise.

Sommets (Summits). — A.R. : Aiguille Rousse. — Al. : Aliet. — B.Ro. : Becqui Rouge. — Be. : Bellecôte. — DdP : Dôme de Pramecou. — Ep. : Epéna. — G.Be. : Grand Bec. — G.Ca. : Grande Casse. — G.Ma. : Grand Marchet. — G.Mo. : Grande Motte. — M.Jo. : Mont Jovet. — M.Po. : Mont Pourri. — P.Fr. : Pointe de Friolin. — P.Me. : Pointe de Méribel. — P.Re. : Pointe de la Réchasse. — P.Vu. : Pointe de la Vuzelle. — R.Mio : Roche de Mio. — Sa. : Sauvire. — Va. : Vallaisonnay.

Autres (Varied). — c.Va. : col du Vallonnet. — g.P. : gorges de la Pontille.

fère ; on peut y voir la marque d'une discordance (Raoult, 1980a et b), hypothèse qui s'oppose à celle d'un décollement majeur et d'une allochtonie généralisée de la « série carbonatée » (Ellenberger, 1958).

De nouvelles coupes faites dans le massif de Bellecôte et ses abords permettent de préciser la lithostratigraphie du Permien et ses relations avec les niveaux l'encadrant. Cependant, les nombreuses variations latérales de faciès et l'importance des déformations symmétamorphiques compliquent beaucoup les corrélations et les reconstitutions paléogéographiques, qui dépendent fondamentalement des liaisons stratigraphiques prouvées entre les assises distinguées.

Le cadre géologique du secteur étudié est donné par la fig. 2 ; les unités de Vanoise septentrionale y sont limitées à l'Ouest par un contact subvertical ( $\varphi'$  : partie nord de l'accident Modane - Chavières - Champagny), et au Nord par un contact cisailant à pendage sud ( $\varphi$ ). Les unités étudiées ici sont celles des massifs de la Roche de Mio et de Bellecôte, unités dont les définitions déborderaient le cadre de cette note, et au sein desquelles certains contacts pourront être légèrement modifiés après une étude plus fouillée des séries carbonifères. On notera les points marquants suivants :

— dans le chaînon de la Roche de Mio, la linéarité nord-sud des affleurements du Carbonifère, du Permien et du Werfénien, dont les assises sont tronquées basalement au Nord (contact  $\varphi$ , fig. 2) ;

— la structure en pli couché rompu dans le massif de Bellecôte, dont le « cœur » est noté  $\alpha$  (fig. 2) et, dans ce même massif, d'une part l'absence de quartzites werfénien et d'autre part l'exiguïté des affleurements de Trias moyen.

Ce pli couché rompu, tel qu'il est envisagé ici, diffère de celui, réduit à son flanc inverse, proposé par Ellenberger (1958), Ellenberger et Saliot (1967) et Ellenberger in Debemas (1982, p. 104).

A l'Est et au Sud-Est, les masses aniso-carniennes de l'Aliet et de la Vallaisonnay sont plus ou moins largement décollées et ne seront pas envisagées ici (Broudoux, 1985).

## II. — LA SÉRIE DE MIO

Selon Ellenberger (1958, p. 106-112 ; 1966), il s'agit d'une « série siliceuse » typique de la Vanoise septentrionale, avec un Permien bien représenté dans les gorges de la Pontille (fig. 1). Son étude permet de préciser divers points lithostratigraphiques et de tenter des corrélations avec des termes équivalents de la Zone houillère. La fig. 3 présente divers aspects de la succession, continue sur 7 à 8 km du Nord au Sud, malgré quelques perturbations tectoniques. La constance des liaisons observées permet d'assurer que cette succession est bien stratigraphique, avec trois coupures principales.



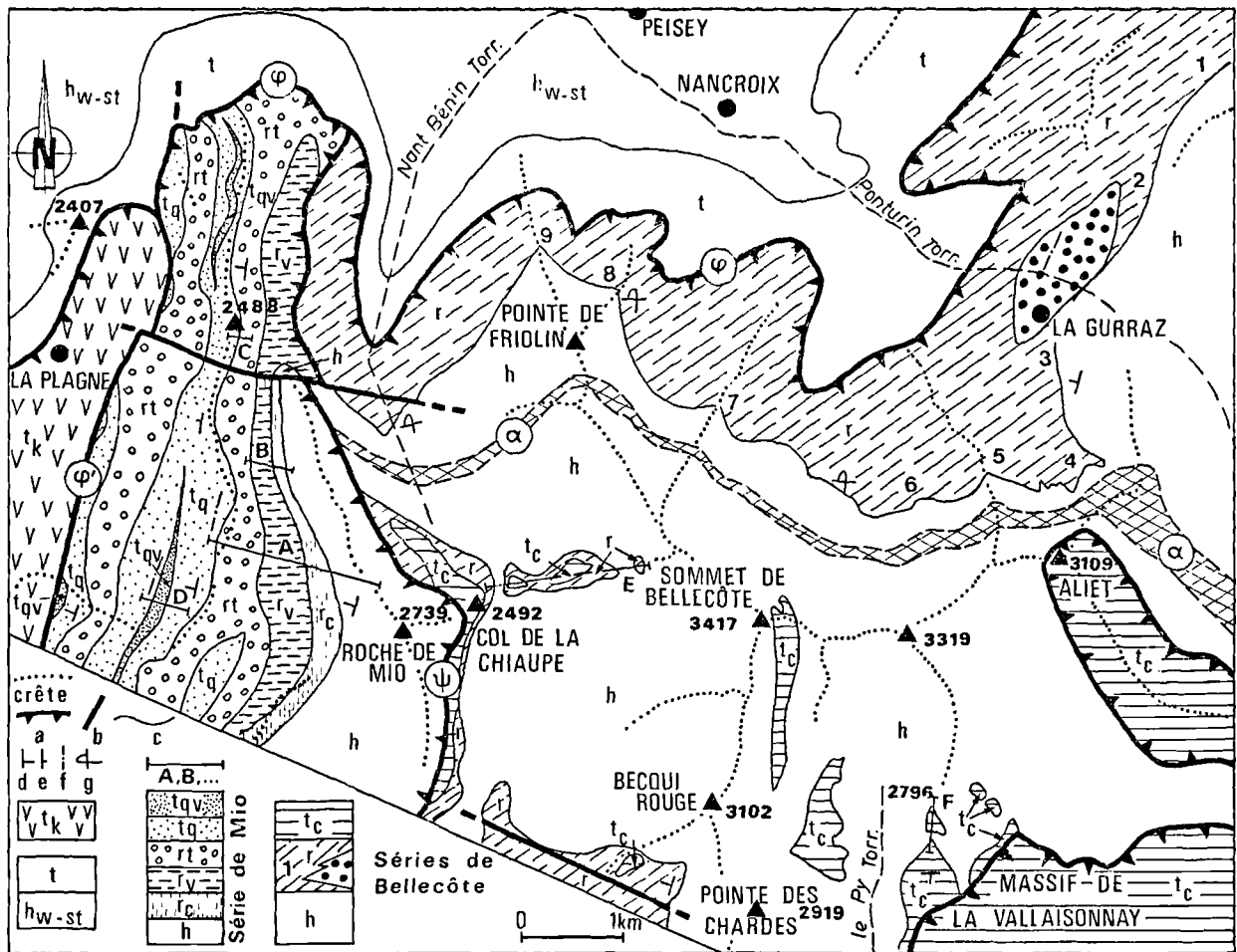


Fig. 2. — Schéma géologique des massifs de Bellecôte et Roche de Mio.

Contacts : a, chevauchement. — b, faille. — c, contact normal.

Pendages : d, moyen. — e, fort. — f, vertical. — g, série renversée. — A, B, ..., F, situation des coupes.

Formations : tk, gypses et cargneules de la nappe des gypses. — Zone houillère : t, couverture permo-triasique avec quartzites, écailles calcaréo-dolomitiques, lames de gypses et cargneules. — h<sub>w-st</sub> : Westphalien à Stéphano-Permien. — Série de Mio : t<sub>qv</sub>, quartzites versicolores et cargneules terreuses. — t<sub>q</sub>, quartzites blancs du Werfénien. — rt, série argentée (Permo-Trias). — r<sub>v</sub>, série versicolore. — r<sub>c</sub>, série calcareuse de base. — h, Carbonifère présumé. — Séries de Bellecôte : t<sub>c</sub>, Trias moyen calcaréo-dolomitique. — r, Permien et Permo-Trias (schistes bleutés dominants du flanc nord avec niveaux calcaires aux points 1 à 9, et conglomérats grossiers de La Gurraz [ronds noirs]; conglomérats et quartzites dominants du flanc sud). — h, Carbonifère présumé. — Limites d'unités : φ', contact occidental (décrochement senestre de Modane - Chavière - Champigny). — φ, chevauchement frontal nord de la Vanoise. — ψ, chevauchement de l'unité de Mio. — α, zone mylonitique séparant la série renversée au Nord de la série normale au Sud.

Fig. 2. — Bellecôte and Roche de Mio massifs : geological sketch.

Contacts : a, thrust. — b, fault. — c, stratigraphic contact.

Dips : d, moderate. — e, strong. — f, vertical. — g, reverse. — A, B, ..., F : cross-sections location.

Formations : tk, gypsum and « cargneules » (dolomitic breccias) of the « Nappe des Gypses ». — Zone houillère : t, Permo-Triassic cover with Scythian sandstones, calcareo-dolomitic slices, gypsum and « cargneules ». — h<sub>w-st</sub>, Westphalian and Stephano-Permian. — Roche de Mio series : t<sub>qv</sub>, dark green and dark red hematitic sandstones. — t<sub>q</sub>, white, well-bedded pure sandstones (Scythian). — rt, Permo-Triassic silver-plated sericitoschists and coarse grits. — r<sub>v</sub>, variegated schists. — r<sub>c</sub>, basal calcareous schists. — h, Carboniferous (?). — Bellecôte series : t<sub>c</sub>, limestone and dolomite (Middle Triassic). — r, Permian and Permo-Triassic (northern slopes : mainly bluey schists, with calcareous levels seen on the spots 1 to 9; coarse conglomerate around La Gurraz [black circles]; southern slopes : conglomerates, grits). — h, Carboniferous (?). — Units boundaries : φ', western limit of Vanoise units, i.e. sinistral strike-slip fault of Modane - Chavière - Champigny. — φ, northern thrust of Vanoise. — ψ, Roche de Mio unit eastern overthrust. — α, mylonitic zone between overturned series (North) and normal series (South) of Bellecôte units.

1) La liaison entre les quartzites werféniens et les niveaux sous-jacents se fait en concordance avec évolution progressive et récurrences des faciès. On attribuera donc au Permo-Trias (ou Néopermien) les termes notés *rt*, conformément à la définition de Fabre et Feys (1966).

2) La limite cartographique *rt-r<sub>v</sub>* correspond à la base des barres de quartzites plus ou moins grossiers. Sous celles-ci se développe un ensemble schisteux gris violacé clair (schistes séricito-quartzo-albitiques) à nombreuses passées conglomératiques rougeâtres (*r<sub>v</sub>*, fig. 3). Sur les coupes et à l'échelle de la carte, il y a concordance entre *rt* et *r<sub>v</sub>*, et l'on confirme le repos normal de la « série argentée » (*rt*) sur la « série pourprée (ou versicolore) », pour reprendre les termes de Ellenberger (1958, p. 105-107) qui les a décrits en grand détail dans les gorges de la Pontille.

La coupure lithologique *rt-r<sub>v</sub>* se double d'une coupure géochimique : *rt* est plus riche en  $K_2O$  qu'en  $Na_2O$ , et c'est l'inverse dans *r<sub>v</sub>*. Ce fait, noté par Ellenberger (1958, 1966), précisé par Ainaridi (1976), est également connu dans la Zone houillère (Fabre et Feys, 1966 ; Schade, 1983).

3) La base de *r<sub>v</sub>* est marquée par des niveaux calcaireux (*r<sub>v</sub>*, sur fig. 3) sous forme de calcschistes, par un banc métrique vert très chloriteux et souvent calcaireux et/ou des bancs lenticulaires de calcaire dolomitique ou de dolomie jaune orangé à rouille (cf. bancs carbonatés capucin de la Zone houillère ; Fabre et Feys, 1966). Ces faciès se distinguent de ceux, non calcaireux et gris noir du Carbonifère. Dans le détail, les contacts Permien-Carbonifère sont toujours brouillés par la tectonique, mais on doit souligner que les niveaux permien ne montrent aucune intrusion (ou coulée) de roches magmatiques basiques, alors même qu'ils surmontent directement et en de nombreux points de telles roches incluses dans le Carbonifère. Il y a donc entre *r<sub>v</sub>* et *h* une coupure importante, avec une certaine érosion, et donc une discordance dont l'importance ne peut ici être précisée.

De la Roche de Mio et vers le Sud, la série *rt-r<sub>v</sub>-r<sub>c</sub>* se poursuit jusqu'au flanc ouest de la Pointe de Méribel (fig. 1). Plus au Sud, la « série pourprée » s'effile (Ouest du Grand Bec), puis disparaît (col du Vallonnet), le Permo-Trias étant directement sur le Carbonifère (observation de Mériaux et Raoult, déjà notée par Ellenberger, 1958, p. 108). Les faciès *rt* restent ceux de quartzites blanchâtres feuilletés, à quartz rosés, alternant irrégulièrement avec des schistes racrés, blanc ou vert pâle, à filets ankéritiques. Très localement (Ouest du Grand Bec), on y note une lentille d'épaisseur décamétrique de conglomérat à rares galets (1-3 cm) de schistes gris évoquant les faciès carbonifères.

Là encore, aucune des roches magmatiques basiques, abondantes dans le Carbonifère, n'apparaît dans *rt*. La discordance précédemment envisagée se retrou-

verait donc ici, avec en outre biseau stratigraphique de la « série pourprée » (*r<sub>v</sub>-r<sub>c</sub>*).

### III. — LES SERIES DE BELLECOTE

#### 1) Le Permien du flanc nord.

En face nord de Bellecôte, à l'Est du contact  $\psi$  et au-dessus du contact  $\varphi$  (fig. 2), la limite Permien-Carbonifère est en grand Ouest-Est, puis s'infléchit au Nord à partir de La Gurraz. Différents de ceux de la série de Mio, les faciès du Permien montrent des schistes fins, bleutés, séricito-albitiques, avec des passées irrégulières, claires et plus massives, quartzitiques ou arkosiques. Aucune stratigraphie détaillée ne paraît possible : faciès monotones, d'épaisseur apparente de 100 à 2 000 m (plis isoclinaux et écaillages internes ?), parfois glissés en masse, souvent sur des pentes inaccessibles ou, en pied de paroi, couverts d'éboulis et de moraines.

Nous confirmons la liaison stratigraphique entre Permien et Carbonifère et, par suite, le renversement général de la série dans cette face nord (Ellenberger, 1958). En effet, en plusieurs points (notés 1 à 9, fig. 2), le Permien montre au contact du Carbonifère des calcschistes souvent chloriteux et des lentilles de calcaire dolomitique orangé (cf. *r<sub>c</sub>*, fig. 3). Ailleurs ces faciès manquent, mais la base du Permien est alors très ankéritique, ce qui peut s'interpréter comme une évolution latérale des faciès. Dans ce cas (par exemple au Nord-Est de la Pointe de Friolin, ou au Sud de la Gurraz), on note des successions du type suivant :

— Carbonifère riche en roches magmatiques foliées, soit blanchâtres et quartziques, soit verdâtres et basiques, intercalées dans ou surmontées de schistes noirs, à passées quartzieuses, riches en pyrite et à patine rouille ;

— Permien débutant par un complexe de quartzites grossiers à quartz rosés, feuilletés, très ankéritiques et à patine rouille, et de schistes verdâtres à gris bleu, plus tendres et de teintes générales plus claires que les schistes carbonifères. S'y intercalent cependant quelques passées schisteuses noirâtres : convergence de faciès avec le Carbonifère, ou faciès reconstitués (?) à partir de ce dernier. Ces termes de base (épais de 5 à 30 m) passent progressivement à la masse des schistes bleutés.

Par comparaison avec la série de Mio, on notera la persistance des caractères suivants :

- 1° teintes plus claires des schistes permien ;
- 2° présence de carbonates, en lentilles ou sous forme diffuse, à la base du Permien ;
- 3° absence de roches magmatiques intrusives dans le Permien, alors qu'elles abondent dans tout le Carbonifère, ce qui implique, là encore, une érosion sensible ayant précédé les dépôts permien.

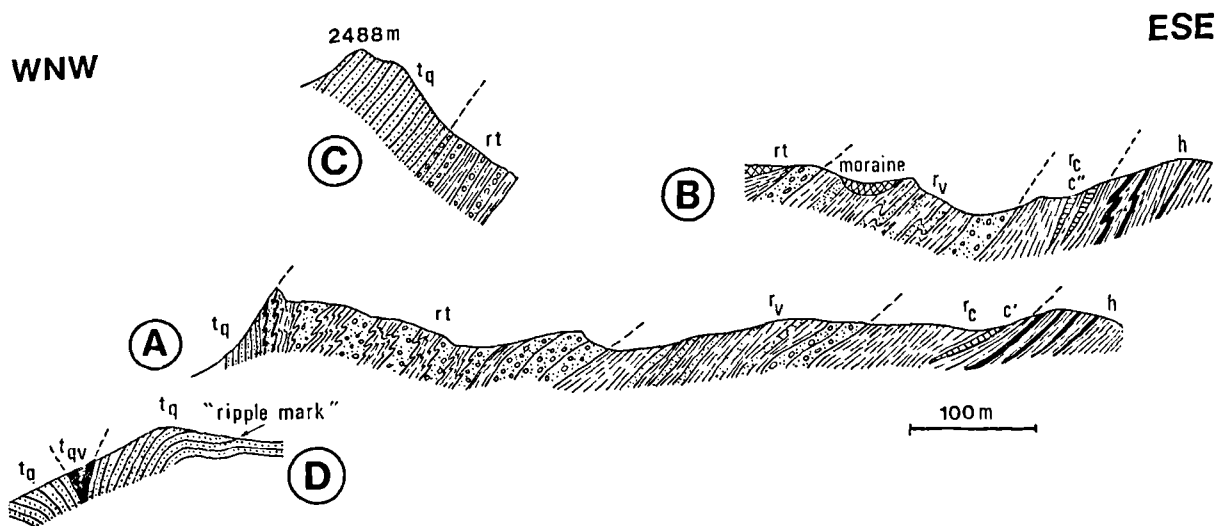


Fig. 3. — Coupes A à D dans la série de Mio. Localisées sur la fig. 2, elles montrent les relations entre le Permien *s. l.* (rt,  $r_v$ ,  $r_c$ ) et le Carbonifère (h), d'une part, le Werfénien ( $t_q$ ), d'autre part.

*Coupe A* : h, schistes noirs à passées grises ou verdâtres, à bancs (10 cm à 1 m) quartzeux gris-vert clair (niveaux sédimentaires et volcano-sédimentaires), à sills gabbroïques ou dioritiques avec texture grenue parfois préservée. —  $r_c$ , schistes calcaires et calcschistes gris bleuté, gris violacé, vert pâle, avec un horizon basal (1 m) vert sombre très chloriteux ( $c'$ ). —  $r_v$ , barre (5 - 10 m) de quartzites feuilletés blancs, puis schistes violacés à petits galets rouge sombre mat, à fréquentes passées ankeritiques rousses. — rt, barre (50 m) de quartzites feuilletés, gris ou blanc livide, à galets quartzeux blancs (1 - 5 cm) dispersés; tiers central ankeritique; plus haut, bancs quartzitiques souvent chargés de petits galets de quartz rose, alternant avec des schistes à toucher onctueux, blanc nacré, violacés, gris ou vert pâle; sommet très schistose. —  $t_q$ , quartzites fins, blancs, en bancs réguliers de 10-15 cm, ici en contact mécanique avec rt.

*Coupe B* : mêmes successions (h,  $r_c$ ,  $r_v$ ) qu'en A; à sa base,  $r_c$  toujours calcaireux montre deux bancs de calcaire à grain fin, à patine jaune orangé à rouille, épais de 1 m environ ( $c''$ ).

*Coupe C* : sur 5-6 m, le sommet de rt montre une alternance de bancs décimétriques de quartzites conglomératiques à quartz roses (faciès rt) et de quartzites fins à laminations millimétriques (faciès  $t_q$ ), ces derniers prédominant puis devenant exclusifs quand on monte dans la série.

*Coupe D* :  $t_q$ , quartzites werfénien dont une dalle horizontale montre des « ripple-marks » réguliers. —  $t_{qv}$ , 1 à 5 m de quartzites fins, en bancs de 5-15 cm, versicolores (vert ou rouge sombre), riches en hématite, puis grès brun à ciment carbonaté ou cargneules brunes d'aspect terreux, attribués au Werfénien supérieur (quelques mètres en cœur synclinal).

Fig. 3. — Cross-sections A, B, C, D, in Roche de Mio series.

These sections (loc. fig. 2) show the stratigraphic contacts of Permian (rt,  $r_v$ ,  $r_c$ ) with « Carboniferous » (h) on the one hand, with Scythian ( $t_q$ ) on the other hand.

Cross-section A : h, black, grey, or greenish schists, with quartzitic pale green to grey beds (10 cm to 1 m; sedimentary levels), with gabbroic or dioritic sills, the porphyritic texture of which is sometimes preserved. —  $r_c$ , calcareous bluey, purple-grey, or pale green schists, with a basal 1 m thick dark green chlorite-rich layer ( $c'$ ). —  $r_v$ , ridge (5 - 10 m) of slaty white grit, overlain by variegated purple schists with centimetric dull dark red clasts (rhyolitic pebbles?), and metric reddish-brown ankeritic interlayers. — rt, ridge (50 m) of foliated white or pallid grits, with scattered white quartz pebbles (1 - 5 cm); the middle part of this ridge is more ankeritic; higher, metric alternances, of grits with small pink quartz pebbles, and of soft, pearly white, purple, grey, or pale green sericitoschists; the top of rt is very schistose. —  $t_q$ , white, fine-grained, well-bedded (10 - 15 cm) sandstones, which are here in mechanical contact with rt.

Cross-section B : same succession (h,  $r_c$ ,  $r_v$ ) as in A;  $r_c$  is still calcareous, with two fine-grained yellowish to reddish 1 m thick limestone bed ( $c''$ ).

Cross-section C : on 5 - 6 m, top of rt is made of a decimetric alternance of pink-pebbled grits (rt facies) and of fine-grained white sandstone ( $t_q$  facies); the latter remain exclusively, higher in this section.

Cross-section D :  $t_q$ , Scythian sandstones in which an horizontal bed bears regular ripple-marks. —  $t_{qv}$ , 1 to 5 m of dark green, dark red, or black hematite-rich sandstones forming 10 - 15 cm beds; then, inside a narrow syncline, brown sandstone with carbonated cement (no more than 5 m) or earthy brown cargneule (Upper Scythian?).

Ceci est conforté par les observations faites dans la paroi en rive droite du Ponturin, au Nord de la Gurras (fig. 2). On y voit, emballée dans la base des schistes bleutés ou vert clair, une lentille de conglomérat, gris sombre et d'aspect massif, évoquant certains conglomérats de la Zone houillère. La matrice abondante est quartzreuse et phylliteuse (phengites à pléochroïsme vert pâle) et contient : quelques micas blancs détritiques, de la tourmaline détritique abondante (ce qui est banal dans le Permien), des galets (1 mm à 3-4 cm) de quartz blanc ou rosé, des galets schisteux noirs très aplatis, des galets (1 à 10 cm) de quartzites blanchâtres dont le litage originel se devine parfois. Ces galets à contours anguleux, plus ou moins parallélépipédiques, n'ont subi qu'un faible transport,

et proviendraient de niveaux d'aspects voisins qui abondent ici dans le Carbonifère situé juste à l'Est. Ce dernier aurait présenté un petit abrupt (de faille ?) responsable de cette décharge conglomératique grossière et localisée. On notera l'absence de galets de roches magmatiques, celles-ci n'affleurant pas à l'époque, ou ayant été rapidement altérées et désagrégées sous l'action du climat chaud du Permien.

## 2) Le Permien et la base du Trias du flanc sud de Bellecôte.

On envisagera ici le secteur situé au Sud du « cœur du pli couché » ( $\alpha$  sur fig. 2). On note l'absence de quartzites werféniens, alors même qu'existent des cal-

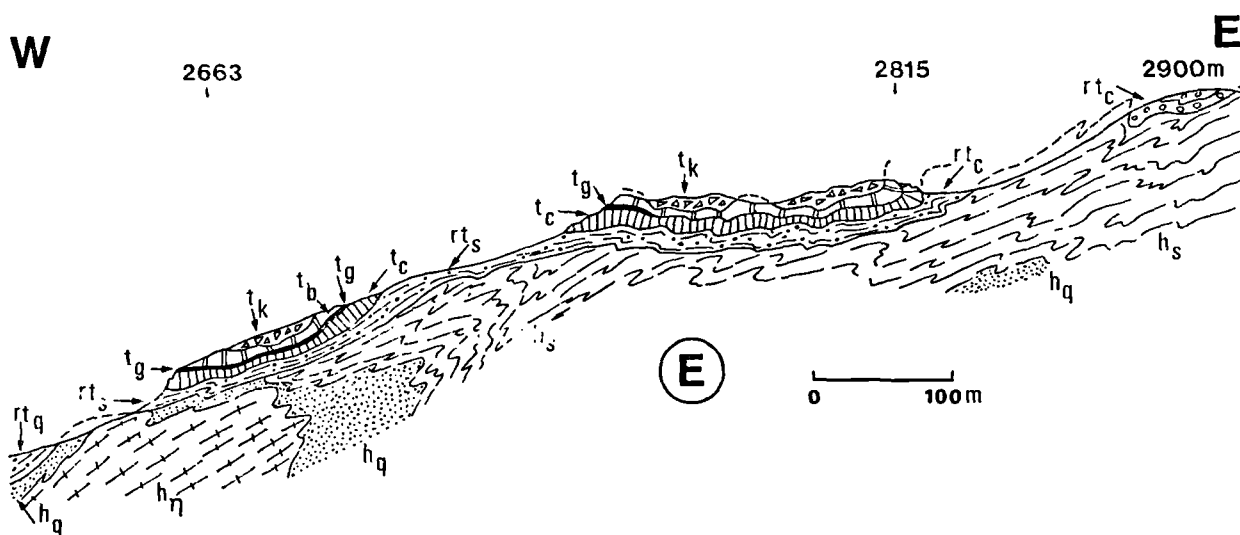


Fig. 4. — Coupe E à l'Est du col de la Chiaupe.

Localisée fig. 2, elle montre les relations entre Carbonifère, Permo-Trias et Anisien-Ladinien inférieur.  $h_7$ , métadiorites et métagabbros massifs, vert clair. —  $h_q$ , roches leucocrates quartzo-albitiques, finement feuilletées. —  $h_s$ , schistes noirs pyriteux, à lits charbonneux, à passées décimétriques vert pâle (cinerites ?). —  $rt$ , Permo-Trias (faciès évoquant le sommet de  $rt$  de la série de Mio) avec des quartzites ankéritiques ( $rt_q$ ), des schistes séricito-quartzo-albitiques ( $rt_s$ ), clairs, onctueux, à rares quartz roses, à niveaux ankéritiques roux, des quartzites ankéritiques et conglomératiques ( $rt_c$ ) à galets (0.5 - 2 cm) de quartz blancs ou roses, et de schistes noirs. —  $t_c$ , calcaires gris, lités (4 - 5 m). —  $t_b$ , banc (1 m) de grès noir, à débris ou lits centimétriques charbonneux. —  $t_s$ , brèche calcaréo-dolomitique syndépositionnelle, à ciment dolomitique gris clair (10 m). —  $t_k$ , cargneules. Par leurs faciès,  $t_c$  et  $t_b$  évoquent l'Anisien ou le Ladinien inférieur;  $t_k$  peut être du Ladinien, ou du Carnien (?).

Fig. 4. — Cross-section E, eastwards of col de la Chiaupe (loc. fig. 2).

Here is an example (see also next fig.) of carbonated Middle Triassic occurrences over Carboniferous, which are common in the southern part of Bellecôte. These occurrences were formerly interpreted as tectonic sheets (Ellenberger, 1958, 1966). They might in fact be a stratigraphic but unconformable cover of Carboniferous, as suggested by the presence of Permian (not mentioned yet) and by their stratiform appearance (see a similar Triassic sequence in fig. 5)

« Carboniferous » :  $h_7$ , massive pale green metadiorite or metagabbros. —  $h_q$ , foliated orthoquartzite. —  $h_s$ , coaly and pyritous black schists, with pale green decimetric bands (cinerites ?).

Permian :  $rt$ , (similar to  $rt$  in Roche de Mio, attr. Permo-Triassic) ankeritic grits ( $rt_q$ ), pale soft sericitoschists ( $rt_s$ ) with pink pebbles and reddish ankeritic veins, and ( $rt_c$ ) reddish-brown conglomeratic grits with white or pink quartz pebbles and black schist clasts.

Middle Triassic :  $t_c$ , grey, slaty limestone (4 - 5 m). —  $t_b$ , 1 m of dark hard sandstone with black coaly clasts. —  $t_s$ , syndepositional calcaréo-dolomitic breccia, with a grey dolomitic matrix (10 m). —  $t_k$ , cargneules (dolomitic breccias). —  $t_c$  and  $t_b$ , faciès suggest Anisian or Lower Ladinian;  $t_k$  might be Ladinian or Carnian (?).

caires et dolomies du Trias moyen. Le Permien souvent mince, parfois même absent entre Trias moyen et Carbonifère, est surtout représenté par la « série argentée ». Au Sud du Becqui Rouge, autour de Friburge (fig. 1 et 2), le Permo-Trias (quartzites plus ou moins conglomératiques) surmonte 5 à 20 m de termes à rattacher à la « série pourprée » avec des schistes bleutés ou verts surmontant un niveau (0,5 - 1 m) très chloriteux et légèrement calcaireux, lui-même au contact direct du Carbonifère (schistes noirs à horizons graphiteux, traversés de sills métriques basiques) (Raoult, 1980a ; Peruccio-Parison, 1984). Pour nous, ce Permien serait en synclinal déversé à l'Est, et non « en boutonnière » comme l'ont envisagé Ellenberger (1958), Ellenberger et Saliot (1967), Ellenberger *in* Debeld (1982, p. 104).

Les fig. 4 et 5 complètent des observations antérieures (Raoult, 1980a ; Peruccio-Parison, 1984). A l'Est du col de la Chiaupe, la fig. 4 montre :

- 1° une série carbonifère, riche en roches magmatiques, fortement redressée ;
- 2° un Permien réduit (faciès *rt*) sensiblement horizontal, mais dont le mur n'a pu être précisément observé ;
- 3° un Trias carbonaté concordant sur le Permien, montrant une succession stratigraphique constante. On notera l'intercalation, stratigraphique à nos yeux, d'un horizon métrique de grès charbonneux, où l'on verra la preuve d'un apport détritique issu d'un affleurement carbonifère ayant persisté à cette époque.

La fig. 5 montre le repos direct sur le Carbonifère d'un Trias carbonaté présentant, dans les divers affleurements, la même succession lithostratigraphique (cf. fig. 4). Trias et Carbonifère sont impliqués ensemble dans les mêmes plis isoclinaux métriques. Rien ne s'oppose à ce que ce contact soit stratigraphique, le Trias étant alors discordant sur différents niveaux carbonifères.

Pour le flanc sud de Bellecôte, nous maintenons donc l'interprétation selon laquelle le Carbonifère est surmonté en discordance par du Permien (Permo-Trias surtout), disposé en affleurements lenticulaires (remplissage de creux topographiques plus ou moins marqués), puis par du Trias moyen carbonaté, transgressif sur le Permo-Trias et/ou transgressif et discordant sur le Carbonifère.

Les séries des faces nord et sud de Bellecôte sont alors sensiblement différentes. S'il s'agit bien à l'origine d'un pli couché pennique, on doit envisager que son cœur est rompu et que le flanc normal (face sud) a chevauché le flanc inverse (face nord) ; ce contact, au sein du Carbonifère, est délicat à situer et il doit correspondre à des bandes à foliation mylonitique, localement observées et qui, par interpolations, donnent la zone *n* de la fig. 2.

#### IV. — CONCLUSIONS ET TENTATIVES DE CORRELATIONS

Les niveaux permien décrits ici montrent tous des faciès sédimentaires. Cependant, certains peuvent être volcano-sédimentaires : présence dans les quartzites de quartz rhyolitiques possibles ou de passées plus feldspathiques à patine terne (cinérites remaniées ?), remaniement éventuel de spilites ou roches voisines dans les niveaux très chloriteux et légèrement calcaireux de la base du Permien. Mais il n'y a pas de volcanites franches comme c'est le cas dans la Zone houillère (par ex. série de la Ponsoinière ; Fabre et Feys, 1966), dans le Briançonnais du Guil ou dans celui d'Acceglio, d'après Lefèvre (1982). Cependant, des roches rhyolitiques sont remaniées dans la « série pourprée » et, comme l'a souligné Ellenberger (1958, p. 107), cela implique que la base du Permien des séries de Mio et Bellecôte remanie des volcanites acides permienues, disparues depuis et plus anciennes, même si c'est de très peu.

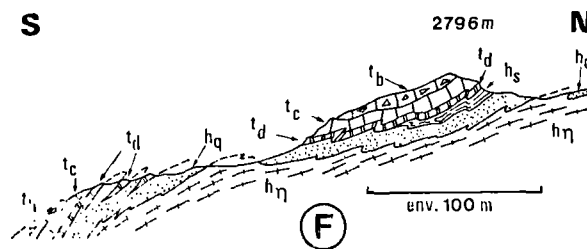


Fig. 5. — Coupe schématique F au point coté 2796. Localisée fig. 2 (2,5 km au SE de Bellecôte), elle montre les relations entre Trias carbonaté et Carbonifère.

*h<sub>η</sub>*, série volcano-sédimentaire verdâtre à sills basiques. — *h<sub>q</sub>*, barre quartzitique blanche dont le sommet est localement à grain très fin, vert pâle à filets rosés. — *h<sub>s</sub>*, schistes noirs à horizons charbonneux et gréseux. — *t<sub>a</sub>*, niveau (0,2 - 1 m) de dolomie à patine orangée ou rouille. — *t<sub>c</sub>*, calcaires fins, gris clair, lités, à filets ou petites lentilles riches en phyllites vertes ou blanches. — *t<sub>b</sub>*, brèches synsédimentaires calcaréo-dolomitiques, gris clair, imbriquées avec des calcaires à minces bancs dolomitiques boudinés.

Fig. 5. — Sketch-section F near the spot 2796. (2,5 km southeastward of Bellecôte, fig. 2).

There, Permian-like levels lack completely between « Carboniferous » and Middle Triassic.

Carboniferous : *h<sub>η</sub>*, *h<sub>q</sub>*, *h<sub>s</sub>* : see fig. 4.

Triassic : *t<sub>a</sub>*, 0.2 to 1 m of reddish-brown dolomite. — *t<sub>c</sub>*, *t<sub>b</sub>* : see fig. 4.

Notice the apparent angular unconformity under *t<sub>a</sub>*, and the isoclinal folds of *t<sub>a</sub>* inside of *h* (left part), hence the proof that Carboniferous-Triassic contact is older than the main deformational alpine events. The frequency of such piles, with the same kind of isoclinal folds, leads us to consider them as stratigraphic successions.

Dans les diverses couches permienne dominent le quartz, l'albite, les micas blancs (phengite surtout), les chlorites parfois (voir études récentes de Gay, 1972 ; Bocquet-Desmons, 1974 ; Saliot, 1978). La tourmaline détritique est banale, les zircons assez fréquents. Ceux-ci, étudiés par l'un de nous (F. G.) selon la méthodologie de Pupin (1976), montrent dans chaque échantillon, une large dispersion des types morphologiques (cf. Schade, 1983 ; Peruccio-Parison, 1984). Ces zircons ne peuvent provenir du Carbonifère de Vanoise, où

ils sont rares, et leurs origines (inconnues) sont lointaines et sans doute diverses (des anatexites aux volcanites acides).

Les coupes décrites (fig. 3 à 5) et l'analyse du secteur conduisent à admettre une discordance, au moins cartographique, du Permien sur le Carbonifère, ce qui s'accorde avec d'autres observations. En Vanoise méridionale (massif de Chasseforêt au Sud du Grand Marchet ; fig. 1), Goffé (1975, p. 6 et suiv.) a

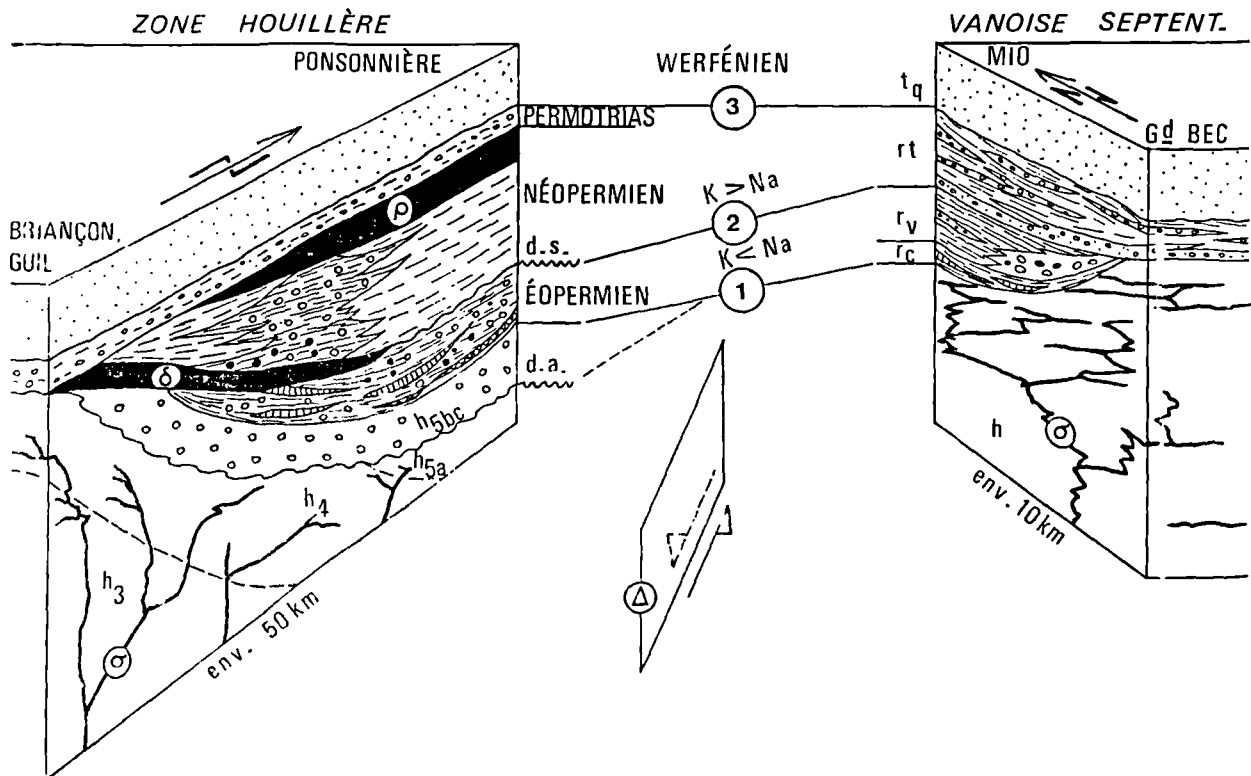


Fig. 6. — Corrélations hypothétiques entre le Permien de la Zone houillère (d'après Fabre et Feys, 1966) et celui de la série de Mio (fig. 3).

Zone houillère : h<sub>3</sub>, Namurien. — h<sub>4</sub>, Westphalien. — h<sub>5a</sub>, Stéphanien inférieur. — h<sub>5bc</sub>, Stéphanien moyen-supérieur passant au Permien probable. — σ, diorites (filons et sills). — δ, dacites. — ρ, rhyolites. — d.a., discordance asturienne. — d.s., discordance saalienne (?).

Série de Mio : h, Carbonifère présumé indifférencié. — σ, diorites et gabbros. — r<sub>c</sub>, r<sub>v</sub>, r<sub>t</sub>, t<sub>q</sub> : voir fig. 2 et 3. 1, 2, 3, corrélations envisagées. — Δ, décrochement senestre intrabriançonnais.

Fig. 6. — Tentative correlations between Permian in the « Zone houillère » (Fabre et Feys, 1966) and Permian of northern Vanoise (detailed in fig. 3).

Zone houillère : h<sub>3</sub>, Namurian. — h<sub>4</sub>, Westphalian. — h<sub>5a</sub>, Early Stephanian. — h<sub>5bc</sub>, Middle and Upper Stephanian, with a continuous transition to Permian (?). — σ, dioritic sills and veins. — δ, dacite. — ρ, rhyolite. — d.a., Asturian unconformity. — d.s., Saalian (?) unconformity.

Roche de Mio series : h, « Carboniferous ». — σ, dioritic and gabbroic sills. — r<sub>c</sub>, r<sub>v</sub>, r<sub>t</sub>, t<sub>q</sub> : see fig. 2 and 3. 1, 2, 3, correlations proposed by the authors. — Δ, sinistral strike-slip alpine fault between Zone houillère and Vanoise.

montré que le Permien est au contact direct des mica-schistes de l'Arpont, série polymétamorphique (Bocquet-Desmons, 1974) représentant le socle probable du Carbonifère de Mio-Bellecôte. L'érosion antépermienne y serait donc plus marquée et, localement (glacier du Génépy; Goffé, 1975), le Permien débute par une brèche à éléments de socle. Nous avons revu cet affleurement avec Goffé, puis avec Fabre et, avec ce dernier, pensons que s'il y a bien quelques galets de socle, nombre d'autres sont syndédimentaires et traduiraient l'instabilité de cette brèche sur une pente assez forte.

Dans la Zone houillère, on notera les points suivants: 1) plus au Nord (15 km à l'ENE du Mont Pourri), le Permien (Permo-Trias?) peut venir en discordance jusque sur le cristallin du Ruitor, socle de la Zone houillère (Caby, 1968); 2) à l'Ouest et au Sud-Ouest du secteur étudié, le Permien surmonte en discordance les « gneiss du Sapey » dont la signification ne sera pas abordée ici (voir Ellenberger, 1966; Détraz, 1984).

Ici, dans la Zone houillère, le Permien discordant est mince et réduit au Permo-Trias (Fabre, 1958; Fabre et Feys, 1966). Mais 50 km plus au Sud, la série se complète vers le bas et surmonte des assises datées du Stéphanien (voir fig. 6). Entre la série décrite et celle de Mio, on peut noter des ressemblances: 1) sills dioritiques présents dans le Carbonifère et non dans le Permien; 2) présence à la base du Permien d'un horizon vert discontinu, de schistes gris, de bancs carbonatés; 3) coupure médiane, lithologique avec une série pourprée surmontée d'une série « livide », et géochimique avec inversion du rapport  $\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$ ; 4) passage concordant, avec récurrences, du sommet de la série aux quartzites werféniens.

On peut donc envisager les corrélations indiquées sur la fig. 6, mais il faut en souligner les incertitudes.

On notera en particulier, dans la Zone houillère, que l'Eopermien est concordant sur le Stéphanien, que la coupure médiane est marquée par une discordance dite « saalienne », que dans la série livide plus riche en  $\text{K}_2\text{O}$  les faciès sont variés dans le détail avec passages latéraux à des assises versicolores.

Les corrélations dépendent ainsi de l'alternative suivante:

1°) la discordance « saalienne » est un phénomène général et la série de Vanoise septentrionale, discordante sur le Carbonifère, correspondrait au Néopermien suivi du Permo-Trias, ce dernier passant en continuité au Werféniens; il y aurait alors diachronisme d'une part des faciès carbonatés de la base, d'autre part de la coupure géochimique;

2°) il y a isochronisme des faciès carbonatés et de la coupure géochimique, et alors la discordance « saalienne » intrapermienne est locale et ne se marquerait en Vanoise que par des biseaux stratigraphiques. Dans le cadre de cette dernière conception, la discordance du Permien dans la Zone Vanoise-Ambin, pourrait être la discordance asturienne (avec lacune du Stéphanien moyen-supérieur).

C'est la solution adoptée sur la fig. 6, mais faute de datations objectives il ne peut s'agir que d'une hypothèse. Ces corrélations ne concernent que la série de Mio, et qu'elles soient établies avec des séries de la Zone houillère situées 50 km au SSW n'est pas incohérent si l'on admet que le contact Zone houillère-Vanoise correspond à un décrochement senestre important (Goguel, 1963; Raoult, 1980b; Ricou, 1984). La série de la face nord de Bellecôte peut encore être corrélée avec les précédentes; il n'en est plus de même pour les séries de la face sud où le Permien est réduit, le plus souvent représenté par le seul Permo-Trias, et où des reliefs suffisants pour interdire toute sédimentation auraient persisté jusqu'au début de l'Anisien.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1) AINARDI J.L. (1976). — Le Permo-Trias épimétamorphique de la Région de La Plagne - Champagny-en-Vanoise (Alpes occidentales françaises). Caractères pétrographiques et géochimiques des minéralisations uranifères et de leur environnement. Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Nancy, 140 p., 25 fig., 7 pl., ronéot.
- 2) BOCQUET-DESMONS J. (1974). — Etudes minéralogiques et pétrologiques sur les métamorphismes d'âge alpin dans les Alpes françaises. Thèse, Univ. Grenoble, 490 p., 104 fig., 39 tabl., 20 pl., ronéot.
- 3) BROUDOUX B. (1985). — Géologie des unités de Vanoise septentrionale et méridionale de Pralognan à Tignes (Alpes de Savoie). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, U.S.T. Lille I, 237 p., 155 fig., 4 pl. ph., 4 pl. h.t.
- 4) CABY R. (1968). — Contribution à l'étude structurale des Alpes occidentales: subdivisions stratigraphiques et structure de la zone du Grand Saint-Bernard dans la partie sud du Val d'Aoste (Italie). *Géologie alpine*, t. 44, p. 95-111, 5 fig., 1 carte.
- 5) DEBELMAS J. et coll. (1982). — Alpes de Savoie. Guides géol. régionaux, Masson éd., 182 p., 148 fig.
- 6) DÉTRAZ G. (1984). — Etude géologique du bord interne de la zone houillère briançonnaise entre la vallée de l'Arc et le Massif de Péclet-Polset (Alpes de Savoie). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Grenoble, 174 p., 90 fig., 5 pl. h.t., ronéot.
- 7) ELLENBERGER F. (1958). — Etude géologique du pays de Vanoise. *Mém. carte géol. Fr.*, 561 p., 111 fig., 8 tabl., 42 pl., 8 pl. h.t.

- 8) ELLENBERGER F. (1966). — Le Permien du pays de Vanoise. *Mem. Soc. Toscana Sc. Nat.*, Pise, Atti Symp. Verrucano, p. 170-211, 4 fig.
- 9) ELLENBERGER F. et SALIOT P. (1967). — Tectonique « pennique » à découvert : le grand pli couché de Vanoise septentrionale et ses structures de détail surimposées. *C.R. Ac. Sc.*, t. 264, p. 1569-1572, 1 fig., 1 pl.
- 10) FABRE J. (1958). — Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie). *Mém. du B.R.G.M.*, 315 p., 52 fig., 10 pl., 1 carte et 7 pl. h.t.
- 11) FABRE J. et FEYS R. (1966). — Les séries bariolées du Massif de Rochachille. Leurs rapports avec le « Verrucano » de Briançon et les « Permians » de Maurienne et de Tarentaise. *Mem. Soc. Toscana Sc. Nat.*, Pise, Atti Symp. Verrucano. p. 143-169, 7 fig., 2 tabl.
- 12) GAY M. (1972). — Le massif d'Ambin et son cadre de Schistes Lustrés (Alpes franco-italiennes). Evolution métamorphique. *Arch. Sc. Genève*, vol. 25, fasc. 1, p. 5-100, 2 fig., 20 tabl., 4 pl.
- 13) GOFFÉ B. (1975). — Etude structurale et pétrographique du versant occidental du massif paléozoïque de Chasseforêt (Vanoise méridionale). Thèse 3<sup>e</sup> cycle. Univ. Paris-Sud - Orsay, 112 p., 13 fig., 27 tabl., ronéot.
- 14) GOGUEL J. (1963). — L'interprétation de l'arc des Alpes occidentales. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. V, n° 1, p. 20-33, 4 fig.
- 15) LEFÈVRE R. (1982). — Les nappes briançonnaises internes et ultrabriançonnaises dans les Alpes cottiennes méridionales. Thèse, Univ. Paris-Sud - Orsay, 435 p., 46 fig., 5 pl. h.t., ronéot.
- 16) PERUCCIO-PARISON M.D. (1984). — Problèmes pétrochimiques et structuraux en Vanoise septentrionale (Savoie). Thèse 3<sup>e</sup> cycle, Univ. Paris-Sud - Orsay, 363 p., 106 fig., 4 pl. h.t., ronéot.
- 17) PUPIN J.P. (1976). — Signification des caractères morphologiques du zircon commun des roches en pétrologie. Base de la méthode typologique. Applications. Thèse, Univ. Nice, 394 p. et annexes, 220 fig., 18 tabl., 36 pl., ronéot.
- 18) RAOULT J.F. (1980a). — Caractère transgressif du Trias de Bellecôte en Vanoise : implications tectoniques. *C.R. Ac. Sc.*, t. 291, p. 47-50, 1 fig.
- 19) RAOULT J.F. (1980b). — Interprétation nouvelle de la Vanoise (zone briançonnaise, Alpes françaises). *Rev. Géol. dyn. Géogr. phys.*, vol. 22, fasc. 4-5, p. 303-312, 4 fig.
- 20) RICOU L.E. (1984). — Les Alpes occidentales : chaîne de décrochement. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. XXVI, n° 5, p. 861-874, 2 fig.
- 21) SALIOT P. (1978). — Le métamorphisme dans les Alpes françaises. Thèse, Univ. Paris-Sud - Orsay, 190 p., 39 fig., ronéot.
- 22) SCHADE J. (1983). — Le synclinal de St Martin de Belleville et son Permien uranifère. Thèse 3<sup>e</sup> cycle. Univ. Grenoble. 250 p., 162 fig., ronéot.



## Géochimie des calcaires et encroûtements du Malm à l'Eocène en Vanoise : données préliminaires (Zone Briançonnaise interne, Alpes)

### Malm to Eocene hard-grounds and limestones geochemistry : preliminary results (Vanoise, Internal « Briançonnaise Zone », Alps)

par B. BROUDOUX (\*), P. DEBRABANT (\*\*) et J.F. RAOULT (\*)

*Résumé.* — L'analyse des éléments majeurs et en traces de 121 échantillons, permet d'établir diverses relations entre  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $MgO$ ,  $CaO$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$  et  $TiO_2$ , Li, Ni, Cr, V... Il en ressort que la plupart de ces oxydes et éléments sont essentiellement liés à la phase aluminosilicatée détritique ; le métamorphisme qui a transformé l'aspect des roches n'en a pas fondamentalement modifié la géochimie globale. L'étude de celle-ci permet d'envisager des variations du taux de sédimentation, des influences volcanogéniques lointaines (au sommet du Malm), et enfin des corrélations chimiostatigraphiques. Ces dernières restent à affiner et seront d'autant plus utiles que les fossiles ont pratiquement disparu. Par comparaison avec la zone type de Briançon, plus au Sud, on soulignera que le Briançonnais de Vanoise a subi au Malm une subsidence beaucoup moins marquée.

*Abstract.* — *The thermodynamic effects related to the Alps formation in the Vanoise Massif (France) did not completely obliterate the geochemical characteristics contemporary with the sedimentation. The geochemical study of 121 tectonized and metamorphized mesozoic sediments allows to establish relationships between major and trace elements, which can be compared with those appearing in the Atlantic Ocean. Some paleoenvironmental interpretations can be proposed. The geochemical changes observed suggest modifications of sedimentation rates, of volcanic activity (peculiarly during Malm), and allow stratigraphic correlations between azoic series. It is confirmed that the northern Briançonnais (Zone of Vanoise) was subjected to less pronounced subsidence than the southern part.*

#### INTRODUCTION

Autour de Pralognan-la-Vanoise, les séries carbonatées Briançonnaises constituent des reliefs importants rapportés aux parties occidentale, septentrionale et méridionale de la Vanoise (Ellenberger, 1958 et fig. 1). Les séries carbonatées de l'Anisien à l'Eocène moyen-supérieur (?) surmontent une « série siliceuse » du Carbonifère *pro parte* - Permien-Werfénien, stratigraphiquement ou non selon les points (Raoult, 1980 a, b ; Raoult *et al.*, 1984).

L'unité allochtone de la Grande Motte possède une puissante formation liasique de calcschistes siliceux,

alors qu'ailleurs le Lias manque (sites 1 à 4, fig. 1). Une autre lacune majeure et générale est celle du Crétacé inférieur. Les marbres du Malm sont surmontés par des calcschistes ou « marbres chloriteux » contenant des niveaux d'encroûtement classiquement nommés hard-grounds (Ellenberger, 1958) ; débutant au plus tôt dans l'Albo-Cénomaniens (?), ils représentent une sédimentation lacuneuse et condensée du Crétacé supérieur, du Paléocène et de l'Yprésien (Ellenberger, 1958 ; Ellenberger et Raoult, 1979).

Ces marbres chloriteux correspondent aux calcaires planctoniques en plaquettes connus plus au Sud dans la région type de Briançon, où ils surmontent alors en

(\*) Laboratoire de Géologie structurale et régionale, U.S.T. Lille I, 59655 Villeneuve d'Ascq et U.A 719 du C.N.R.S.

(\*\*) Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie, U.S.T. Lille I, 59655 Villeneuve d'Ascq et U.A. 719 du C.N.R.S.

Note présentée le 7 Décembre 1983 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 5 Juin 1985.

divers points des argilites et jaspes du Vracono-Céno-manien et des calcaires lités à silex du Crétacé inférieur (voir par ex. Debelmas, 1955 ; Bourbon, 1980). Là, le Malm débute fréquemment par des niveaux radiolariques suivis de faciès noduleux dont les équivalents n'existent pas en Vanoise. Les séries de Briançon ont fait l'objet d'analyses géochimiques visant à mieux caractériser les domaines sédimentaires et leurs paléo-environnements (Bourbon, 1980 ; Brosse, 1982). Il semblait donc utile de tenter une approche similaire dans les séries de Vanoise, en nous limitant aux faciès pélagiques du sommet du Malm et des marbres chloriteux.

## I. — TECHNIQUES D'ETUDES ET SERIES ANALYSEES

Les résultats analytiques sont rassemblés dans le tableau I. Il y a eu 121 échantillons analysés : 31 du sommet du Malm briançonnais et, à titre de comparaison, 6 de la série dauphinoise interne, moins métamorphique ; 29 de calcschistes crétacés ou supposés tels ; 27 de marbres chloriteux du Paléocène - Yprésien (?) ; 28 de hard-grounds.

Si 21 échantillons de hard-grounds ont été analysés au Centre de Recherches pétrographiques et géochimiques (C.R.P.G.) de Nancy, 100 autres échantillons (dont 7 de hard-grounds) ont été dosés au Laboratoire de Géochimie de Lille par absorption moléculaire et absorption atomique (Pinta, 1971). Pour ceux-ci, Ba, Rb et la perte au feu (PF) n'ont pu être dosés ; à l'inverse, Zn, Li et Pb n'apparaissent pas dans les données fournies par le C.R.P.G.

Le tableau I a été établi d'après les analyses de Accarie (1983, éch. HG, MC et MCC), de Broudoux (1982, éch. B 81- et JFR 77 à 81-), de Datcharry (1982, éch. BDY), de Langlet (1983, éch. PL). Les autres analyses plus récentes sont de Broudoux.

Les paramètres utilisés dans ce tableau sont les suivants (Maillot, 1980 ; 1983, p. 37 à 43) :

$$\text{Mn}^* = \log \left[ \frac{\text{Mn échantillon}}{\text{Mn shales}} / \frac{\text{Fe échantillon}}{\text{Fe shales}} \right],$$

$$\text{soit } \log \left[ 76,67 \frac{\text{Mn échantillon}}{\text{Fe échantillon}} \right]$$

avec Mn = 600 ppm et Fe = 4,6 % pour les « shales » de référence (Wedepohl, 1978).

$$\text{D}^* = \text{Al}/(\text{Al} + \text{Fe} + \text{Mg}) ;$$

$$\text{Mg}^* = \text{MgO}/\text{Al}_2\text{O}_3 ;$$

$$\text{Si}^* = \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3.$$

Mn\* caractérise les variations relatives des teneurs en Fe et Mn par rapport à celles de « shales » de référence (Wedepohl, 1978). Pour  $\text{Mn}^* \simeq 0$ , on a un milieu normal de mer ouverte. Très schématiquement, après enrichissement en Mn et Fe,  $\text{Mn}^* < 0$  indique une sédimentation en milieu réducteur et/ou à fort taux de dépôt.  $\text{Mn}^* > 0$  indique un milieu oxydant, et Mn\* est alors d'autant plus élevé que le taux de sédimentation est plus faible.  $\text{Mn}^* \gg 0$  indique le voisinage de venues volcaniques sous-marines, mais non la proximité immédiate d'une dorsale (Debrabant et Foulon, 1979).

D\* (Boström *et al.*, 1969) caractérise l'intensité des influences détritiques par rapport aux précipitations métallifères d'origine océanique. Dans un « shale » type, D\* avoisine 0.63. Des valeurs supérieures traduisent une augmentation des apports terrigènes. Des valeurs inférieures reflètent une diminution de ces derniers et des influences métallifères mieux marquées dues, par exemple, à un volcanisme océanique proche ou à un ralentissement de la sédimentation.

Mg\* avoisine 0.2 dans un « shale » banal. Des valeurs supérieures s'observent généralement dans les carbonates du fait de leur enrichissement en Mg<sup>2+</sup>. La présence de carbonates magnésiens peut être suspectée si Mg\* est important.

Si\* enfin varie de 3 à 4 dans les argiles ; des valeurs supérieures traduiront en général l'existence de silice libre détritique ou biogénique.

Notons que ces divers paramètres ne peuvent avoir de signification que dans les calcaires plus ou moins argileux et les marno-calcaires (marbres et calcschistes actuellement), et non dans les encroûtements métallifères et phosphatés (hard-grounds) dont la géochimie est particulière.

Prélevés en divers sites (fig. 1), les échantillons proviennent de séries sensiblement isopiques pour les niveaux considérés. La succession des couches est donnée par la fig. 2. Il s'agit là d'une vue schématique. En effet, les déformations symmétamorphiques (foliations et schistosités superposées), l'acquisition d'un litage tectonique, la destruction quasi générale des microfaunes ne permettent pas de placer de manière rigoureuse les échantillons en regard d'une telle colonne, ni de corrélérer avec précision les diverses coupes levées sur le terrain, correspondant toutes à des séries condensées et lacuneuses.

## II. — ANALYSE DES DONNEES ET DES CORRELATIONS

### 1) Diagramme Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Pour les calcaires du Malm, les teneurs sont très faibles (fig. 3), parfois aux limites des dosages ou erreurs analytiques. La corrélation est bonne, mais en partie artificielle car les éléments sont concentrés dans les impuretés des carbonates qui représentent 90 % de la roche (Bourbon, 1980).

Dans les marbres chloriteux du Paléocène-Yprésien, la corrélation est bonne et la majorité du fer doit être liée aux apports argileux détritiques,  $Al_2O_3$  et  $Fe_2O_3$  étant associés au moins pour l'essentiel dans la phase aluminosilicatées. Cependant, une partie du fer est présente sous forme d'oxyde diffus, même quand les phyllites sont très rares, et peut alors être d'origine océanique ou détritique. Au Crétacé supérieur, la corrélation est moins bonne; une partie du fer pourrait être d'origine océanique (cf. *infra*), bien qu'il n'y ait

pas de relation nette entre les anomalies en Fe et Mn (sauf pour l'éch. PL 35, site 3).

## 2) Diagrammes $Al_2O_3 - MgO$ et $Fe_2O_3 - MgO$ .

Dans les marbres chloriteux *s.l.*, la corrélation correspond sensiblement à celle d'une phase argileuse détritique classique. Les liaisons sont plus significatives dans le Paléocène, plus riche en phengites et en chlorites, celles-ci ayant un caractère légèrement magnésien

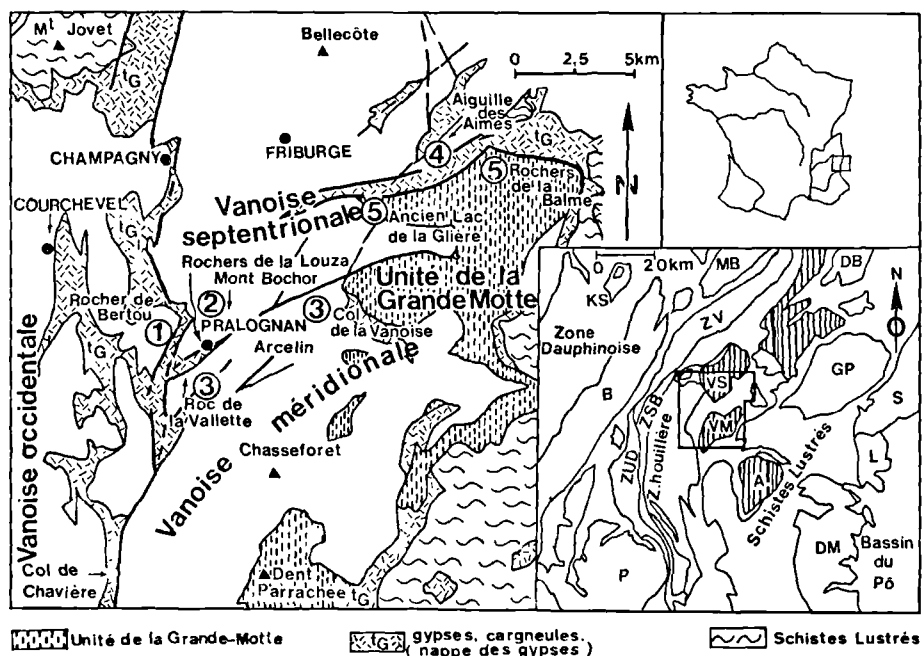


Fig. 1. — Schéma géologique et localisation des sites étudiés.

*En cartouche*, situation générale. — En barré vertical: socles paléozoïques d'Ambin (A), de Vanoise (VM, VS), et au NE du Ruitor. — A: Ambin. — B: Belledonne. — DM: Dora-Maira. — DB: Dent-Blanche. — GP: Grand-Paradis. — KS: klippe de Sulens. — L: Lanzo. — MB: Mont-Blanc. — P: Pelvoux. — S: Sezia. — VM: Vanoise méridionale. — VS: Vanoise septentrionale. — ZSB: Zone subbriançonnaise. — ZUD: Zone ultra-dauphinoise. — ZV: Zone Valaisane.

*Sites étudiés*: 1: Rocher de Bertou, au Nord du massif de la Portetta. — 2: Rochers de la Louza au Nord immédiat de Pralognan, et Mont Bochor plus à l'Est. — 3: Chaînon du Roc de la Vallette et ses prolongements vers l'Est (Arcelin et Rocher du Génepy). — 4: Aiguille des Aïmes, partie orientale de la Vanoise septentrionale. — 5: Unité de la Grande-Motte (tiretés verticaux) avec un site à l'Ouest (ancien Lac de la Glière) et un à l'Est (Rochers de la Grande Balme). —  $t_G$ : gypse et carneules soulignant certains contacts majeurs, et constituant en particulier la « nappe des Gypses », semelle des Schistes lustrés allochtones du Mont Jovet (angle NW).

Fig. 1. — Geological schema and localization of studied sites.

In Cartridge, general view: Striped: Ambin (A), Vanoise (VM, VS), and to the NE of Ruitor, Paleozoic shields. Studied sites: 1: Bertou Rock, to the North of the Portetta massif. — 2: Louza Rocks to the near North of Pralognan, and Mont-Bochor more to the West. — 3: The Vallette Rock secondary chaine and his lenthening toward the East (Arcelin and Genepy Rocks). — 4: Aiguille des Aïmes eastern part of the northern Vanoise. — 5: The Grande-Motte Unit (upright pecket line) with a site to the West (Gliere lake) and one to the East (Grande Balme Rock). —  $t_G$ : Gypsum and « carneules » (dolomitic breccias) underlining some major accidents, and constituting particularly the « nappe des Gypses », under allochthone « Schistes lustrés » of Mont-Jovet (NW corner).

en p.p.m. en %

Grands	Lieux	Echantillon	Age	en %										en p.p.m.																
				SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	PF	Na	Cr	Mn	Zn	En	Li	Cl	Co	Cu	Pb	V	Nb	CaO <sub>3</sub>	Total	Mn <sup>n</sup>	Si <sup>n</sup>	Mg <sup>n</sup>
A	Rocher de Lertou	Bo 1	hg	32,63	11,94	21,64	12,95	3,01	1,51	0,67	1,18	> 1,5	5,84	431	186	6,20	315	118	> 150	48	308	28		91,35	80,73	91,95	0,96	0,60	0,79	2,84
		Bo 2	hg	6,9	2,43	1,12	45,21	1,92	0,08	0,55	0,06				405	261	100	15	25	0	92	19	20		84,05	88,60	0,65	0,64	1,2	2,91
		Bo 3	hg	12	4,12	1,44	35,87	4,95	0,08	1,54	0,09				295	673	132	20	31	13	105	15	30		80,30	92,33	0,75	0,62	0,92	2,18
		Bo 4	hg	5,2	2,39	1,03	44,97	2,19	0,42	0,62	0,02				310	526	63	14	30	10	60	11	17		82,39	93,25	0,76	0,69	0,33	1,35
		Bo 5	hg	6,8	2,03	0,63	46,14	0,64	0,06	0,61	0,06				416	326	63	6	23	11	171	4	11	10	83,55	92,24	0,79	0,67	1,23	3,01
	Vannee occidentale	Bo 1	hg	4,4	1,46	0,50	46,78	1,79	0,12	0,22	0,09				337	279	132	13	24	16	94	20	9	10	66,82	86,55	0,51	0,63	2,05	2,19
		Bo 2	hg	6,1	2,79	1,17	37,42	8,15	0,35	0,65	0,06				167	342	126	14	21	10	100	18	10		91,45	93,50	1,16			
		Bo 3	hg				0,10	51,21	0,52	0,01	0,07		1,10		163	132	121		16	8	71	4	15							
		Bo 4	hg	24,5	7,47	2,47	31,01	1,40	0,40	1,05	0,18				426	1015	163	54	82	33	183	1	24	70	55,38	94,80	0,65	0,68	0,19	3,28
		Bo 5	hg	3,5	1,62	0,72	47,18	0,61	0,22	0,27	0,03	1,66			458	598	105	7	123	0	112	3	10	20	94,47					
B	Rochers d la Louza, Mont Doehor	Bo 1	hg	4,1	1,62	0,76	47,03	0,59	0,07	0,34	0,03			484	537	79	9	31	12	< 150	10	13	10	81,95	92,61	0,89	0,60	0,36	2,53	
		Bo 2	hg	6,3	2,79	0,96	43,93	2,11	0,05	0,96	0,08			300	342	58	16	28	10	100	4	18	20	78,50	94,25	0,59	0,68	0,76	2,26	
		Bo 3	hg	7,1	3,39	1,36	48,02	4,10	0,30	0,78	0,08			321	505	205	33	37	22	276	4	17	20	87,54	100,72	0,61	0,64	1,21	2,09	
		Bo 4	hg	0,7	0,2	0,25	50,51	0,42	0,02	0,10	0,08		3,08		216	84	100	3	16	15	72	7	34		90,20	95,88	0,58	0,38	2,1	2,5
		Bo 5	hg	1,4	0,63	0,27	50,24	0,68	0,02	0,16	0,02			342	132	100	4	16	0	79	6	34		89,71	93,82	0,73	0,62	1,08	2,22	
	Vannee septentrionale	Bo 1	hg	8,6	2,97	1,45	45,79	0,63	0,26	0,62	0,07			479	268	416	10	20	16	178	6	3	20	81,77	97,34	0,31	0,6	0,21	2,9	
		Bo 2	hg	18,6	4,02	2,13	37,68	0,81	0,34	0,67	0,07			442	768	95	22	28	27	160	6	20	30	87,29	94,99	0,60	0,58	0,2	4,63	
		Bo 3	hg	17,56	5,96	3,24	28,09	1,27	0,17	1,48	0,38	> 1,5	9,03	1158	408	930		403	128	> 150	< 10	210	66	76,3						
		Bo 4	hg	5,8	2,22	0,89	46,87	0,63	0,05	0,84	0,05			284	426	79	12	29	15	127	8	19	20	83,70	94,87	0,72	0,64	0,28	2,61	
		Bo 5	hg	11,6	4,05	1,99	41,23	0,74	0,06	1,39	0,10			395	579	37	14	24	9	127	8	19	40	73,80	95,07	0,51	0,60	0,18	2,91	
C	Roc da la Vallotto	Bo 1	hg	2,9	1,68	0,43	48,98	0,55	0,03	0,34	0,04			268	305	100	9	18	3	96	15	10		87,46	94,45	0,89	0,73	0,33	1,73	
		Bo 2	hg	0,4	0,3	0,45	53,55	0,33	0,06	0,10	0,1			247	116	137		7	3	117	3	2		95,63	97,78	0,46	0,33	1,3	1,32	
		Bo 3	hg	7,3	0,45	0,41	47,47	0,35	0,14	0,04	0,1			452	5307	174	1	38	80	125	2	20	10	84,77	94,66	2,15	0,25	0,78	16,22	
		Bo 4	hg	14,2	5,98	1,8	35,76	1,19	0,41	1,07	0,1	0,19		468	4700	68	20	104	16	102	1	50	40	63,85	88,79	1,46	0,65	0,2	2,27	
		Bo 5	hg	30,8	11,85	4,15	22,45	1,79	0,79	1,57	0,21	0,06		542	747	184	63	76	48	141	7	40	70	40,09	91,31	0,27	0,68	0,15	2,6	
	Vannee meridionale	Va 1	hg	15,21	3,8	34,81	23,01	2,27	0,03	0,04	0,89	> 2,0	11,33	120	424	5190		704	> 150	< 10	380	79		82,69						
		Va 2	hg	7,7	2,84	0,62	45,28	0,54	0,38	0,46	0,1	0,43		518	448	4618		479	> 150	< 10	248	42		80,85	93,92	1,81	0,85	0,19	2,71	
		Va 3	hg	2,9	1,06	0,64	49,75	0,36	0,41	0,06	0,18			510	2651	505	18	3	184	7	34	10		88,83	94,44	1,66	0,44	0,34	2,74	
		Va 4	hg	2,6	1,19	0,9	51,72	0,74	0,34	0,17	0,05	0,06		536	594	71	1	21	3	145	6	33	10	92,35	97,9	0,89	0,49	0,20	2,18	
		Va 5	hg	19,5	5,59	1,75	35,10	0,48	0,41	0,7	0,42	0,09		620	741	31	21	28	23	122	9	44	30	62,68	91,78	0,67	0,69	0,17	3,42	
Vannee orientale	Va 1	hg	11,4	3,04	2,28	42,96	0,75	0,29	0,51	0,1	0,06		736	815	31	13	24	04	70	23	43	20	76,72	96,05	0,59	0,55	0,19	2,89		
	Va 2	hg	15,5	5,49	2,01	38,21	1,11	0,34	0,85	0,1	0,07		710	2656	57	17	71	16	68	11	49	30	64,24	93,73	1,16	0,63	0,20	2,82		
	Va 3	hg	0,7	0,92	0,63	54,67	0,21	0,03	0,14	0,14	0,07		552	252	10	10	12	6	60	5	44	10	93,64	100,21	0,54	0,52	0,25	0,76		
	Va 4	hg	9,8	3,97	1,6	43,98	0,98	0,6	0,6	0,1	0,05		767	894	36	71	24	5	46	19	41	20	78,58	96,28	0,78	0,63	0,25	2,47		
	Va 5	hg	10,8	2,08	1,08	45,45	0,53	0,12	0,28	0,05	0,24		310	499	10	10	8	1	23	3	31	10	93,80	95,13	1,14	0,43	0,47			
Arcolin	Ar 1	hg	5,5	3,15	2,11	45,28	0,75	0,13	0,68	0,05	0,06		410	778	11	7	27	6	83	6	41	30	81,36	94,79	0,61	0,52	0,24	1,75		
	Ar 2	hg	0,1	0,66	0	54,02	0,27	0,07	0,03	0,03	0,06		352	131	142	1	9	3	34	5	51	10	96,16	97,3		0,97	0,41	0,15		

Tableau I.



Grands	Echantillons	Lieux	Age	Facès	en %														en p.p.m.														
					SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Mn <sub>2</sub> O	F <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PF <sub>3</sub>	Ba	Sr	Mn	Zn	Li	MI	Cr	Co	Cu	Pb	V	Rb	% CaCO <sub>3</sub> Total	M <sup>+</sup>	M <sup>+</sup>	S <sup>+</sup>			
Unité de la Grande Motte	Rochers de la Grande Motte	Zone dauphinoise	191	mg	3,4	1,39	0,1	49,7	0,68	0,05	0,30	0,03	ND	384	295	184	8	16	16	90	7	10	10	88,47	94,42	1,52	0,88	0,49	2,45				
					2,4	0,64	0,53	52,2	0,45	0,04	0,14	0,02	ND	321	337	300	2	12	14	72	6	14	10	92,92	97,14	0,80	0,46	0,7	3,75				
					2,5	0,45	0,38	52,85	0,43	0,05	0,13	0,02	ND	300	279	316	2	17	12	97	8	15	10	94,07	98,03	0,95	0,45	0,96	5,55				
					1,1	0,37	ND	52,95	0,35	0,02	0,09	0,01	ND	368	573	352	0	15	14	125	9	8	0	94,25	96,19	0,75	0,69	0,27	4,13				
					1,0	0,27	0,08	52,53	0,4	0,03	0,06	ND	ND	310	237	489	1	11	12	66	8	9	0	93,57	95,43	1,44	0,65	1,48	3,70				
					0,7	0,16	0,23	55,0	0,63	0,03	0,07	ND	ND	326	463	195	0	13	12	130	9	11	0	97,9	99,72	1,28	0,34	3,94	4,38				
					Rosefond	Cornet de Rosefond	Zone dauphinoise	191	mg	21,67	5,57	10,03	27,79	1,7	0,25	1,65	1,13	> 1,5	14,58	903	440	2092	601	73	> 150	< 10	203	47	85,54				
										8,19	4,05	11,05	35,64	2,48	0,02	0,62	0,28	> 1,5	22,25	64	350	50334	938	69	> 150	25	232	17	88,47				
										18,4	1,75	8,32	34,89	0,53	0,44	0,27	> 1,5	19,44	312	635	5500	324	54	112	10	163	20	92,75					
										17,23	2,28	11,47	33,78	0,77	0,04	0,22	0,44	> 1,5	20,09	896	571	11845	615	64	> 150	< 10	274	26	87,30				
										34,54	11,35	14,91	15,78	1,2	0,56	3,07	2,62	> 1,5	10,43	2000	231	1365	316	96	95	< 10	235	137	94,64				
										27,97	6,45	22,5	22,61	1,46	0,33	2,34	1,03	> 1,5	7,64	1092	444	852	412	82	101	< 10	366	58	85,44				
										19,71	7,02	21,07	23,97	1,57	0,39	1,34	1,55	> 1,5	8,35	1140	459	852	414	75	104	< 10	347	58	85,02				
										14,57	3,16	15,02	32,68	0,96	0,35	0,32	0,32	> 1,5	10,57	933	601	1549	181	75	92	62	201	26	78,13				
										23,65	11,31	19,28	14,02	1,60	0,83	2,16	2,96	> 2,0	6,65	1435	242	1549	685	133	> 150	64	383	98	93,76				
										19,37	3,43	20,49	27,22	1,43	0,41	0,12	0,45	> 2,0	6,75	266	463	1937	487	75	> 150	< 10	425	29	79,92				
										39,79	17,79	23,48	4,32	1,02	1,97	2,53	4,34	> 2,0	3,3	1594	180	155	104	101	40	62	286	97	97,56				
										41,0	10,72	18,09	11,08	2,20	0,97	0,98	0,8	5,45	221	1299	852	106	1063	32	460	175	23	250	94,48				
										10,42	6,06	6,09	34,26	4,76	0,01	0,01	0,35	> 2,0	14,25	69	454	4078	285	101	97	42	276	20	76,22				
18,05	2,09	17,97	26,55	1,15						0,03	0,15	0,37	> 2,0	7,59	219	427	1549	394	107	110	64	321	20	76,15									

Tableau I. — Analyses géochimiques (sites numérotés de 1 à 5 localisés fig. 1 ; succession des faciès, fig. 2).

*Symbôles et abréviations.* — > : Valeur supérieure au taux indiqué de détection maximale. — ε : traces. — + : valeur inférieure au taux de détection minimale. — ND : non déterminé. — En blanc : dosage non effectué ou paramètre non calculé.

*Âges :* J. : Malm. — c<sub>s</sub> : Crétacé supérieur. — pe<sub>i</sub> : Paléocène - Eocène inférieur.

*Facès :* hg : hard-ground (encroûtement). — mb : marbre blanc. — mbvv : marbre blanc veiné de vert. — mg : marbre gris. — mgc : marbre gris clair. — mrc : marbre rose chloriteux. — mvr : marbre vieux rose. — sc : schistes calcaireux.

*Table I. — Geochemical data (localization of the sites 1 to 5, see fig. 1 ; succession of the facies, see fig. 2).*  
 Symbols and abbreviations. — > : Upper value at rate of maximum detection. — ε : traces. — + : valeur at rate of mineral detection. — ND : undetermined. — In white : no effected titrage or no calculated parameter.

*Âges :* J. : Malm. — c<sub>s</sub> : Upper Cretaceous. — pe<sub>i</sub> : Palaeocene - Lower Eocene.

*Facies :* hg : hard-ground. — mb : white marble. — mbvv : white marble with green veinlets. — mg : grey marble. — mgc : light grey marble. — mrc : pink chloritic marble. — mrv : rosy marble. — sc : calciferous schists.

déjà noté par Dunoyer de Segonzac (1969). Au Malm, la plupart des échantillons donnent des valeurs trop faibles pour être utilisables (fig. 4 et 5).

Quelques échantillons du Malm et du Crétacé supérieur montrent des valeurs assez fortes en MgO (site 1, Rochers de la Louza, Roc de la Vallette ; fig. 1).

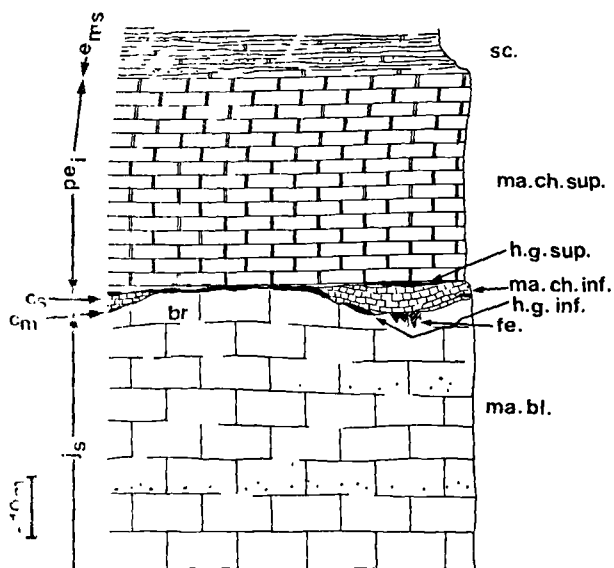


Fig. 2. — Colonne lithostratigraphique synthétique.

Âges attribués :  $c_{ms}$  : Eocène moyen-supérieur (?). —  $pe_1$  : Paléocène à Yprésien (?). —  $c_s$  : Crétacé supérieur. —  $c_m$  : Crétacé « moyen » (?) (Cénomanién ?). —  $j_m$  : Malm.

De bas en haut, on a la succession suivante : *ma.bl.* : marbres massifs, blancs, gris clair, parfois rosés ; la base livre des débris de bélemnites, de nérinées, d'encrinés ; le sommet contient quelques ammonites indéterminables ; les apports détritiques se marquent par des horizons très légèrement sableux (pointillés) et au toit par des niveaux discontinus finement bréchiques (*br.*), à éléments de dolomies (Trias ?), en particulier dans le site 1. Ailleurs (Arcelin), le toit montre des fentes métriques (*fe.*), remplies de marbres chloriteux à galets de Malm. — *h.g.inf.* : hard-ground (encroûtement) inférieur, d'épaisseur centimétrique, collé sur le Malm, à vestiges de foraminifères pélagiques (Cénomanién ?). — *ma.ch.inf.* : marbres chloriteux inférieurs, blanc veinés de vert rougeâtres ou vieux rose (pigment hématitique diffus), relativement pauvres en phyllites, à rares *Globotruncana* du Sénonien. — *h.g.sup.* : hard-ground (encroûtement) supérieur, relativement constant, épais de 1 à 15 cm, souvent noduleux, phosphaté, à microfaune parfois riche avec des *Globotruncana* remaniées, des *Globigerina* et *Globorotalia* du Paléocène et/ou de l'Yprésien (?). — *ma.ch.sup.* : marbres chloriteux supérieurs, riches en phyllites, finement foliés, parfois fissiles à débit schisteux, à patine roussâtre et à cassure vert clair. — *sc.* : « Schistes de Pralognan », avec pélites sombres, calcaires sableux et grès, équivalant au « flysch noir ».

Sur le terrain, on note que le toit du Malm présente localement de fins niveaux bréchiques et dolomitiques, avec sans doute remaniement de dolomies triasiques ; ces niveaux n'ont pas été analysés, mais les plaques minces des échantillons riches en MgO montrent des rhomboédres de dolomite. On notera également que  $Mg^*$  a des valeurs fortes pour la majeure partie des échantillons du Malm briançonnais (mais non pour ceux du Malm dauphinois de Roselend ; tabl. I), et il a pu se produire une légère dolomitisation, soit lors du dépôt, soit lors de la diagenèse (précoce ?). Cela s'ajouterait à des remaniements faibles et localisés de dolomies, se poursuivant jusqu'au Crétacé supérieur (fig. 4) (rappelons que près de Briançon, ce dernier peut être franchement conglomératique).

Au Paléocène-Yprésien,  $Mg^*$  avoisine 0,2, ce qui est la valeur caractéristique des « shales ». Les argiles remaniées à cette époque étaient donc assez pauvres en Mg.

Sur le diagramme  $Fe_2O_3$  - MgO (fig. 5), les résultats sont analogues à ceux du diagramme  $Al_2O_3$  - MgO, avec des corrélations moins bonnes car l'origine du fer est plus variée (océanique et continentale) que celle de l'aluminium ; les échantillons enrichis en MgO se distinguent du lot commun comme précédemment.

### 3) Diagramme CaO - MgO.

Au Malm, CaO (quasi constant) et MgO semblent indépendants, et les fortes valeurs de MgO paraissent

Fig. 2. — Synthetic lithostratigraphic columnar section.

Assigned age :  $e_{ms}$  : Lower-Upper Eocene (?). —  $pe_1$  : Palaeocene to Ypresian (?). —  $c_s$  : Upper Cretaceous. —  $c_m$  : « Middle » (?) Cretaceous (Cenomanian ?). —  $j_m$  : Malm.

Upwards, there is the following succession : *ma.bl.* : white, light grey, sometimes pink, massif marbles ; at base there are remains of belemnites, nerineus, and encrinus ; at top, some indeterminate ammonites ; detritic deposits marked off by very lightness sandy horizon and at bottom by brecciated, discontinued levels (*br.*), with dolomitic elements, particularly in the site 1. Elsewhere (Arcelin), the top shows metric cracks (*fe.*), filled up with chloritic marbles with Malm pebbles. — *h.g.inf.* : lower hard-ground, of centimetric thickness, sticked on Malm, with pelagic foraminifera remains (Cenomanian ??). — *ma.ch.inf.* : lower chloritic marbles, with green veinlets, reddish or rosy (diffused hematitic pigment), relatively poor in phyllites, with rare Senonian *Globotruncana*. — *h.g.sup.* : Upper hard-ground, relatively constant, thick for 1 to 15 cm, often nodular, phosphated, with sometimes rich microfauna, with some reworked *Globotruncana*, with *Globigerina* and *Globorotalia* of Palaeocene and or Ypresian (?). — *ma.ch.sup.* : Upper chloritic marbles, rich in phyllites, schistose, sometimes fissile with schistic splitting, at reddish palina and at light green crack. — *sc.* : « Schistes de Pralognan », with dark pelites, sandy limestones and sandstones, equivalent to « flysch noir ».

liées à des apports détritiques (fig. 6). Au Paléocène-Yprésien, la corrélation négative claire traduit l'enrichissement en phyllites (marqué en particulier par les chlorites) au détriment de la phase carbonatée. On notera que le Crétacé supérieur se situe pour  $\text{CaO} = f(\text{MgO})$  en position intermédiaire entre le Malm et le Paléocène; compte tenu de l'évolution des faciès (fig. 2), la répartition du MgO semble ainsi originelle et non due à une diagenèse profonde ou au métamorphisme.

#### 4) Diagramme $\text{Al}_2\text{O}_3$ - Ti, Li, Ni, Cr, V.

Les droites figurées (fig. 7) ne concernent que les échantillons du Paléocène-Yprésien, les seuls ayant des teneurs significatives. Ces éléments traces sont pour l'essentiel liés à la phase aluminosilicatée détritique. La moins bonne corrélation entre  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et Ni est probablement liée aux variations locales de la vitesse de dépôt: plus la série est condensée, plus l'influence océanique est marquée et plus le taux de Ni croît (Brosse, 1982), ainsi d'ailleurs que Mn, et à un moindre degré Fe, Co, Cu (tabl. I). On ne peut ici faire

appel à des influences volcaniques, car elles sont inconnues à cette époque dans tout le bassin. La corrélation  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{TiO}_2$  est significative, sauf si l'on inclut les échantillons de la Grande Balme enrichis en  $\text{TiO}_2$ . La liaison Fe - Ti reste pour sa part médiocre.

Pour tous les sites, les corrélations au Crétacé supérieur sont analogues aux précédentes, mais nettement moins bonnes. Sur la fig. 7, on a ajouté les droites de corrélation  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{TiO}_2$  du Crétacé supérieur et des hard-grounds paléocènes. Elles sont voisines, et la modification essentielle quant aux apports détritiques se produit après le hard-ground supérieur.

#### 5) Diagramme $\text{MgO}$ - $\text{K}_2\text{O}$ - $\text{Na}_2\text{O}$ .

Ce diagramme triangulaire (fig. 8), où le caractère magnésien du Malm est bien marqué, montre surtout que les échantillons du Paléocène-Yprésien se distribuent en deux groupes: le premier rassemble la quasi totalité de l'échantillonnage en un nuage dense, le second intéresse les prélèvements de l'Aiguille des

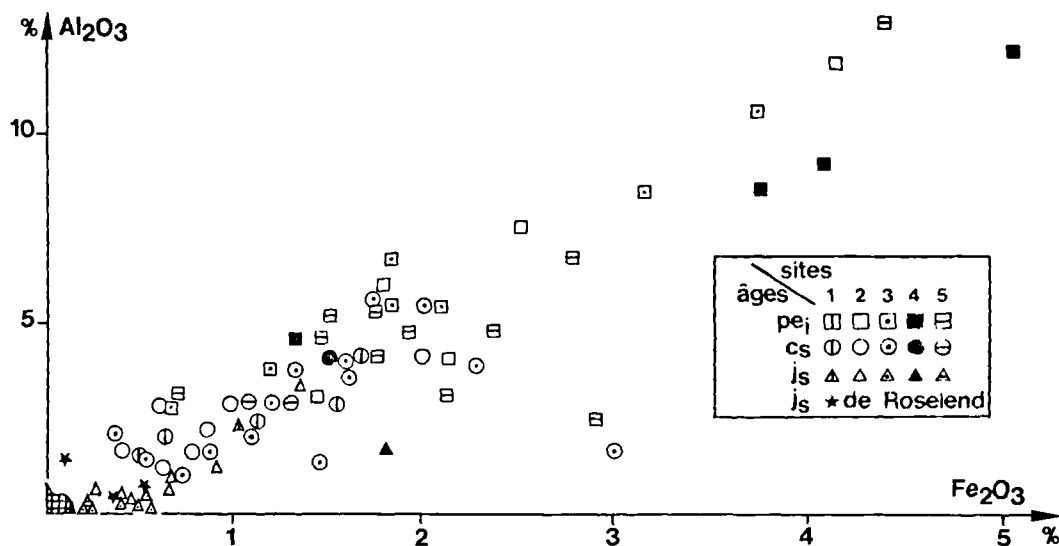


Fig. 3. — Diagramme de corrélation  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ .

Les corrélations sont les suivantes (hard-grounds exclus):

$pe_1$  (27 éch.):  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 3,10 \text{ Fe}_2\text{O}_3 - 1,33$ , avec  $r(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3) = 0,858$ , risque 1 %

$cs$  (29 éch.):  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,03 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 1,43$ , avec  $r(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3) = 0,533$ , risque 1 %

$js$  (31 éch.):  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 1,49 \text{ Fe}_2\text{O}_3 + 0,05$ , avec  $r(\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3) = 0,81$ , risque 1 %

Dans cette dernière relation, les échantillons de Roseiend ne sont pas pris en compte. Pour ceux-ci, seuls quelques symboles (étoiles) sont figurés, les autres se superposant à ceux du Briançonnais proches de l'origine (points groupés: figuré croisé).

Fig. 3. —  $\text{Al}_2\text{O}_3$  -  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  correlation diagram.

Correlations (excluded hard-grounds): see above. In this last relation, Roseiend samples are not take into account. For these, are represented only some symbols (stars), the others being superimposed on these of « Briançonnais » near the origin (bulked points: crossed symbolized).



Aimes (site 4, fig. 1). Ils sont enrichis en  $\text{Na}_2\text{O}$  sans modification du rapport  $\text{MgO}/\text{K}_2\text{O}$  (et donc sans enrichissement silicaté). Cela ne peut être dû à un confinement du milieu, car le calcul montre que  $\text{Mg}$  n'augmente pas, et dans un diagramme  $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$  tous les échantillons du Paléocène-Yprésien sont remarquablement groupés.

Pour expliquer cette augmentation locale du  $\text{Na}_2\text{O}$ , on peut envisager une diffusion à partir d'une lentille salifère (maintenant non visible) incluse dans la nappe des Gypses qui, en ce point, surmonte directement les marbres chloriteux.

6) Diagrammes  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{O}$ .

La corrélation  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{K}_2\text{O}$  est assez bonne et montre que  $\text{K}_2\text{O}$  est surtout lié aux phyllites (fig. 9). Les autres sont médiocres du fait d'apports sporadiques de quartz détritiques au Paléocène-Yprésien, ou de la

présence de fer oxydé non lié à la phase aluminosilicatée.

On note que pour des variations identiques de la teneur en  $\text{Al}_2\text{O}_3$  (ou moins clairement en  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , ou en  $\text{SiO}_2$ ), les teneurs en  $\text{K}_2\text{O}$  augmentent moins vite au Paléocène-Yprésien qu'au Crétacé supérieur (voir les pentes des droites). Le  $\text{K}_2\text{O}$  étant lié à la phase aluminosilicatée, les argiles du Crétacé supérieur seraient ainsi moins évoluées que celles du Paléocène-Yprésien qui sont pourtant plus abondantes. A cette dernière époque, outre une érosion plus active provoquant l'attaque de roches nouvelles, il faut sans doute envisager des variations climatiques modifiant le type d'altération.

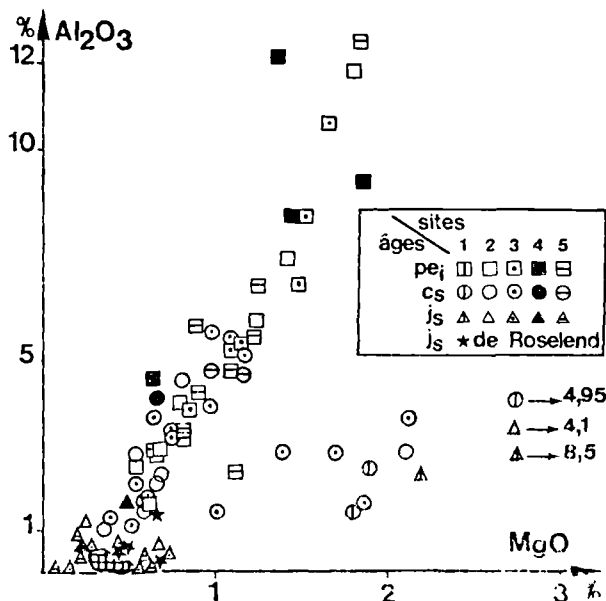


Fig. 4. — Diagramme de corrélation  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ .

La corrélation significative concerne les calcaires du Paléocène - Yprésien ( $pe_1$ ):  $\text{Al}_2\text{O}_3 = 6,92 \text{ MgO} - 1,845$ , avec  $r(\text{MgO}, \text{Al}_2\text{O}_3) = 0,870$ , risque 1 %.

Pour le Malm. de nombreux points se superposent et n'ont pu être tous notés (zone en figuré croisé).

Fig. 4. —  $\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$  correlation diagram.

Meaningful correlation concerns Palaeocene - Ypresian ( $pe_1$ ) limestones. For Malm many points are superimposed and all them couldn't be noted down.

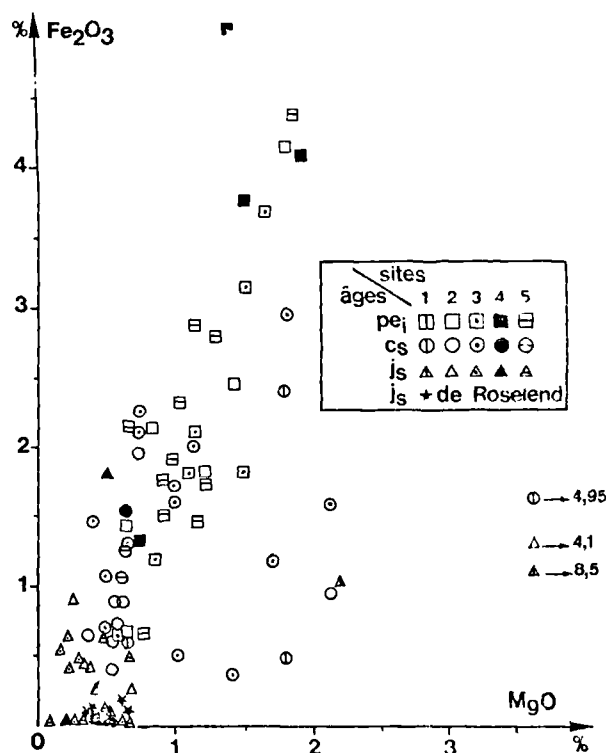


Fig. 5. — Diagramme de corrélation  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$ .

La corrélation significative concerne les calcaires du Paléocène - Yprésien ( $pe_1$ ):  $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,532 \text{ MgO} - 0,559$ , avec  $r(\text{MgO}, \text{Fe}_2\text{O}_3) = 0,814$ , risque 1 %.

Pour le Malm. de nombreux points se superposent et n'ont pu être tous notés.

Fig. 5. —  $\text{Fe}_2\text{O}_3 - \text{MgO}$  correlation diagram.

Meaningful correlation concerns Palaeocene - Ypresian ( $pe_1$ ) limestones. For Malm many points are superimposed and all them couldn't be noted down.

### III. — INTERPRETATION. EVOLUTION DE LA SERIE

Les diagrammes précédents montrent des corrélations comparables à celles connues dans des séries sédimentaires banales. Le métamorphisme qui a considérablement transformé l'aspect des roches, ne paraît pas en avoir modifié, de manière notable, les compositions géochimiques globales. Cela admis en première approximation, on peut tenter de préciser certains traits de l'évolution sédimentaire de ce secteur briançonnais, du Malm au Paléocène-Yprésien.

#### 1) Les calcaires du Malm.

Le Dogger montre des faciès continentaux à marins peu profonds (bauxites, niveaux charbonneux, calcaires à *Mytilus* ou à nérinées). La base des calcaires massifs clairs attribués au Malm contient encore quelques nérinées, et il s'agit donc de sédimentation sur une plate-forme peu profonde. Le sommet du Malm sous forme de marbres blancs ou ivoirins, purs et à rares phyllites, est constitué d'anciens calcaires fins péla-

giques, à rares ammonites. Une nette subsidence s'est donc produite au cours du Malm, mais contrairement à la zone type de Briançon (Bourbon, 1980) l'absence totale de jaspes et de radiolarites et l'absence d'augmentation du rapport  $SiO_2/Al_2O_3$  ne permettent pas d'envisager ici un passage sous le niveau de compensation des carbonates (NCC ou CCD).

$Si^*$  est très variable et souvent faible. La base du Malm montre fréquemment des apports détritiques sableux (Jaillard, 1984; Raoult *et al.*, 1984) mais non son sommet. Lorsque  $Si^*$  dépasse 3 ou 4, on doit envisager l'existence de silice libre (biogénique ou détritique) qui, dans les niveaux étudiés, n'a pas conduit à l'individualisation d'accidents siliceux (connus cependant en quelques points; Ellenberger, 1958, p. 300). Les six échantillons jurassiques du Cornet de Roselend, semblables à ceux de Vanoise, montrent une très faible augmentation de la phase aluminosilicatée vers le sommet et un  $Si^*$  assez élevé (2,45 à 5,55).

Pour le Mn, les teneurs relativement élevées peuvent se justifier par un ralentissement de la sédimentation. Par contre, des influences volcaniques proches

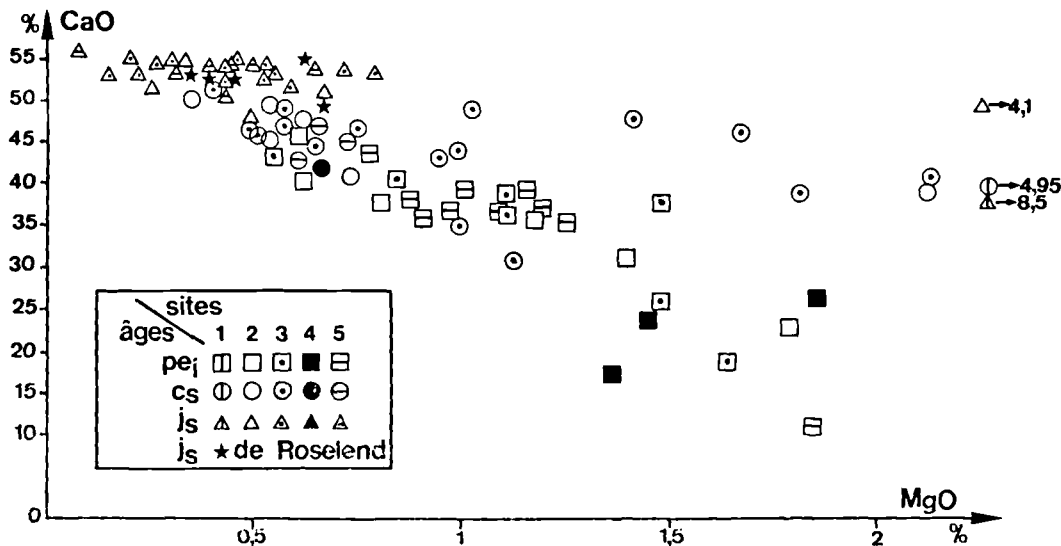


Fig. 6. — Diagramme de corrélation CaO - MgO.

La corrélation la plus significative concerne les calcaires du Paléocène - Yprésien ( $pe_j$ ):

$$CaO = -20,25 MgO + 57,35, \text{ avec } r(MgO, CaO) = -0,846, \text{ risque } 1\%.$$

Pour le Malm, quelques points se superposent et n'ont pu être tous notés. La droite de régression linéaire du  $c_s$  se trouve en position intermédiaire entre celle du  $pe_j$  et celle du  $j_s$  (où CaO et MgO sont indépendants, CaO restant constant).

Fig. 6. — CaO - MgO correlation diagram.

Meaningful correlation concerns Palaeocene - Ypresian ( $pe_j$ ) limestones. For Malm, many points are superimposed and all them couldn't be noted down. Linear regression straight of  $c_s$  is situated in a position midway between this of  $pe_j$  and this of  $j_s$ .

sont à exclure du fait des faibles teneurs en Fe, ou encore en Cu, Ni, Pb, V. Si des influences volcaniques sont intervenues, elles sont lointaines (issues par exemple du domaine liguro-piémontais plus interne). Mn\* est variable, mais dans l'unité de la Grande Motte (fig. 1), les valeurs sont en général plus fortes qu'ailleurs, ce qui s'accorderait avec la position paléogéographique de cette unité replacée en bordure de l'océan piémontais.

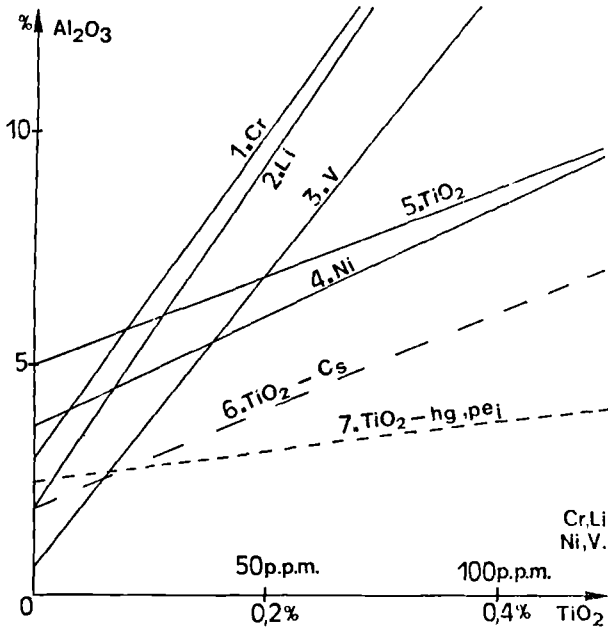


Fig. 7. — Droites de corrélation entre  $Al_2O_3$  et Cr, Li, V,  $TiO_2$ .

Les droites 1 à 4 concernent les 27 échantillons du Paléocène - Yprésien ; la droite 5 concerne 20 échantillons, ceux enrichis en  $TiO_2$  de la Grande Balme (site 5) étant enlevés. Les corrélations sont bonnes pour les droites 1, 2 et 3, médiocres pour 4 et 5. La droite 6 concerne 29 échantillons du Crétacé supérieur et la droite 7 correspond à 16 échantillons de hard-grounds paléocènes. On a :

- 1 :  $Al_2O_3 = 0,14 Cr + 3,02$ , avec  $r(Cr, Al_2O_3) = 0,715$ , risque 1 %
- 2 :  $Al_2O_3 = 0,15 Li + 1,93$ , avec  $r(Li, Al_2O_3) = 0,93$ , risque 1 %
- 3 :  $Al_2O_3 = 0,12 V + 0,66$ , avec  $r(V, Al_2O_3) = 0,91$ , risque 1 %
- 4 :  $Al_2O_3 = 0,04 Ni + 3,67$ , avec  $r(Ni, Al_2O_3) = 0,40$ , risque 5 %
- 5 :  $Al_2O_3 = 9,45 TiO_2 + 5,04$ , avec  $r(TiO_2, Al_2O_3) = 0,52$ , risque 2 %
- 6 :  $Al_2O_3 = 10,25 TiO_2 + 1,93$ , avec  $r(TiO_2, Al_2O_3) = 0,63$ , risque 1 %
- 7 :  $Al_2O_3 = 3,18 TiO_2 + 2,51$ , avec  $r(TiO_2, Al_2O_3) = 0,904$ , risque 1 %

Fig. 7. — Correlation straight lines between  $Al_2O_3$  and Cr, Li, V,  $TiO_2$ .

The straight lines 1 to 4 concern the 27 Palaeocene - Eocene samples ; the straight 5 concerns 20 samples, these enriched with  $TiO_2$  of the Grande Balme (site 5) being removed. Correlations are good for straight lines 1, 2 and 3, poor for 4 and 5. Straight 6 concerns 29 Upper Cretaceous samples and straight 7 corresponds to 16 Palaeocene hard-ground samples.

Quatre échantillons (B 81-64, Mont Bochor ; PL 34 et B 83-26, Arcelin ; B 83-195, Grande Balme) ont des teneurs élevées en Mn, avec augmentation de Sr, mais non de Fe (0 à 1,8 % de  $Fe_2O_3$ , moyenne 0,35 %). Il s'agit de points où le Malm est directement surmonté par un encroûtement (hard-ground) ; l'explication à retenir paraît être celle d'une diffusion locale vers le bas du Mn et du Sr (en donnant des précipités manganostrontianiques) à partir du hard-ground. Ce phénomène, très localisé, pourrait être simplement diagénétique.

Par comparaison avec des carbonates de plateforme continentale (Debrabant, 1970), les teneurs en Mn, Ni, Pb entre autres, impliquent que l'on est ici en milieu plus profond, et donc certainement au-delà de 200 m. L'image générale pour les calcaires du Malm est donc celle d'une sédimentation pélagique liée à une subsidence conduisant à un milieu pas très profond (500-1 000 m ?) ; les conditions de sédimentation ne pourront être précisées que lorsque l'on connaîtra l'origine précise du MgO. Les apports détritiques sont très faibles et épisodiques, et il n'y a pas eu d'influences volcaniques autres que lointaines. Comme l'avait noté Ellenberger (1958), le Malm de Vanoise se distingue ainsi

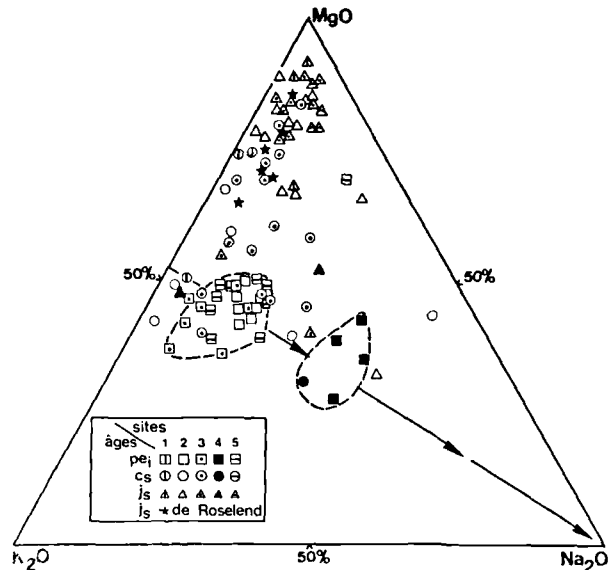


Fig. 8. — Diagramme triangulaire MgO -  $K_2O$  -  $Na_2O$ .

La plupart des échantillons du Malm (j.) ont un caractère magnésien assez marqué. Les calcaires du Paléocène - Yprésien (pei) se répartissent en deux groupes, celui de l'Aiguille des Aimes (site 4) étant enrichi en  $Na_2O$ .

Fig. 8. — MgO -  $K_2O$  -  $Na_2O$  triangular diagram.

Most of the Malm samples (j.) have an enough magnesian character pronounced. Palaeocene - Ypresian limestones (pei) are divided into two groups, the one Aiguille des Aimes (site 4) being enriched with  $Na_2O$ .

clairement de celui de Briançon, où d'après Bourbon (1980) on passe au moins temporairement sous la CCD.

2) Les marbres chloriteux du Crétacé supérieur.

Ces calcaires, souvent colorés en rouge ou rose (hématite), contiennent des micas blancs (phengites) et, malgré leur nom, assez peu de chlorite. Ils sont minces (moyenne 5-10 m) et probablement très lacuneux. Par rapport aux calcaires du Malm, il y a diminution (10 % environ) de la phase carbonatée au profit de la phase aluminosilicatée. D\* est statistiquement plus constant et un peu plus élevé (0,6 à 0,7) qu'au Malm. Si\*, également plus régulier, reste faible.

Comme au Malm, les teneurs en MgO sont variables, et dans les secteurs occidentaux (fig. 1) MgO prédomine sur K<sub>2</sub>O : formation de calcite magnésienne ? Apport d'argiles magnésiennes ? Ou influences volcaniques distales, d'origine externe ?

Le rapport Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> - Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (fig. 3) est parfois fluctuant. Le caractère positif du paramètre Mn\* associé laisse penser qu'au fer de la fraction argileuse aluminosilicatée s'est probablement ajouté le résultat des précipitations métalliques d'un milieu oxydant (Debrabant et Foulon, 1979).

Le caractère localement très condensé de la sédimentation (qui ne peut être prouvé par des datations

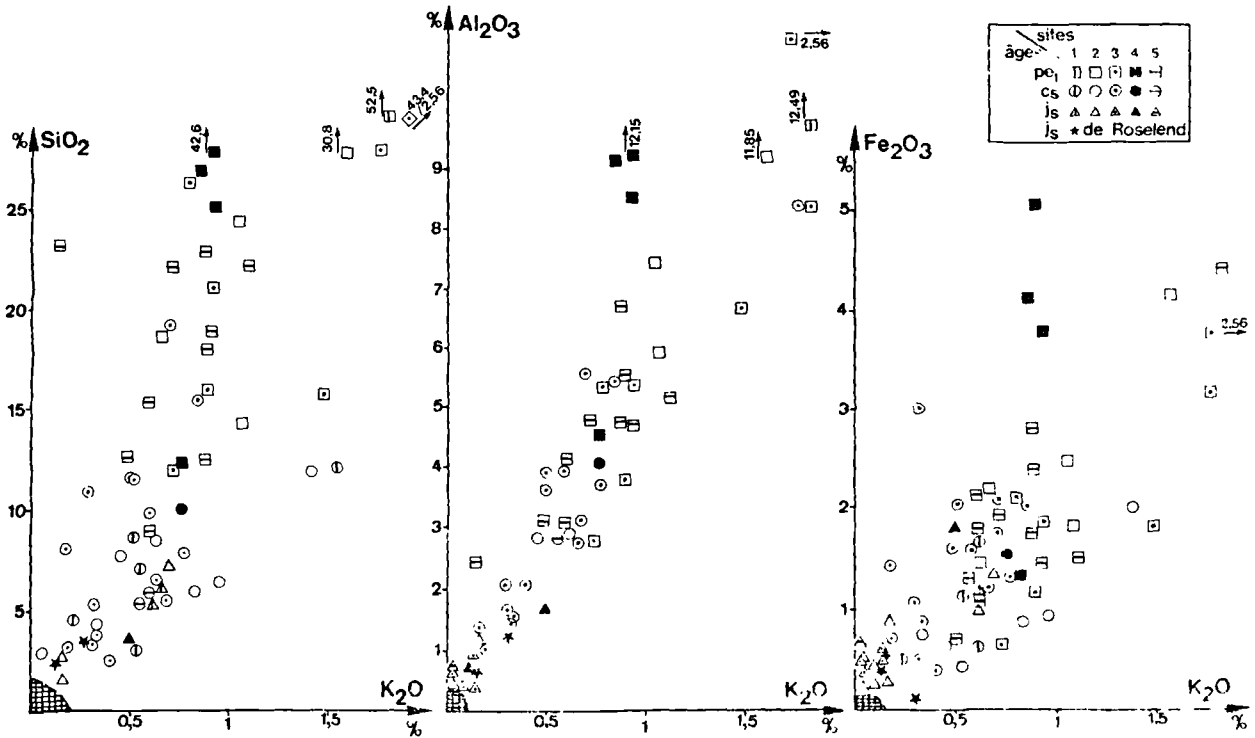


Fig. 9. — Diagramme de corrélation entre K<sub>2</sub>O et SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

Les corrélations sont les suivantes :

Paléocène - Yprésien :

SiO<sub>2</sub> = 13,97 K<sub>2</sub>O + 8,46, avec r (K<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>) = 0,66, risque 1 %

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,72 K<sub>2</sub>O + 2,07, avec r (K<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 0,72, risque 1 %

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 1,02 K<sub>2</sub>O + 1,39, avec r (K<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 0,44, risque 5 %

Crétacé supérieur :

SiO<sub>2</sub> = 6,01 K<sub>2</sub>O + 4,03, avec r (K<sub>2</sub>O, SiO<sub>2</sub>) = 0,49, risque 1 %

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 2,73 K<sub>2</sub>O + 1,11, avec r (K<sub>2</sub>O, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 0,72, risque 1 %

Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,65 K<sub>2</sub>O + 0,86, avec r (K<sub>2</sub>O, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) = 0,34, risque 1 %

Fig. 9. — Correlation diagram between K<sub>2</sub>O and SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>.

faute de foraminifères conservés) apparaît dans la géochimie. Par exemple, l'échantillon PL 35 (Arcelin, site 3) contient 2,66 % de Mn et est enrichi en Zn, Ni, Co, Cu, V (nombreux oxydes observés en plaque mince). Ceci ne peut s'expliquer par les dissolutions-recristallisations liées au métamorphisme car alors le phénomène serait général ; il s'agit plutôt d'un hard-ground avorté, sans encroûtement exprimé.

### 3) Les marbres chloriteux du Paléocène-Yprésien.

Ce sont les faciès les plus constants et les plus typiques des marbres chloriteux. Avec 50 à 65 % environ de  $\text{CaCO}_3$ , ils sont plus riches en micas blancs et chlorites que les autres marbres. Cela traduit un net accroissement des apports d'argiles détritiques, mais sans apports sableux importants sauf dans quelques horizons (voir valeurs de  $\text{Si}^*$  et fig. 9, par ex.). On note que les valeurs de  $\text{D}^*$  ne sont pas supérieures à celles du Crétacé supérieur.

Les caractères géochimiques de ces sédiments sont analogues à ceux des milieux océaniques actuels, ce qui n'était pas le cas auparavant.  $\text{CaO}$  relève essentiellement de la phase carbonatée (fig. 6). Les diagrammes (fig. 3 à 9) montrent de bonnes corrélations permettant, sauf exceptions, de regrouper  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MgO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{TiO}_2$  et des éléments traces (Cr, Li, Ni, V) dans la même phase détritique aluminosilicatée. La coupure importante, tant pour les faciès que pour la géochimie, se place surtout au Paléocène et non entre Malm et Crétacé supérieur. Dans les coupes sans microfaune et sans niveau repère de hard-ground, la géochimie peut donc aider à différencier le Sénonien du Paléocène par comparaison directe des teneurs des majeurs et des traces, et aussi par utilisation des diagrammes ternaires  $\text{MgO} - \text{K}_2\text{O} - \text{Na}_2\text{O}$  (fig. 8) et  $\text{MgO} - \text{Al}_2\text{O}_3 - \text{Fe}_2\text{O}_3$ .

L'autre rupture quant aux apports détritiques se produit au toit des marbres chloriteux (fig. 2) avec le dépôt de la formation des Schistes de Pralognan, série pélitique à bancs gréseux, équivalant au flysch noir du Lutétien-Priabonien.

### 4) Les niveaux de hard-grounds.

Sous ce terme consacré par l'usage (Ellenberger, 1958), on désigne des encroûtements métallifères dont certains montrent de beaux nodules souvent phosphatés (cf. Bourbon, 1980). Ces horizons nécessitent une étude spécifique (analyse en cours à la microsonde des divers niveaux métallifères), mais nous ne verrons ici que la géochimie sur roche totale.

Généralement intercalés au sein des marbres chloriteux *sensu lato*, les encroûtements livrent des microfaunes paléocènes (Ellenberger, 1958 ; Ellenberger et Raoult, 1979) et parfois sénoniennes. Mais ils peuvent aussi être au contact direct du Malm et révéler exceptionnellement en plaques minces des fantômes de

foraminifères évoquant le Crétacé « moyen » (voir aussi Ellenberger, 1958, p 319), âge qui est bien établi dans le Briançonnais plus au Sud (Royant, 1971 ; Bourbon, 1980). Compte tenu des lacunes de sédimentation et des laminages tectoniques, il est néanmoins impossible, faute de microfaune en bon état, d'affirmer a priori que tout encroûtement collé sur le Malm est bien du Crétacé « moyen ».

La géochimie des hard-grounds (28 échantillons) montre, par rapport aux calcaires, leur enrichissement en métaux (Fe en priorité avec 3 à 32 % de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ) et en phosphore. L'étude de nombreuses plaques minces montre l'abondance de l'apatite :  $\text{P}_2\text{O}_5$  avoisine fréquemment les 10 % mais n'a pu être dosé avec précision (analyses du C.R.P.G. donnant  $\text{P}_2\text{O}_5 > 1,5$  % et bouclant alors à moins de 85 %). Tous les hard-grounds montrent également une richesse en  $\text{SiO}_2$  (8 à 41 %) qui doit être pour l'essentiel d'origine biogénique (liée à  $\text{P}_2\text{O}_5$  ?) ; elle ne peut être détritique dans ces horizons à sédimentation très lente. La pauvreté des apports détritiques est du reste confirmée par l'absence de corrélation entre  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  et  $\text{Al}_2\text{O}_3$  et le faible pourcentage d'alcalins.

Les valeurs de  $\text{CaO}$  sont très variables et paraissent souvent trop fortes car dépendant du prélèvement des calcaires environnants avec lesquels les hard-grounds d'épaisseur centimétrique peuvent être fortement remplissés. De plus, des dépôts calcaires ont rempli les fissures des encroûtements et se sont déposés entre les nodules. On note que  $\text{CaO}$  et  $\text{Sr}$  sont liés [ $r(\text{Sr}, \text{CaO}) = 0,91$ ] contrairement à ce que l'on observe dans les calcaires. Ceci est normal, car les hard-grounds sont déjà indurés lorsque les roches encadrantes se lithifient et ils constituent alors des zones de moindre perméabilité.

Si l'on considère, d'une part, les encroûtements collés sur le Malm et d'âge présumé crétacé, d'autre part, les horizons interstratifiés dans les marbres chloriteux et d'âge paléocène, on note que ces deux groupes sont chimiquement distincts, comme le montrent les pourcentages moyens (en p.p.m.) donnés ci-dessous :

	MnO	Na <sub>2</sub> O	Ba	Ni	Rb
Paléocène (16 éch.)	0,26	0,66	922	507	48
Crétacé (12 éch.)	1,195	0,07	326	627	25

(pour Ba et Rb, 15 éch. du Paléocène, 6 du Crétacé)

Malgré l'absence très fréquente de microfaunes, il paraît possible de distinguer des hard-grounds du Crétacé (moyen ?) et d'autres du Paléocène, c'est-à-dire dont l'achèvement est paléocène, même si le début de leur formation est du Sénonien.

Les encroûtements crétacés seraient ainsi marqués par une certaine influence volcanique dont des manifestations sont connues à cette époque dans le domaine valaisan (Antoine *et al.*, 1973 ; Loubat, 1984) et dans le domaine piémontais (Maurin et Caby, 1982). Fe et

V paraissent liés entre eux au Paléocène, mais beaucoup moins au Crétacé. Néanmoins, d'après les corrélations  $Al_2O_3$ - $TiO_2$  (fig. 7), les hard-grounds paléocènes sont plus proches des marbres chloriteux sous-jacents du Crétacé que des marbres chloriteux surincombants du Paléocène-Yprésien.

Pour les hard-grounds paléocènes, la concentration des éléments traces est décroissante selon l'ordre Ba, Ni, Co, V, Cr, Cu ou Pb ; le cuivre, rarement décelable, n'apparaît que dans les sites 3 et 5.

### CONCLUSIONS

Cette étude reste préliminaire par bien des côtés, mais diverses constatations méritent néanmoins d'être relevées. Si le métamorphisme a fortement modifié l'aspect général des roches, il ne paraît pas en avoir profondément transformé la géochimie globale. Cela doit permettre des comparaisons avec des séries correspondant à des paléoenvironnements comparables et non ou très peu métamorphisées.

Parmi les études à approfondir figurent les variations du Sr dont les pourcentages croissent de la Vanoise septentrionale à la Vanoise méridionale et plus encore dans l'unité allochtone de la Grande Motte. Certains éléments posent des problèmes, en particulier le cobalt. Les teneurs importantes, du Jurassique supérieur au Paléocène (de l'ordre de 100 p.p.m.), restent inexplicables. Une pollution lors du broyage est à

écarter, les concentrations en Co n'étant pas proportionnelles aux indices de dureté des roches. Par comparaison avec les données du Briançonnais situé plus au Sud, on ne retrouve de valeurs équivalentes que dans le secteur de la Grande Aréa (Brosse, 1982) que Bourbon (1980) a rattaché à la couverture externe de la zone houillère briançonnaise. Une telle conclusion ne peut ici s'appliquer, et les teneurs en cobalt ne permettent pas, actuellement, de différencier valablement des secteurs externes par rapport à des secteurs internes.

Pour les formations étudiées, les datations objectives sont très rares et souvent imprécises. Cela donne un intérêt pratique aux corrélations chemostratigraphiques qui semblent se dégager, d'une part pour les marbres chloriteux du Crétacé et du Paléocène-Yprésien, d'autre part pour les encroûtements du Crétacé moyen (?) et ceux du Paléocène. Si, au Crétacé-Paléocène, la sédimentation est lacuneuse (phénomène renforcé par les laminages tectoniques), la géochimie montre en outre qu'elle est assez systématiquement condensée. On voit également, alors que les faciès restent voisins, que la coupure principale quant aux apports détritiques argileux se produit au sein des marbres chloriteux, au-dessus du hard-ground supérieur paléocène et non entre le Malm et les marbres chloriteux crétacés. Ainsi la baisse du taux de sédimentation s'amorce dès le sommet du Malm où l'on perçoit de plus, de probables influences volcanogéniques distales, phénomènes que l'on pourrait relier à l'histoire de l'océan liguro-piémontais plus interne.

\* \* \*

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ANTOINE P., LOUBAT H. et VATIN-PERIGNON N. (1973). — Hypothèses nouvelles sur l'origine et la signification des « Ophiolites » du domaine pennique externe (Savoie - Valais). *Géologie alpine*, t. 4, p. 21-39.
- 2) BOSTROM K., PETERSON N.H., JOENSUU O. et FISCHER D. (1969). — The origin of the aluminium poor ferromanganean sediments in areas of high heat flow in the East Pacific rise. *Mar. Geol.*, 7, p. 427-447.
- 3) BOURBON M. (1980). — Evolution d'un secteur de la marge nord-téthysienne en milieu pélagique : la zone briançonnaise près de Briançon entre le début du Malm et l'Eocène inférieur. Thèse, Strasbourg, 580 p., 2 vol.
- 4) BROSSE E. (1982). — Contribution à la minéralogie et à la géochimie des sédiments pélagiques profonds. Comparaison des « black-shales » du Crétacé dans l'Atlantique central nord et des dépôts du Malm et du Crétacé en Briançonnais. Thèse de Docteur ingénieur, E.N.S.M., Paris. 474 p.
- 5) DEBELMAS J. (1955). — Les zones subbriançonnaise et briançonnaise occidentale entre Vallouise et Gill-estre (Hautes-Alpes). *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, 171 p.
- 6) DEBRABANT P. (1970). — Typologie géochimique des calcaires. Application à l'étude de l'origine des calcaires métamorphiques des Massifs hercyniens français. Thèse, Lille, 2 vol., 695 p.
- 7) DEBRABANT P. et FOULON J. (1979). — Expression géochimique des variations du paléoenvironnement depuis le Jurassique supérieur sur les marges nord-atlantiques. *Oceanologica acta*, 2, 4, p. 469-476.
- 8) DUNOYER de SEGONZAC G. (1969). — Les minéraux argileux dans la diagenèse. Passage au métamorphisme. *Mém. Serv. Carte. géol. Als. Lorr.*, 29, 320 p.
- 9) ELLENBERGER F. (1958). — Etude géologique du pays de Vanoise (Savoie). *Mém. Serv. Carte géol. Fr.*, 561 p.
- 10) ELLENBERGER F. et RAOULT J.F. (1979). — Les enseignements géologiques des rochers de la Loze à Pralognan (Massif de la Vanoise, Savoie). *Trav. Sci. Parc nat. Vanoise*, t. X, p. 37-69.
- 11) JAILLARD E. (1984). — Etude géologique des unités briançonnaises de Vanoise occidentale au Sud de Pralognan. Evolution sédimentaire et structurale. Thèse 3<sup>e</sup> Cycle, Grenoble. 212 p.
- 12) LOUBAT H. (1984). — Considérations préliminaires sur la configuration horizontale de l'édifice subvolcanique du Versoyen (Alpes franco-italiennes) analogue aux bassins en distension du type Golfe de Californie. *Géologie Alpine*, t. 60, p. 37-44.
- 13) MAILLOT H. (1980). — Géochimie des sédiments crétacés et cénozoïques de la marge atlantique sud-orientale (leg 40 - D.S.D.P.). *Rev. Géol. dyn. Géogr. phys.*, vol. 22, fasc. 1, p. 75-83.
- 14) MAILLOT H. (1983). — Les paléoenvironnements de l'Atlantique sud : apport de la géochimie sédimentaire. *Soc. géol. Nord*, publ. n° 9, Lille. 316 p.
- 15) MAURIN J.C. et CABY R. (1982). — Sur l'importance du magmatisme crétacé dans la zone piémontaise. 9<sup>e</sup> R.A.S.T., Paris.
- 16) PINTA M. (1971). — Spectrométrie d'absorption atomique. Vol. 1 et 2. Masson édit.
- 17) RAOULT J.F. (1980a). — Caractère transgressif du Trias de Bellocôte en Vanoise : implications tectoniques (Alpes françaises). *C.R. Ac. Sc. Paris*, t. 291, p. 47-50.
- 18) RAOULT J.F. (1980b). — Interprétation nouvelle de la Vanoise (zone briançonnaise, Alpes françaises). *Rev. Géol. dyn. Géogr. phys.*, vol. 22, fasc. 4-5, p. 303-312.
- 19) RAOULT J.F., LANGLET Ph. et BROUDOUX B. (1984). — Présence en Vanoise méridionale d'une série de type Acceglio (Briançonnais, Alpes françaises). Implications structurales et paléogéographiques. *C.R. Ac. Sc. Paris*, t. 298, p. 535-538.
- 20) ROYANT G. (1971). — Nouvelles données sur la stratigraphie et le style tectonique du versant méridional du Monte Arùetta et du Monte Dubasso (Alpes ligures). *C.R. Ac. Sc. Paris*, t. 273, p.558-561.
- 21) WEDEPOHL K.H. (1978). — Manganese abundance in common sediments and sedimentary rocks. In : *Handbook of Geochemistry*, 2, 3, p. 1-17.

————— « » —————





# Contribution à l'étude des Trilobites de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire *Cyclopygidae* et *Isocolidae*

## Contribution to study of Trilobites from inferior Ordovician of the Montagne Noire. — *Cyclopygidae* and *Isocolidae*

par J. PILLET (\*) et R. COURTESOLE (\*\*)

(Planche XII)

**Résumé.** — La révision des *Cyclopygidae* de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire permet de reconnaître quatre espèces dont trois ont reçu un nom spécifique. Un nouveau genre de *Cyclopygidae*, *Incisopyge*, est créé.

Les genres *Pradesia* Thoral, 1935 et *Thoralocolus* nov. gen. (espèce-type *Aeglina azaizi* Thoral, 1935) sont rattachés avec doute aux *Isocolidae*, cette dernière famille étant révisée.

**Abstract.** — *Four species of Cyclopygidae are recognizable in the inferior Ordovician of the Montagne Noire. Three have a specific denomination. A new genus of Cyclopygidae, Incisopyge is founded.*

*The genus Pradesia Thoral, 1935 and Thoralocolus nov. gen. (type species Aeglina azaizi Thoral, 1935) are attributed with doubt to Isocolidae. The family is revised.*

Les *Cyclopygidae* sont très rares dans l'Ordovicien de la Montagne Noire, la seule espèce numériquement fréquente leur ayant été rapportée, « *Aeglina sicardi* Bergeron, 1895 » n'appartenant de toute évidence pas aux *Cyclopygidae* comme l'avait reconnu Brögger dès 1896, et devant être rapportée à *Symphysurus angustatus* (Sars et Boek, 1837). Nous avons révisé cette espèce en 1975.

Les seules espèces pouvant être rattachées aux *Cyclopygidae* ne sont représentées que par quelques spécimens. Plusieurs ont été décrites anciennement et sont révisées ici :

- “ *Aeglina* ” *bucculenta* Thoral, 1935,
- “ *Aeglina* ” *savini* Bergeron, 1895,
- “ *Symphysurus* ” (?) sp. Thoral, 1935.

Enfin, Thoral a décrit sous le nom de *Aeglina azaizi* Thoral, 1935 une espèce voisine des *Cyclopygidae* par son thorax à six segments et par les caractères du pygidium, mais très différente de cette famille par la forme du céphalon et par ses surfaces visuelles réduites. Nous rattachons cette forme aux *Isocolidae* ainsi que

la forme décrite par Thoral sous le nom de *Pradesia martyi*, et qui est représentée par un spécimen unique.

La plupart des espèces étudiées ont été décrites avec beaucoup de détails par Thoral. Toutefois, les études postérieures permettent d'utiles comparaisons. D'autre part, quelques spécimens nouveaux ont été recueillis. Ces faits justifient cette révision.

Nous avons utilisé la subdivision en « niveaux » de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire telle qu'elle a été établie antérieurement (Courtesole et Pillet, 1975). Les espèces décrites ci-dessous proviennent de deux niveaux :

- le niveau f qui correspond à la zone à *Asaphellina barroisi* de Thoral. Ce dernier en faisait du Trémadocien supérieur, mais il y a été recueilli de rares graptolithes de l'Arénigien basal (Willefert, communication personnelle),
- le niveau h correspond à la zone à *Taihungshania miqueli* (Arénigien inférieur),
- le niveau l correspond aux couches du Landeyran inférieures décrites par Dean (Arénigien inférieur).

(\*) 4, Place Saint-Aubin, Bouchemaine-Pruniers, 49000 Angers.

(\*\*) L'Horte, route de Berriac, 11000 Carcassonne.

Note présentée le 7 Novembre 1984 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 5 Juin 1985.

Famille CYCLOPYGIDAE (Pictet, 1854)  
em. Raymond, 1925

Depuis l'importante révision des *Cyclopygidae* de Bohême (Marek, 1961), plusieurs travaux notables ont été publiés ; en particulier, Kobayashi et Hamada (1970) ont, outre une revue historique détaillée de cette famille, proposé une subdivision en trois sous-familles :

— *Cyclopyginae*, avec les genres *Cyclopyge* (= *Phylacops*), *Xerocyclopyge* et avec doute *Symphysops* et *Pricyclopyge* ;

— *Micropariinae*, avec les genres *Microparia*, *Segavia*, *Emmrichops*, *Novakella*, *Heterocyclopyge* et avec doute *Aspidaeglina* ;

— *Ellipsotaphrinae*, avec les genres *Ellipsotaphrus*, *Amicus* et *Psilacella*.

Snajdr en 1976, a créé le genre *Gamops* pour deux espèces de Bohême, *G. mrazeki* du Llandeilo et *G. triangulatus* (Marek) du Llanvirn. Il crée en même temps la famille des *Gamopsidae* qui comprendrait selon lui les genres *Gamops*, *Ellipsotaphrus*, *Psilacella* et *Cremastoglottos*. Cette famille serait caractérisée par des sillons glabellaires distincts, continus ou discontinus, par l'existence de lobes palpébraux, des fixigènes relativement larges et une surface visuelle continue.

Il est possible de discuter sur l'opportunité de faire de cette section une famille distincte des *Cyclopygidae* et non une sous-famille. Il est par contre clair qu'elle fait double emploi avec la sous-famille des *Ellipsotaphrinae* Kobayashi et Hamada, 1970 et qu'elle doit tomber en synonymie.

Hörbinger et Vanek (1983) décrivent une nouvelle espèce d'*Ellipsotaphrus* de Bohême (*E. popovicensis*), qu'ils placent avec raison dans les *Ellipsotaphridae* (élevés au rang de famille), et une nouvelle espèce de *Cremastoglottos* (*C. barrandei*) qu'ils placent dans les *Gamopinae* (correction du nom établi par Snajdr). Ils attribuent cette sous-famille aux *Remopleuridae*.

Il y a là, à notre sens, une double confusion : d'une part, comme nous l'avons vu, il y a lieu de placer les *Gamopidae* (ou *Gamopinae*) en synonymie avec les *Ellipsotaphrinae*. D'autre part, si le genre *Cremastoglottos*, d'ailleurs encore assez mal connu, peut appartenir aux *Remopleuridae* en raison de la forme de sa glabelle, il n'en est certainement pas de même pour le genre *Gamops*. En effet, la surface visuelle, si elle est inconnue chez l'holotype *G. mrazeki*, est bien figurée par Marek pour *G. triangulatus*. Cet auteur l'attribuait d'ailleurs au genre *Ellipsotaphrus* en raison d'une énorme surface visuelle unique et continue.

Sous-famille CYCLOPYGINAE Raymond, 1925

Genre CYCLOPYGE Hawle et Corda, 1847

Espèce-type : *Egle rediviva* Barrande, 1846.

CYCLOPYGE SAVINI (Bergeron, 1895)

(Pl. XII, fig. 1, 2 et 11 ; 17, fig. 1 du texte)

1895. *Aeglina savini* Bergeron. p. 35. Pl. 5, fig. 9.

1941. *Cyclopyge savini* (Bergeron). Thoral, p. 149, Pl. I, fig. 5.

HOLOTYPE : Un fragment de céphalon figuré par Bergeron et provenant de Brama (niveau inconnu).

MATÉRIEL : Nous disposons :

— du moulage de la carapace et de la contre-empreinte du spécimen figuré par Thoral en 1940, provenant de Cabrières (Boutoury), F.S.L. n° 16.353 et 16.354 ;

— d'un minuscule fragment de céphalon provenant de Cabrières (sans précision), F.S.L. n° 363 b.

Observations :

La structure glabellaire est difficile à définir. L'empreinte externe, telle qu'on peut se la représenter par le moulage de la contre-empreinte, est très différente du moule interne. La première présente deux paires de fossettes modérément profondes, la postérieure plus large que l'antérieure. Ces deux paires sont proches de la ligne médiane. Sur le moule interne, la paire de fossettes postérieure est remplacée par deux impressions circulaires de grande taille à bordure surélevée et dont le fond présente un petit tubercule. Par contre, la paire antérieure est à peine visible.

Au niveau du pygidium, les anneaux axiaux sont bien visibles sur le moule interne. Par contre, sur le contre-moulage, ils sont remplacés par trois petites fossettes alignées d'avant en arrière.

*Cyclopyge savini* (17, fig. 1) est surtout voisin de *Cyclopyge stigmata* Poulsen, 1965, de l'Ordovicien basal de Bornholm. Les différences sont faibles : la glabelle de *savini* est plus arrondie en avant, moins ogivale. Il n'existe pas de tubercule médian visible. Les dépressions glabellaires sont légèrement plus grossières. L'axe pygidial est un peu plus rétréci vers l'arrière.

*Cyclopyge umbonata* Angelin est également voisin et ne se distingue guère que par la forme de la glabelle et par l'absence de crête post-axiale au pygidium.

Ces espèces sont cependant proches et, devant le caractère imparfait de notre matériel, nous aurions vraisemblablement hésité à décrire une espèce nouvelle. Mais celle-ci a été isolée dès 1895 par Bergeron et il n'y a pas lieu de la supprimer.

Genre PRICYCLOPYGE Richter et Richter, 1954

Espèce-type : *Aeglina binodosa* Salter, 1859.

*PRICYCLOPYGE GALLICA* ? (Tjernvik, 1956)

(Pl. XII, fig. 6)

1935. *Symphysurus* ? Thorval, p. 315, Pl. XXII, fig. 6.  
1956. *Cyclopyge gallica* Tjernvik, p. 260, Pl. X, fig. 12-16.  
fig.-texte 42 B.  
1980. *Pricyclopge gallica* (Tjernvik). Tjernvik et Johanson,  
p. 186, 200, fig. 10 K.

MATÉRIEL : Un spécimen entier, endommagé. Châtaigneraie  
d'Assignan. Coll. Miquel, Fac. sc. Montpellier,  
n° 157.

**Observations :**

Tjernvik (1956) a proposé d'assimiler le spécimen figuré par Thorval à la nouvelle espèce scandinave *Cyclopyge gallica*, des couches à *planilimbata* et des couches de transition (Arenigien inférieur). Il semble possible d'accepter cette attribution, en conservant un point de doute en raison de la mauvaise conservation de l'unique spécimen. Si le cranidium de la forme de la Montagne Noire est mal conservé, la silhouette est la même. D'autre part, le pygidium est presque identique, celui des spécimens de Suède étant plus (fig. 16) ou moins (fig. 15) oval.

En 1980, Tjernvik et Johanson rattachent *gallica* au genre *Pricyclopge*.

*CYCLOPYGIDAE* indéterminé.

(Pl. XII, fig. 13)

MATÉRIEL : Une surface visuelle. Niveau h. La Maurerie.

**Observations :**

L'existence de cette très petite surface visuelle permet seulement d'affirmer l'existence d'un *Cyclopygidae* dans le niveau h.

Sous-famille MICROPARIINAE

Kobayashi et Hamada, 1970

Genre *NOVAKELLA* Whittard, 1961

Espèce-type : *Aeglina bergeroni* Klouček, 1916.

**Observations :**

Whittard (1961) a créé ce genre en le rapportant explicitement à l'espèce *Aeglina bergeroni* de Bohême.

Dans le même temps, il décrit et figure, en le rapportant à cette espèce, un spécimen des Hope shales, et une autre espèce (*N. incisa*) du même niveau.

En fait, la forme britannique ne semble pas du tout identique à celle de Bohême, telle qu'elle a été redécrite la même année par Marek. Elle en diffère par l'existence de véritables sillons latéraux profondément incisés (et non de simples impressions peu marquées), et par le pygidium à axe bien défini, triangulaire (et même prolongé par une crête post-axiale chez *N. incisa*) alors que celui de *N. bergeroni* et des autres espèces de Bohême (*N. princeps princeps*, *N. princeps praecedens*, *N. gigantea*), s'efface complètement en arrière.

Marek, en 1961, a créé pour les espèces de Bohême le sous-genre *Deganella* (espèce-type *Aeglina princeps* Barrande, 1872). Il reconnaît (p. 45, note infrapaginale), que ce sous-genre tombe en synonymie avec *Novakella* qui vient d'être décrit.

Il en résulte donc :

— que le genre *Novakella* Whittard, 1961 est bien valide. Son espèce-type est *Aeglina bergeroni* Klouček, 1916, de Bohême ;

— que *Deganella* Marek, 1961 tombe en synonymie avec *Novakella* ;

— que les formes britanniques décrites par Whittard n'appartiennent pas à *Novakella*. Nous proposons plus loin pour celles-ci le nouveau genre *Incisopyge* ;

— il ne semble pas, par ailleurs, souhaitable, comme le propose Marek, de faire de *Novakella* (= *Deganella*) un sous-genre de *Microparia*. En particulier, l'existence constante de cinq segments thoraciques chez *Microparia* et de six segments chez *Novakella* et chez *Incisopyge* plaide en faveur de genres distincts. Ceci est conforté par l'existence d'une glabelle presque lisse chez *Microparia*.

*NOVAKELLA BUCCULENTA* (Thorval, 1935)

(Pl. XII, fig. 7 et 8 ; 16, fig. 1 du texte)

1935. *Aeglina bucculenta* Thorval, p. 284, Pl. XXIV, fig. 9, 9a, 9b.

HOLOTYPE : Le cranidium figuré par Thorval et refiguré ici.  
Coll. Azais, Fac. sc. Montpellier.

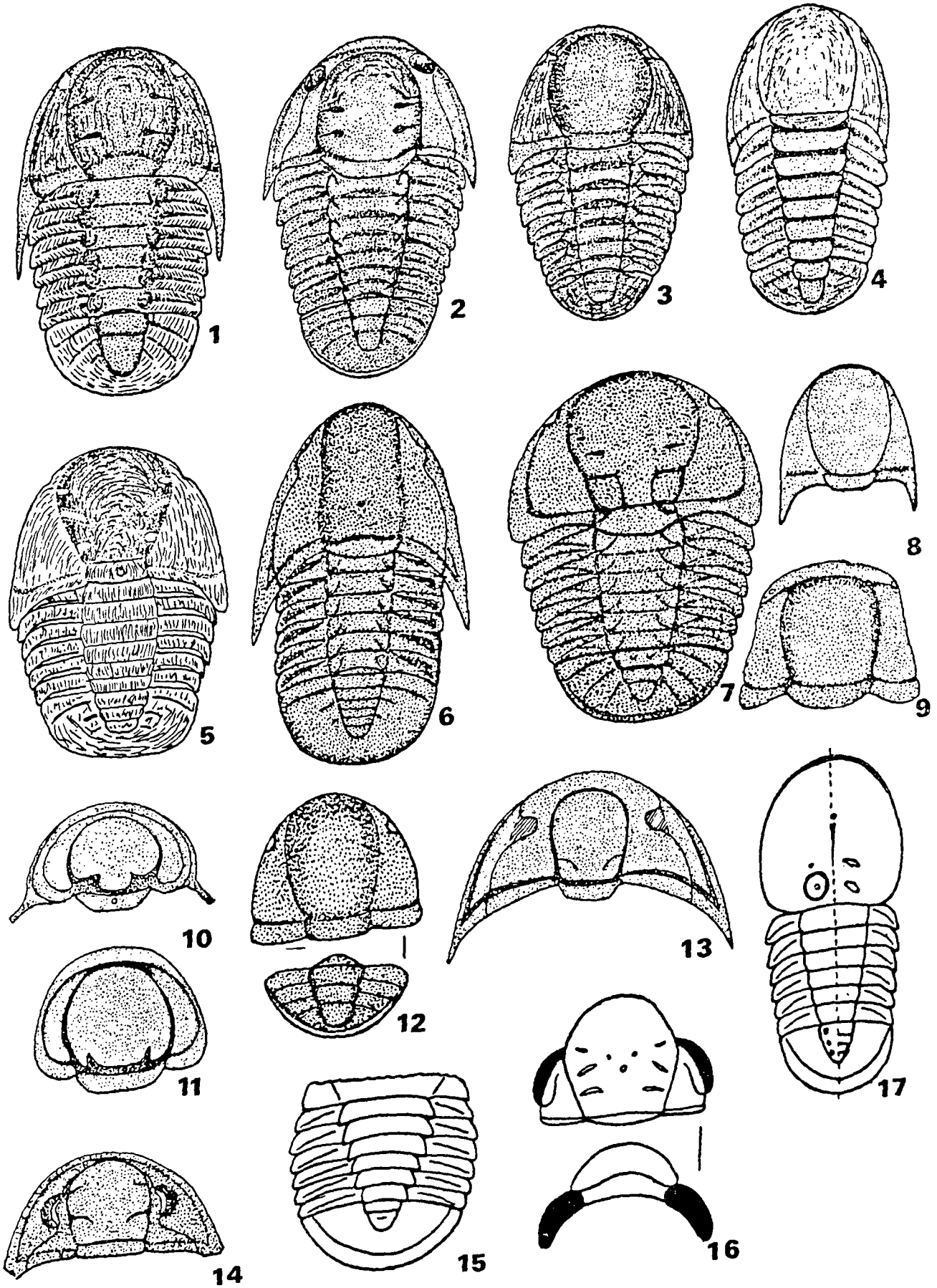
LOCALITÉ TYPE : Saint-Chinian.

NIVEAU TYPE : Nodules siliceux appartenant probablement au niveau f, Arenig inf.

MATÉRIEL : Seul l'holotype est connu.

**Observations :**

Thorval (1935) a donné, pour l'époque, une assez bonne description de ce spécimen unique. Il a en particulier insisté sur la forme générale de la glabelle et sur les caractères des fixigènes. Cependant, l'examen attentif de ce spécimen permet des observations complémentaires et permet de modifier certaines affirmations.



tions. Tout d'abord, contrairement à ce que dit Thoral, il est possible d'observer un anneau occipital. Celui-ci est très étroit, plat, limité par un sillon peu profond mais net. Il se continue, au bord postérieur des fixigènes, par un sillon et un bourrelet bordants étroits mais très visibles. D'autre part, la glabelle n'est pas du tout lisse. Il existe, particulièrement du côté droit, trois empreintes allongées, obliques, de faible relief mais nettes. De plus, un très petit tubercule médian est situé un peu en arrière de la moitié de la longueur et est accompagné de deux petits tubercules paramédians plus petits. Ces trois tubercules sont situés aux sommets d'un triangle équilatéral. Enfin les fixigènes ne sont pas étroites mais au contraire exceptionnellement larges pour un *Cyclopygidae*. Elles sont triangulaires, convexes, et portent un bourrelet palpébral en virgule. Les librigènes, décrites par Thoral, sont à peu près indiscernables.

Les caractères de la glabelle, la présence de trois paires d'empreintes et de fixigènes larges nous incitent à rapporter cette espèce au genre *Novakella*. La forme pentagonale de la glabelle et l'importance de fixigènes séparent *Novakella bucculenta* (16, fig. 1) de toutes les espèces jusqu'ici décrites. L'existence d'un anneau occipital peut être considérée comme un caractère ancestral. Il faut remarquer qu'il s'agit de la plus ancienne espèce connue, les formes de Bohême appartenant au Llanvirn et au Llandeilo.

La forme générale rappelle certaines espèces de *Pricyclopyge* mais l'existence de larges fixigènes sépare les deux formes. Néanmoins, l'espèce étudiée représente peut-être un ancêtre commun aux genres *Novakella* et *Pricyclopyge*.

#### Genre *INCISOPYGE* nov. gen.

Espèce-type : *Novakella incisa* Whittard, 1961.

**Diagnose :** « Un *Cyclopygidae* caractérisé par son céphalon ogival en avant, sa glabelle portant trois paires de sillons latéraux profondément incisés, l'exis-

tence de fixigènes triangulaires larges. Les yeux sont inconnus. Il existe six paires de sillons thoraciques. Pygidium subcirculaire, grand, avec un axe fortement marqué, mesurant deux-tiers de la longueur du pygidium, un bourrelet bordant et des plèvres rayonnantes ».

#### Observations :

Ce genre diffère de *Novakella* par ses sillons glabellaires profondément incisés et par les caractères du pygidium, dont l'axe est bien limité, non effacé dans sa partie postérieure.

#### Espèces :

Outre l'espèce-type, on peut y rattacher la forme des Hope Shales décrite par Whittard sous le nom de *Novakella bergeroni* mais qui, comme on l'a vu, n'appartient pas à l'espèce de Kloucek et pour laquelle nous proposons le nom de *Incisopyge pseudobergeroni* nov. sp., le lectotype étant le spécimen figuré par Whittard, 1961, Pl. XXIII, fig. 5, provenant du Llanvirn inférieur, Hope Shales.

L'espèce de la Montagne Noire décrite ci-dessous appartient peut-être à ce genre.

#### *INCISOPYGE ? THERONI* nov. sp.

(Pl. XII, fig. 13 ; 15, fig. 1 du texte)

HOLOTYPE : Le spécimen entier endommagé (le cranium est incomplet). Coll. Théron.

LOCALITÉ TYPE : Source du Foulon.

NIVEAU TYPE : Arénigien inférieur, niveau I.

MATÉRIEL : Seul l'holotype est connu.

#### Description :

Thorax à six segments (15, fig. 1). L'axe est large en avant et se rétrécit rapidement et fortement en arrière. Chaque segment axial a une allure squameuse,

Figure 1.

1, *Isocolus sjogreni* Angelin, 1854 (d'après Whittington, 1956). Gr. = 12. — 2, *Isocolus dysdercus* Whittington, 1963 (d'après Whittington, 1963). Gr. = 15. — 3, *Cyphoniscus socius* Salter, 1853 (d'après Whittington, 1956). Gr. = 6. — 4, *Tiresias insculptus insculptus* Mc Coy, 1846 (d'après Dean, 1971). Gr. = 5. — 5, *Tiresias typa* (Cooper, 1953) (d'après Whittington, 1956). Gr. = 5. — 6, *Thoralocolus azaizi* (Thoral, 1935) (d'après nature). Gr. = 5. — 7, *Pradesia martyi* Thoral, 1935 (d'après nature). Gr. = 5. — 8, *Tiresias insculptus cornutus* Dean, 1971 (d'après Dean, 1971). Gr. = 9. — 9, *Paratiresias turkestanus* Petrulina, 1975 (d'après Petrulina, 1975). Gr. = 6. — 10, *Thomondia globosa* Harper, 1942 (d'après Harper, 1942 et Weir, 1959). Gr. = 5. — 11, *Thomondia palaformis* Zhou, 1973 (d'après Zhou in Lu, 1976). Gr. = 5. — 12, *Kielanella ovalis* (Lisogor, 1965) (d'après Apollonov, 1974). Gr. = 3. — 13, *Effnaspis virginica* Dean, 1972 (d'après Dean, 1972). Gr. = 9. — 14, *Idiorapha solitaria* (Billings, 1865) (d'après Whittington, 1963). Gr. = 6. — 15, *Incisopyge ? theroni* nov. sp. (d'après nature). Gr. = 4. — 16, *Novakella bucculenta* (Thoral, 1935) (d'après nature). Gr. = 2.5. — 17, *Cyclopyge savini* (Bergeron, 1895). A droite, empreinte externe. A gauche, moule interne (d'après nature). Gr. = 8.

le segment antérieur recouvrant le segment suivant. Les plèvres sont légèrement convexes avec des extrémités arrondies. Il n'existe pas de segment macropleural.

Pygidium semi-circulaire. Axe court, triangulaire, à extrémité postérieure arrondie, portant deux segments et une pièce terminale. Cet axe ne mesure que la moitié de la longueur totale du pygidium. Celui-ci est arrondi en arrière et possède une large bordure plate. Les lobes pleuraux sont lisses.

Le cranidium n'est conservé que dans son quart postérieur. La partie conservée montre des sillons dorsaux profonds séparant la glabelle de larges fixigènes.

#### Observations :

Nous ne rapportons qu'avec doute cette espèce au genre *Incisopyge*. En effet, si elle s'en rapproche par la largeur des fixigènes et par son axe pygidial bien délimité, elle s'en distingue par cet axe à extrémité postérieure arrondie et non pointue et par la lissité des lobes pleuraux.

Elle se distingue aisément de *Incisopyge incisa* (Whittard, 1961), outre le caractère du pygidium, par la très forte réduction de largeur de l'axe du thorax en arrière, et de *Incisopyge pseudobergeroni* nov. sp. par l'absence de prolongement aigu de l'axe pygidial en arrière.

L'association de larges fixigènes et d'un pygidium à axe arrondi en arrière rend cette espèce différente de toutes celles jusqu'ici décrites.

#### Famille ISOCOLIDAE Angelin, 1854

Les *Isocolidae* constituent un groupe de trilobites généralement de petite taille (de l'ordre du centimètre, avec une exception pour *Holdenia*), présentant les caractères suivants : glabelle généralement ovale ou arrondie, nettement circonscrite, un sillon occipital profond, un bord postérieur du céphalon rebordé. Le champ préglabellaire, de largeur variable, est en continuité avec les fixigènes. Les lobes oculaires sont généralement de petite taille ou absents. Il n'y a pas de facettes oculaires. La suture faciale est opistopariale, souvent très externe, et les librigènes sont étroites. Thorax comptant le plus souvent six segments (parfois sept, *Cyphoniscus*). Pygidium assez court. L'axe n'atteint pas la bordure. La surface est typiquement couverte de lignes fines en « empreintes digitales ».

Cette famille reste d'affinités inconnues. Hupé la rapproche des *Raymondinidae*, ce que conteste Whittington. Elle n'est par ailleurs peut-être pas homogène.

Les principales formes décrites sont les suivantes :

*Isocolus* Angelin, 1854.

*I. sjogreni* Angelin, 1854. Ordov. sup. Suède ;  
*I. dysdercus* Whittington, 1963. Ord. moyen. Terre-Neuve.

*Cyphoniscus* Salter, 1853.

*C. socialis* Salter, 1853. Ordov. sup. Irlande, N Angleterre. Kazakstan, Chine, Québec.

*Tiresias* Mc Coy, 1846 (= *Holdenia* Cooper, 1953).

*T. insculptus* Mc Coy, 1846 ; *T. typha* (Cooper, 1953). Ordovicien moyen. Virginie, U.S.A. ; *T. sp.* Ordov. sup., Chine.

*Idiorapha* Whittington, 1963.

*I. solitaria* (Billings, 1865). Ordov. moyen. Terre-Neuve.

*Kielanella* Apollonov, 1974.

*K. ovalis* (Lisogor, 1965). Ordov. sup. Kazakhstan.

*Paratiresias* Petrulina, 1975.

*P. tukestanicus* Petrulina, 1975. Ordov. sup.. Tyan Shan.

*Thomondia* Harper, 1942.

*T. globosa* Harper, 1942. Ordov. sup. Irlande ;  
*T. palaformis* Zhou, 1973. Ordov. moyen, Chine.

*Effnaspis* Dean, 1972.

*E. virginica* Dean, 1972. Ordov. sup. Virginie, U.S.A.

*Taimyraspis* Balashova, 1959.

*T. taimyricus* Balashova, 1959. Ordov. sup. Taimyr.

*Pradesia* Thoral, 1935.

*P. martyi* Thoral, 1935. Arénig. Montagne Noire. France.

*Thoraculus* nov. gen.

*T. azaizi* (Thoral, 1935). Arénig. Montagne Noire. France.

Cette liste, qui n'est probablement pas complète, est peut-être hétéroclite. La largeur de l'espace préglabellaire est très variable. Il en est de même de la segmentation glabellaire depuis les formes à glabelle lisse (*Cyphoniscus*) jusqu'à celles présentant des sillons glabellaires profonds (*Isocolus*, *Idiorapha*). Il est des genres ne semblant pas posséder l'ornementation caractéristique en empreintes digitales, peut-être en raison du mode de conservation, ces empreintes n'étant pas visibles sur le moule interne.

Le cours de la suture présente également de grandes variations ; il est juxtamarginal chez *Thomondia*, *Cyphoniscus*, *Kielanella*, *Pradesia*. Il est variable chez *Isocolus*, étant presque marginal chez *sjogreni* et loin du bord chez *dysdercus*. Il est loin de la bordure chez *Idiorapha*, *Paratiresias*, *Effnaspis*.

De même, la dimension des yeux peut donner lieu à de grandes divergences, et si ceux-ci sont généralement très réduits, ils atteignent une taille assez grande chez *Idiorapha*.

Plusieurs genres ne sont connus que par le céphalon et il n'est pas exclu qu'une meilleure connaissance amène à remanier la diagnose de la famille ou à les exclure de celle-ci.

La plupart des *Isocolidae* ont été recueillis dans des faciès calcaires. Il en est cependant provenant de faciès clastiques (*Pradesia*, *Thoralocolus*, *Thomondia*). Ils y sont habituellement représentés par un très petit nombre d'individus.

Les *Isocolidae* sont surtout abondants à l'Ordovicien supérieur. Il en est quelques-uns à l'Ordovicien moyen (tabl. I). Ce n'est qu'en Montagne Noire que cette famille est représentée dès l'Arénigien, si toutefois *Pradesia* et *Thoralodiscus* appartiennent bien à cette famille.

Genre *PRADESIA* Thoral, 1935

Espèce-type : *Pradesia martyi* Thoral, 1935.

*PRADESIA MARTYI* Thoral, 1935

(Pl. XII, fig. 5 ; 7, fig. 1 du texte)

1935. *Pradesia martyi* Thoral, p. 311, Pl. XXI, fig. 1.  
 1953. *Pradesia martyi* Thoral. Hupé, p. 149, fig. 130 (2).  
 1956. *Pradesia martyi* Thoral. Whittington, p. 1198.  
 1959. *Pradesia martyi* Thoral. Moore, p. 000, fig. 404 (4).

HOLOTYPE : Le spécimen figuré par Thoral et refiguré ici. Coll. Marty, Fac. sc. Montpellier.

LOCALITÉ TYPE : Prades-sur-Vernazobre.

NIVEAU TYPE : Arénig inférieur, niveau f.

MATÉRIEL : Seul l'holotype est connu.

Observations :

Le spécimen figuré par Thoral est resté isolé. Hupé en a donné une bonne reconstruction du céphalon. Bien que ce spécimen soit disloqué, l'étude attentive permet de reconnaître, comme l'affirme d'ailleurs Thoral, qu'il existe bien six segments thoraciques. Le pygidium ne possède que deux plèvres sillonnées (7, fig. 1).

	Ordov. inf.	Ordov. moyen	Ordov. sup.
<i>Isocolus</i>		+	+
<i>Cyphoniscus</i>			+
<i>Tiresias</i>		+	+
<i>Idiorapha</i>		+	
<i>Kielanella</i>			+
<i>Paratiresias</i>			+
<i>Thomondia</i>		+	+
<i>Efnaspis</i>			+
<i>Taimyraspis</i>			+
<i>Pradesia</i>	+		
<i>Thoralocolus</i>	+		

Tableau I.

Il ne semble pas nécessaire de reprendre l'excellente description de Thoral. L'attribution aux *Isocolidae* a été proposée avec doute par Hupé et le point de doute a été maintenu par Whittington. Ce doute est justifié par l'âge, d'une part, plus ancien que celui de la plupart des autres *Isocolidae* et, d'autre part, par l'absence d'impressions digitales. La segmentation glabellaire est par ailleurs tout à fait particulière.

Il faut toutefois remarquer que l'absence d'ornementation spécifique peut être due au fait que le seul spécimen connu est un moule interne contenu dans un nodule, et que d'autres formes pouvant être attribuées aux *Isocolidae* existent dès l'Arénig (*Thoralocolus*).

Genre *THORALOCOLUS* nov. gen.

Espèce-type : *Aeglina azaizi* Thoral, 1935.

**Diagnose :** « Un genre d'*Isocolidae* caractérisé par sa glabelle rectangulaire, allongée, convexe en avant, sans sillons latéraux. Le champ préglabellaire est étroit, en continuité avec les fixigènes. Lobe palpébral étroit, très antérieur, nettement séparé du sillon dorsal. Fixigènes larges, convexes. Anneau occipital net. Librigènes triangulaires, rebordées, terminées par des pointes génales aiguës. La glabelle est couverte de stries en « empreintes digitales ».

Six anneaux thoraciques. L'axe est large constitué d'anneaux rectangulaires. Prèbres profondément sillonnées.

Pygidium grand, arrondi en arrière, avec un axe volumineux portant cinq ou six segments et des lobes pleuraux presque lisses. Un seul sillon pleural est nettement marqué. Il n'y a pas de « bordure ».

Observations :

Le genre *Thoralocolus* ne peut être assigné qu'avec doute aux *Isocolidae*. Il en diffère en effet par sa glabelle allongée, rectangulaire, et non globuleuse, et par ses lobes palpébraux convexes en dehors. Il faut toutefois remarquer que *Paratiresias* et surtout *Kielanella*, ont une glabelle allongée (moins toutefois que *Thoralocolus*) et que *Idiorapha* a des lobes palpébraux encore plus grands. Par ailleurs, le cours de la suture, les « impressions digitales », le thorax et le pygidium sont tout à fait conformes.

*THORALOCOLUS AZAIZI* (Thoral, 1935)

(Pl. XII, fig. 3, 4, 9 et 10 ; 6, fig. 1 du texte)

1935. *Aeglina azaizi* Thoral, p. 281, Pl. XXXII, fig. 12-14.

HOLOTYPE : Le spécimen entier incomplet figuré par Thoral et refiguré ici. Coll. Azais, Fac. sc. Montpellier.

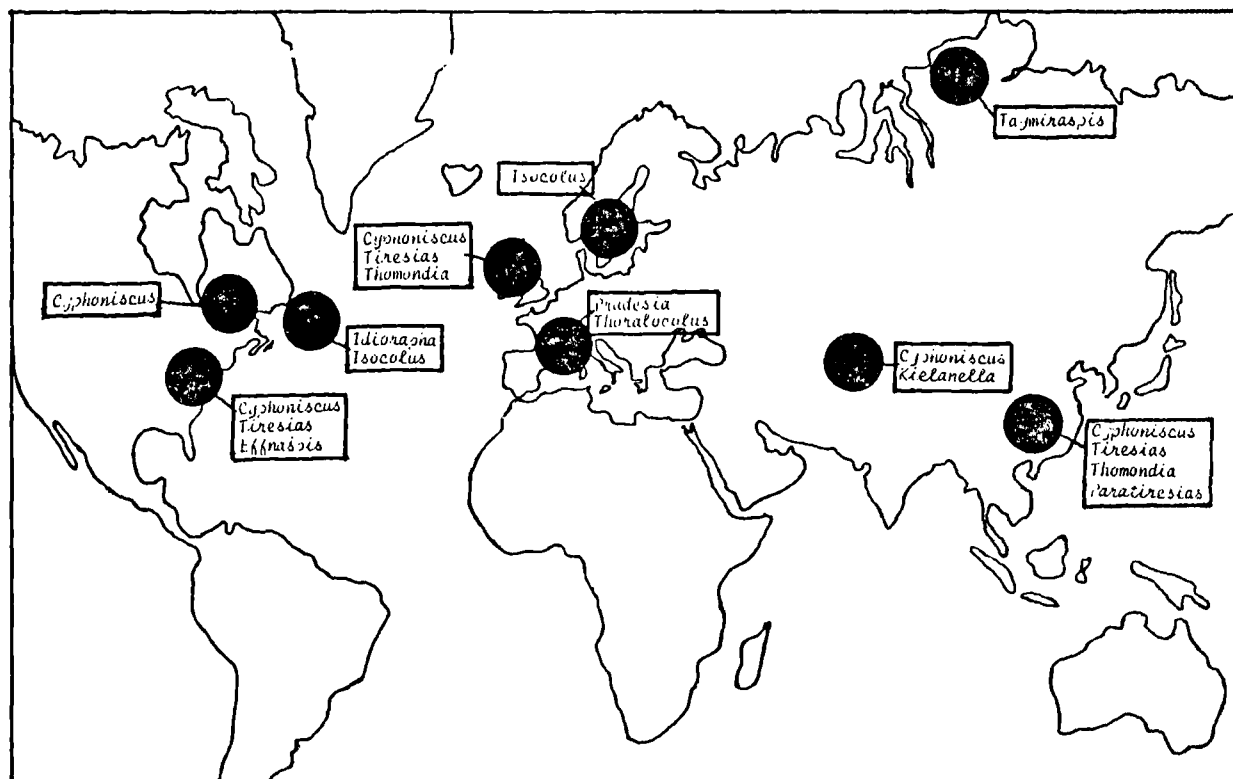


Fig. 2. — Répartition géographique des différents genres d'*Isocolidae*.

LOCALITÉ TYPE : Saint-Chinian.

NIVEAU TYPE : Nodules du niveau f, Arénig inf.

MATÉRIEL : Un autre spécimen entier. Niveau f. Félines Minervois, Coll. Vizcaïno. Plusieurs cranidiums plus ou moins complets. Mêmes gisements.

#### Observations :

Thoral, qui en a donné une bonne description, a attribué cette espèce au genre *Aeglina*. L'existence d'une surface visuelle de très petite taille interdit cependant de l'attribuer aux *Cyclopygidae* et il semble logique de proposer un rapprochement avec les *Isocolidae*. Le cours de la suture, les six segments thoraciques, la forme du pygidium sont en faveur de ce rapprochement. *Thoralocolus* se distingue des autres genres par la glabelle en rectangle allongé et par l'étroitesse du champ préglabellaire.

Il n'y a que peu à ajouter à la description de Thoral. Les librigenes sont en place sur un de nos spécimens. Elles sont triangulaires, rebordées et prolongées en pointes génales aiguës.

#### CONCLUSIONS

La faune de *Cyclopygidae* et d'*Isocolidae* de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire est pauvre en espèces mais relativement variée. La plupart des espèces décrites étaient déjà connues des auteurs précédents mais avec d'autres attributions génériques. Le tableau suivant résume les modifications apportées :

<i>Aeglina bucculenta</i> Thoral, 1935	= <i>Novakella bucculenta</i> (Thoral, 1935)
<i>Aeglina savini</i> Bergeron, 1895	= <i>Cyclopyge savini</i> (Bergeron, 1895)
<i>Symphysurus</i> sp. (Thoral, 1935)	= <i>Pricyclopyge gallica</i> ? (Tjernvik, 1956)
	= <i>Incisopyge theroni</i> nov. sp.
<i>Aeglina azaizi</i> Thoral, 1935	= <i>Thoralocolus azaizi</i> (Thoral, 1935)
<i>Pradesia martyi</i> Thoral 1935	= <i>Pradesia martyi</i> Thoral, 1935

La répartition des *Cyclopygidae* ne nécessite pas de commentaires. Par contre, celle des *Isocolidae*, dans la



mesure où l'on accepte cette attribution, est plus surprenante. Aucun représentant de cette famille n'a jusqu'ici été décrit à l'Ordovicien inférieur, quelques représentants existant à l'Ordovicien moyen et l'acmé étant situé à l'Ordovicien supérieur. Les spécimens de la Montagne Noire seraient dans l'état actuel des connaissances, les ancêtres de cette famille.

La fig. 2 résume, sur un support géographique « moderne » les lieux où ont été jusqu'ici découverts des restes d'*Isocolidae*.

Nous remercions MM. Prieur, qui nous a communiqué les spécimens conservés à Lyon, et Feist, qui nous a adressé ceux conservés à Montpellier.

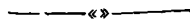
### BIBLIOGRAPHIE

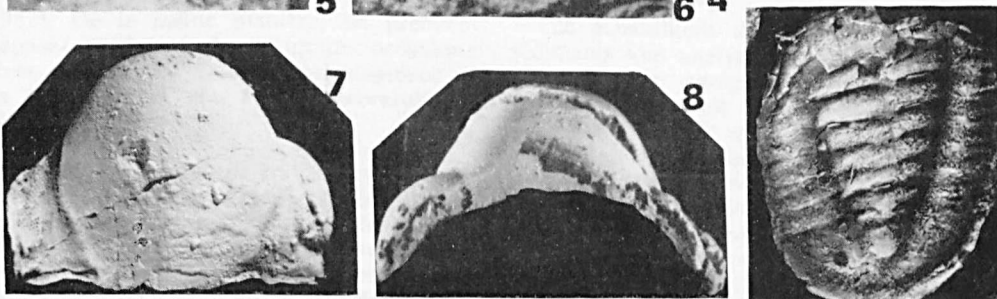
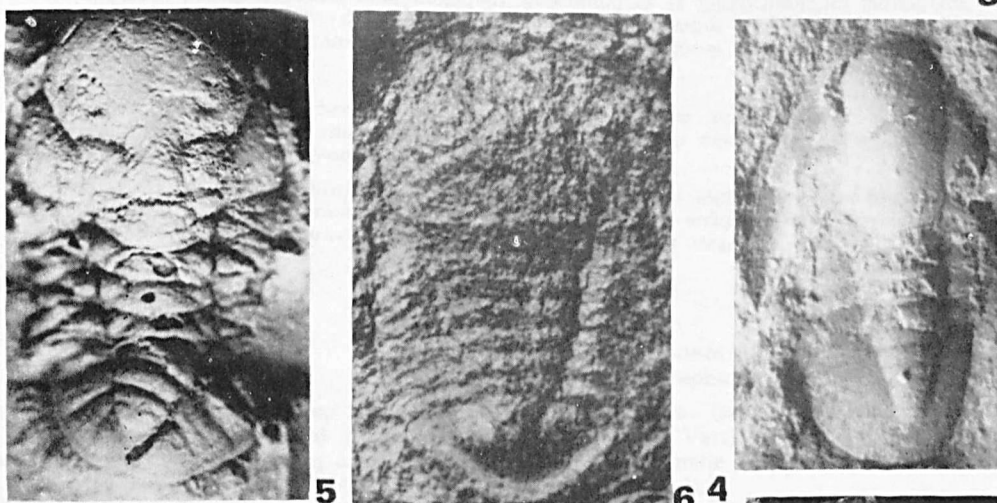
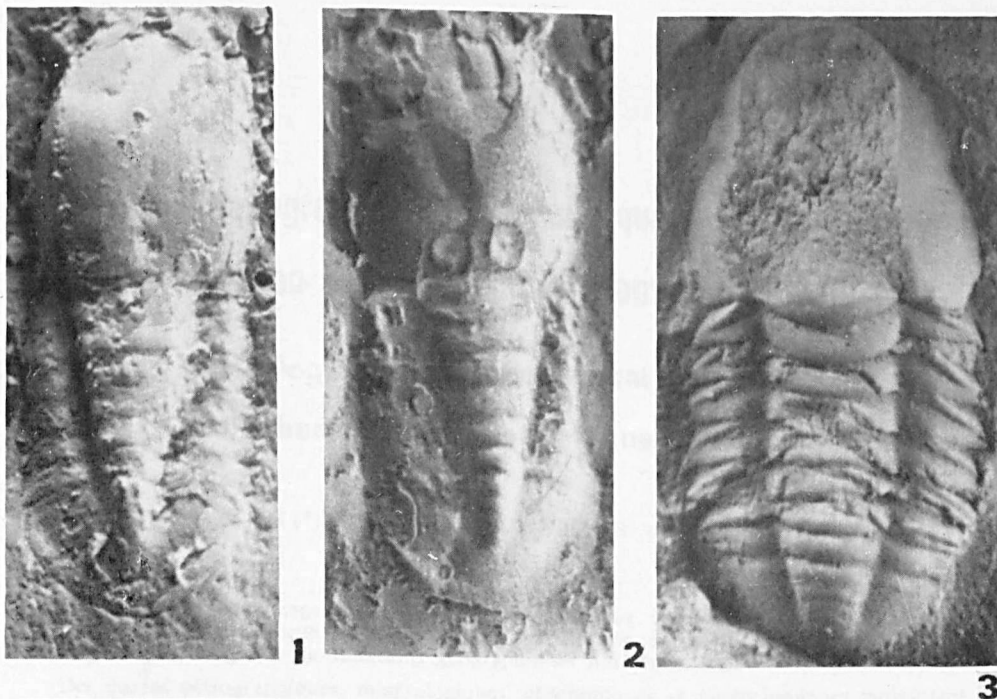
- 1) ANGELIN N.P. (1954). — *Paleontologica scandinavica*, I, Crustaceorum Formationis transitionis, fasc. 2, p. I-IX, 21-92, Pl. 25-41.
- 2) APOLLONOV M.K. (1974). — Trilobites de l'Asghill au Kazakhstan. *Alma-Atta, Nauka*, 89 p., 21 pl. (en russe).
- 3) BALASHOVA E.A. (1960). — Trilobites de l'Ordovicien moyen et supérieur et du Silurien inférieur du Taimyr Est. Leningrad Univ., 110 p. (en russe).
- 4) BERGERON J. (1895). — Notes paléontologiques. *Bull. soc. géol. Fr.*, (3), XXIII, p. 465-484, Pl. IV-V.
- 5) COOPER G.A. (1953). — Trilobites from the lower Champlainian Formations of the Appalachian valley. *Geol. soc. Amer.*, Mém. 55, p. 1-69, Pl. 1-19, 2 fig.
- 6) COURTESSOLE R. et PILLET J. (1975). — Contribution à l'étude des faunes trilobitiques de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire. Les *Eulominae* et les *Nileidae*. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCV, p. 251-272, Pl. XXIV-XXVII.
- 7) DEAN W.T. (1971). — The trilobites of the Chair of Kildare limestone (Upper Ordovician) in eastern Ireland (Monogr.), part I, *Palaeont. soc. London*, p. 1-60, Pl. 1-25.
- 8) DEAN W.T. (1972). — The Isocolid trilobites *Cyphoniscus* Salter, 1853 and *Effnaspis* gen. nov. in the Appalachian region of Canada and U.S.A. *Canad. Journ. of earth sc.*, 9, p. 415-421, 11 fig.
- 9) HARPER J.C. (1942). — *Thomondia*, a new trilobite genus from Co. Clare. *Proc. Roy. Irish Acad.*, 47 B, p. 275-278, Pl. 4.
- 10) HOLUB K. (1911). — Uber einige neue Fauna des Untersilurs in der Umgebung von Rokycan. *Bull. int. Acad. sc. Bohême*, p. 1-4, Pl. 1-2.
- 11) HORBINGER F. et VANEK J. (1983). — New Ordovician *Ellipsotaphridae* and *Remopleuridae* (Trilobita). *Cas. pro min. a geol.*, r. 28, c 3, p. 303-306, Pl. I-II.
- 12) HUPE P. (1953). — Classification des trilobites. *Ann. Pal.*, t. XXXIX, p. 61-168.
- 13) KOBAYASHI T. et HAMADA T. (1970). — Contribution to the geology and Paleontology of Southeast Asia, LXXVIII. A Cyclopygid-bearing Ordovician Fauna discovered in Malaya with a note on *Cyclopygidae*. *Geol. and Pal. Southeast Asia*. VIII, p. 1-18, Pl. 1-2.
- 14) LU Yen-hao. CHU Chao-ling, CHIEN Yi-yuan, ZHOU Zhi-yi, CHEN Jun-yuan, YU Wen, CHEN Xu et XU Han-kui (1976). — Ordovician biostratigraphy and Palaeozoogeography of China. *Mem. of Nanjink Inst. of geol. and Pal.*, n° 7, 83 p., 14 pl. (en chinois).
- 15) MAREK L. (1961). — The Trilobite family *Cyclopygidae* Raymond in the Ordovician of Bohemia. *Rozspr. Ustr. Ust. Geol.*, Sv. 28, 81 p., 6 pl.
- 16) Mc COY Fr. (1846). — A synopsis of the Silurian fossils of Ireland. 72 p., 5 pl.
- 17) MOBERG J.C. (1907). — *Aeglina umbonata* Angelin sp. *Geol. For. Forhandl.*, 29, p. 257-264, Pl. 3.
- 18) MOBERG J.C. et SEGERBERG C.O. (1906). — Bidrag till kännedomen om Ceratopyge regionen med särskild hänsyn till dess utveckling i Fogelsanangstrakten. *Lunds Univ. Arssk.*, N.F., Bd. 2, n° 17, p. 1-116, 1 fig., Pl. 1-7.
- 19) PETRULINA (1975) (in HAJRULLINA, PETRULINA et REPINA). — Stratigraphie et faune du Paléozoïque inférieur des prémons du Turkestan et de l'Alai. *Nauka Sibirian branch*, Novossibirsk, 351 p., 48 pl. (en russe).
- 20) POULSEN V. (1965). — An early ordovician trilobite fauna from Bornholm. *Medd. fra Dansk geol. For.*, Bd 16, H. I, p. 49-84, Pl. 1-9.
- 21) RICHTER R. et RICHTER E. (1954). — Die Trilobiten des Ebbe-Sattels und zu vergleichende Arten (Ordovizium, Gothlandium, Devon). *Abh. der Senck. Naturforsch. Ges.*, 488, p. 1-76, Pl. I-VI.
- 22) RICHTER R. et RICHTER E., in MOORE (1959). — Treatise on invertebrate Paleontology. *Cyclopygacea*, p. 0 361-0 362.
- 23) SALTER J.W. (1853). — Figures and descriptions illustratives of British organic remains. *Mem. geol. surv. Unit. Kingd.*, dec. VII, p. 1-10, Pl IX.
- 24) SNAJDR M. (1976). — New finds of trilobites from the Dobrotiva formation (Llandeilian) in the Barrandian. *Vestn. Ustr. Ust. geol.*, 51, p. 231-237, Pl. I-II.
- 25) THORAL M. (1935). — Contribution à l'étude paléontologique de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire et révision sommaire de la faune cambrienne de la Montagne Noire. Montpellier, La Charité, 362 p., XXXV pl.

- 26) THORAL M. (1941). — Stratigraphie et faciès de l'Arenig languedocien. *Ann. Univ. Lyon*, sect. C, fasc. II, p. 99-150, Pl. I.
- 27) TJERNVIK T.E. (1956). — On the early ordovician of Sweden. Stratigraphy and fauna. *Bull. geol. Inst. Univ. Uppsala*, 36, p. 107-284. fig. 1-45, Pl. I-II.
- 28) TJERNVIK T.E. et JOHANSON J.V. (1980). — Description of the upper portion of the drill-core from Finngrundet in the South Bothnian bay. *Bull. geol. Inst. Uppsala*, N.S., 8, p. 173-203, Pl.
- 29) WEIR J.A. (1959). — Ashgillian trilobites from Co. Clare, Ireland. *Palaeont.*, vol. I, part. 4, p. 369-383, Pl. 62-63.
- 30) WHITTARD W.F. (1952). — Cyclopygid trilobites from Girvan and a note on *Bohemilla*. *Bull. Brit. Mus. Nat. hist.-geol.*, vol. I, n° 10, p. 305-324. Pl. 32-33.
- 31) WHITTARD W.T. (1961). — The ordovician trilobites of the Shelvic inlier, West Shropshire. part. V. *Paleont. soc. London*, vol. CXIV, p. 163-196. Pl. XXII-XXV.
- 32) WHITTINGTON H.B., in MOORE (1959). — Treatise on invertebrate Paleontology, *Isocolidae*, p. 0511-0512.
- 33) WHITTINGTON H.B. (1956). — The trilobite family *Isocolidae*. *Journ. Pal.*, vol. 30, n° 5, p. 1193-1198. Pl. 129-130, 3 fig.-texte.
- 34) WHITTINGTON H.B. (1963). — Middle ordovician trilobites from lower head, Western Newfoundland. *Bull. Mus. comp. zool. Harvard*, vol. 129, n° 1, 118 p. 36 pl.

EXPLICATION DE LA PLANCHE XII

- Fig. 1, 2, 11. — *Cyclopyge savini* (Bergeron, 1895).  
1-2. - Moulages de l'holotype. Fac. sc. Lyon, n° 16.353 et 16.354. Figuré par Thoral, 1940. Pl. I, fig. 5. Cabrières (Boutoury). Gr. = 10.  
11. - Fragment de cranidium. Fac. sc. Lyon, n° 363 b. Cabrières. Gr. = 10.
- Fig. 3, 4, 9, 10. — *Thoralocolus azaizi* (Thoral, 1935).  
3. - Holotype. Fac. sc. Montpellier, coll. Azais. Saint-Chinian, niveau f. Gr. = 6. La glabelle et les librigenes manquent et le pygidium est replié.  
4. - Nord de Félines, niveau f. Coll. Vizcaino. Gr. = 9. Glabelle et librigenes sont conservées. Les anneaux axiaux sont télescopés.  
9, 10. - Cranidium isolé. Saint-Chinian, niveau f. Fac. sc. Montpellier, coll. Villebrun. Gr. = 10.
- Fig. 5. — *Pradesia martyi* Thoral, 1935.  
Holotype. Prades-sur-Vernazobre, niveau f. Fac. sc. Montpellier, coll. Marty. Gr. = 5.
- Fig. 6. — *Pricyclopyge gallica* ? (Tjernvik, 1956).  
Châtaigneraie d'Assignan, niveau f?. Fac. sc. Montpellier, coll. Miquel. Gr. = 5. Reproduction de la figure de Thoral. L'original et seul spécimen connu semble perdu.
- Fig. 7-8. — *Novakella bucculenta* (Thoral, 1935).  
Saint-Chinian, niveau f. Fac. sc. Montpellier, coll. Azais. Gr. = 3.5.
- Fig. 12. — Cyclopygidae indéterminé. Surface visuelle. La Maurerie, niveau h. Gr. = 15.
- Fig. 13. — *Incisopyge ? theroni* nov. sp. Sources du Foulon, niveau l. Gr. = 4.







## Données pétrographiques, minéralogiques et géochimiques sur la transition basaltes-sédiments dans l'Atlantique Nord

### Petrographical, mineralogical and geochemical data about North Atlantic basalts - sediments transition

par Hervé COULON (\*), Pierre DEBRABANT (\*) et Christian LEFEVRE (\*)

*Résumé.* — Le passage de la croûte océanique aux premiers sédiments de l'océan Atlantique Nord est abordé à travers l'étude de la base de cinq forages du Deep Sea Drilling Project d'âges et de situations géographiques différents.

Des études pétrographiques, minéralogiques, géochimiques et microchimiques permettent de caractériser divers types d'altération de la croûte océanique et de distinguer des marqueurs d'influences volcaniques, hydrothermales et terrigènes pendant les premiers stades de la sédimentation.

*Abstract.* — *Transition between oceanic crust and the first North Atlantic sediments is approached through the study of the bottom of five Deep Sea Drilling Project drill site for different ages and geographical locations.*

*Petrographical, mineralogical, geochemical and microchemical analysis are used to characterize different basalt alteration processing and to distinguish volcanic, hydrothermal and terrigenous influences markers during the first sedimentation stages.*

#### I. — INTRODUCTION

Grâce aux forages océaniques du Deep Sea Drilling Project, les basaltes de l'Atlantique Nord et leurs produits d'altération commencent à être bien connus (Hart et Staudigel, 1979; Juteau *et al.*, 1979; Mevel, 1979; Hékinian, 1982). De la même manière, les premiers sédiments déposés au-dessus de la croûte océanique ont fait l'objet de diverses études minéralogiques et géochimiques (Chamley *et al.*, 1980; Debrabant et Chamley, 1982).

En revanche, à ce jour, peu de travaux ont abordé, à partir d'une approche minéralogique et géochimique unique, l'étude des relations entre les basaltes océaniques, leurs produits d'altération, et les sédiments intercalés ou sus-jacents. Nous présentons ici les données préliminaires d'une telle approche appliquée à cinq

forages sélectionnés en fonction de leur âge et de leur situation géographique.

Sont retenus : les sites 105 (bassin d'Hatteras), 367 (bassin du Cap Vert), 387 (ride Ouest Bermudes) 418 B (ride de l'anomalie J) et 396 (ride médio-océanique) (fig. 1 et tabl. I).

26 échantillons de basaltes et 26 échantillons de sédiments sont analysés par la diffraction des rayons X (sur pâtes ou agrégats orientés) appliquée à l'étude semi-quantitative de la fraction argileuse (Chamley et Debrabant, 1984) et par spectrométrie d'absorption atomique et moléculaire pour le dosage (en roche totale) des éléments majeurs et en traces (Pinta, 1971). Ces données sont complétées par des études microchimiques effectuées à la microsonde électronique Camebax, sur la fraction inférieure à 2  $\mu\text{m}$  de certains sédiments (Debrabant *et al.*, 1984) et sur des lames polies de basaltes.

(\*) ERA 764, Université de Lille I, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

Note présentée le 7 Novembre 1984 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 5 Juin 1985.

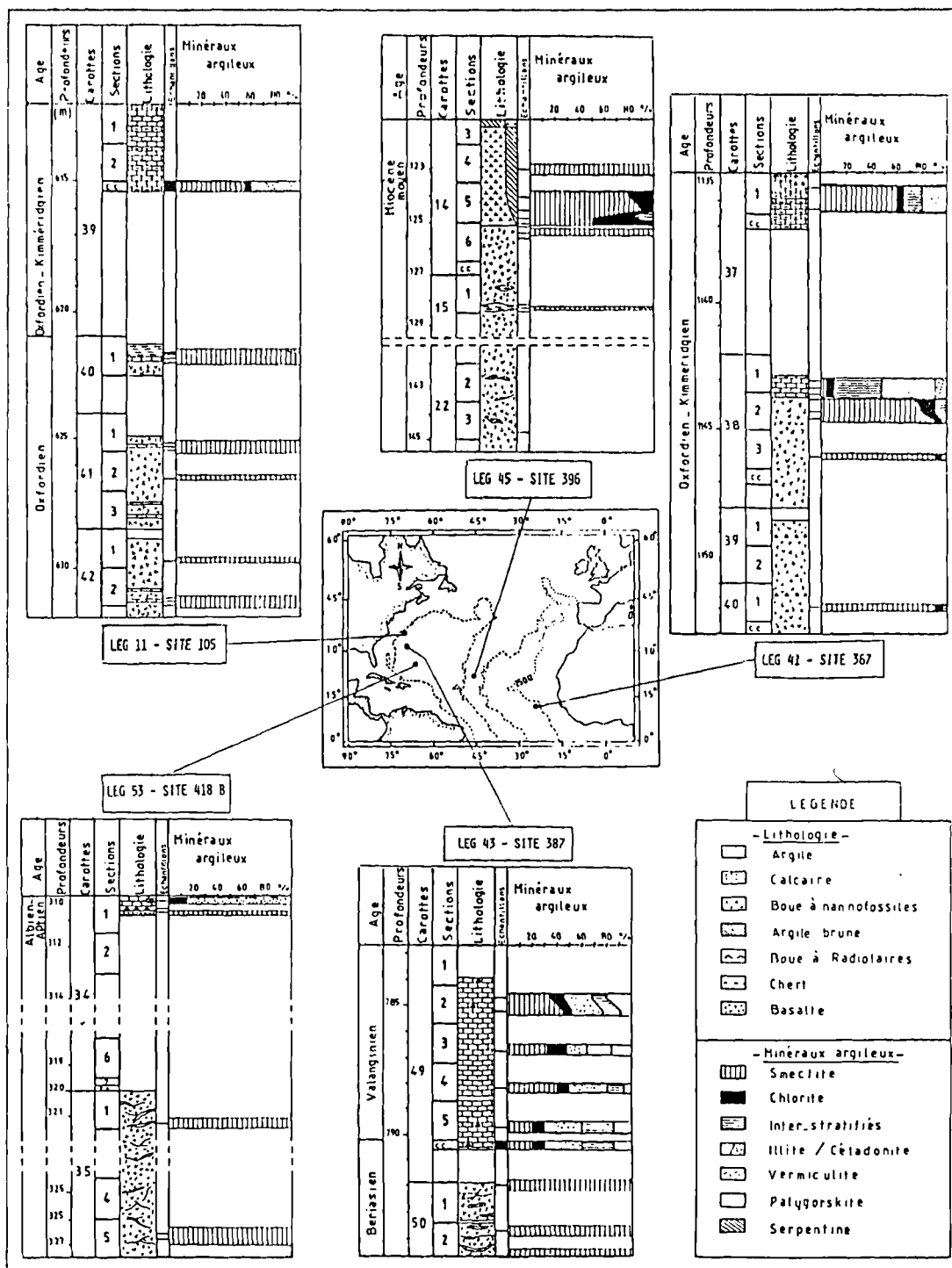


Fig. 1. — Situation géographique, lithologie et minéralogie des argiles des forages étudiés.

Fig. 1. — Geographical location, lithology and clay mineralogy of the studied bore holes.

CAMPAGNE DE FORAGE (LEG)	SITE DE FORAGE	COORDONNEES GEOGRAPHIQUES	PROFONDEUR D'EAU	PENETRATION	CAROTTES ETUDIEES	PROFONDEUR DU CONTACT BASALTE SEDIMENTS	AGES DES PREMIERS SEDIMENTS
11	105	34°54,0' N- 69°10,2' W	5251 m	633 m	42 41 40	622 m	Oxfordien - Kimméridgien
41	367	12°29,2' N- 20°02,8' W	4748 m	1153 m	40 39 38 37	792 m	Oxfordien - Kimméridgien
43	387	32°19,2' N- 67°40,0' W	5117 m	794,5 m	50 49	792 m	Berriasien - Valanginien
53	418 B	25°02,08' N- 65°03,45' W	5514 m	329,6 m	35 34	320 m	Albien - Aptien
45	396	22°58,88' N- 43°30,95' W	4450 m	211,5 m	22 15 14	125 m	Miocène moyen

Tableau I. — Caractéristiques des forages.

Table I. — Bore holes characteristics.

## II. — LES BASALTES ET LEUR ALTERATION

### A) LES BASALTES

#### 1) Classification.

Tous les échantillons ont une composition chimique très proche de celle des tholéiites de ride médio-océanique (Hékinian, 1982) (fig. 2 et tabl. II) : ils sont caractérisés par des teneurs en  $\text{SiO}_2$  comprises généralement entre 48 et 52 %, des concentrations en  $\text{TiO}_2$  peu élevées (0,5 à 2 %), des teneurs en alcalins et plus particulièrement en  $\text{K}_2\text{O}$  faibles (moins de 0,5 % en général). Les basaltes analysés sont donc du type tholéitique. Dans la classification de Yoder et Tilley (1962), ces laves sont à rattacher aux tholéiites à olivine. Ces compositions chimiques, par ailleurs, peuvent varier selon les conditions d'altération des laves.

#### 2) Pétrographie.

Le mode de mise en place détermine différents aspects (tabl. III) : coulées massives, en coussins, ou niveaux de hyaloclastites particulièrement sensibles à la palagonitisation.

#### 3) Minéralogie.

Quatre phases minéralogiques essentielles sont identifiées :

a) *Les plagioclases.* Les teneurs en anorthite des phénocristaux varient de An 90-80 pour le cœur à An 75-70 vers la périphérie (tabl. IV et fig. 3). Les microphénocristaux et les microlites cristallisent en

aiguilles isolées ou en gerbes (texture plumeuse). Ils sont plus sodiques que les phénocristaux, puisque leurs teneurs en anorthite sont comprises entre An 75-An 65.

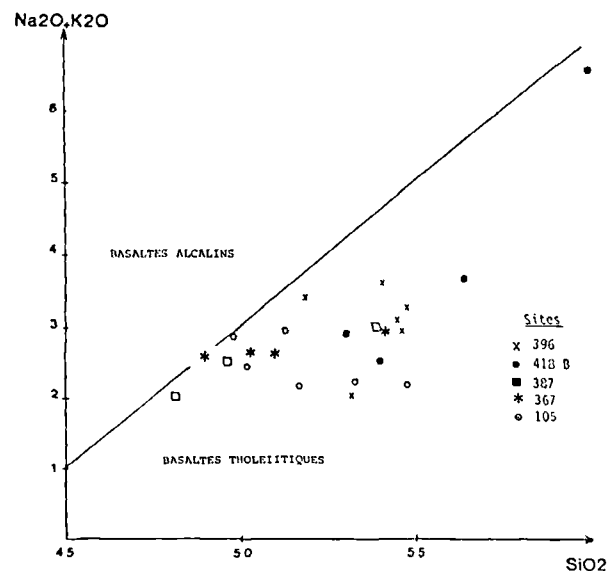


Fig. 2. — Position des échantillons dans le diagramme  $\text{SiO}_2$  —  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  différenciant les tholéiites des basaltes alcalins (limite d'après Irvine et Baragar, 1971).

Fig. 2. — Samples location in the  $\text{SiO}_2$  —  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  diagram differentiating tholeiite, from alkaline basalts (boundary from Irvine and Ba. agar, 1971).

LEG 11 - SITE 105

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	%													ppm				
40-1-102	46.30	15.11	11.50	13.11	7.10	2.38	0.59	1.02	110	1658	140	12	123	208	49	82	14	320
41-1-115	45.20	14.35	10.45	14.42	7.39	2.05	0.39	0.93	121	1474	143	10	129	340	58	75	17	300
41-1-142	46.70	15.09	9.83	13.40	7.35	2.04	0.15	1.02	110	1932	113	15	194	307	71	108	18	330
41-2-100	41.70	13.08	9.60	17.85	6.40	1.88	0.43	0.85	116	1358	90	15	105	250	45	72	29	260
42-1-122	44.90	13.56	11.23	19.78	7.30	1.91	0.42	0.92	116	1332	105	15	144	315	54	97	24	300
42-2-118	49.80	15.11	10.10	13.13	7.95	2.00	0.17	0.90	105	1421	105	15	184	266	68	102	23	300
42-2-143	48.30	15.23	10.55	13.98	7.08	1.98	0.27	0.42	116	1395	98	14	106	368	66	97	23	310

LEG 41 - SITE 367

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	%													ppm				
38-2-28	42.10	13.00	17.90	4.00	13.20	1.94	0.25	1.88	158	2663	610	47	71	36	79	153	16	480
38-2-80	44.00	14.65	16.73	6.20	9.53	2.48	0.14	2.08	174	4000	184	24	64	41	77	119	15	520
38-2-106	46.00	14.13	16.83	7.53	9.90	2.46	0.15	1.77	184	4350	192	20	65	37	59	147	16	510
38-3-100	45.30	14.45	15.10	8.10	8.73	2.56	0.20	1.58	158	2890	149	12	69	79	82	142	19	410
40-1-94	49.10	14.38	14.20	9.10	8.08	2.78	0.21	1.42	163	2463	146	12	76	100	69	143	15	420

LEG 43 - SITE 387

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	%													ppm				
50-1-5	44.70	17.66	8.05	12.93	6.53	2.46	0.54	0.92	211	810	98	19	169	285	106	83	22	260
50-2-27	48.90	17.82	9.53	10.83	7.13	2.50	0.50	0.80	184	768	126	13	93	246	48	89	20	290
50-2-140	43.20	11.35	7.98	17.53	7.33	1.62	0.38	0.60	200	1400	82	15	109	180	51	54	25	180

LEG 53 - SITE 418 B

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	%													ppm				
34-1-64	55.00	19.30	7.78	6.38	3.58	2.90	3.20	1.32	121	189	101	17	149	230	78	122	12	340
35-1-128	48.00	15.11	10.80	13.73	6.73	2.28	0.65	1.02	105	1300	94	11	73	212	50	80	15	280
35-5-55	49.00	16.24	9.78	13.39	5.70	2.38	0.18	0.99	121	1195	152	10	94	215	59	105	15	300
35-5-75	51.40	16.64	9.15	11.63	6.20	2.59	1.10	1.17	116	989	141	9	97	236	97	108	15	310

LEG 45 - SITE 396

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	%													ppm				
14-6-5	49.10	17.13	10.80	10.55	6.18	3.12	0.54	1.12	183	1468	128	12	102	248	99	64	20	230
14-6-10	49.80	16.88	10.30	11.89	6.00	3.06	0.21	1.55	163	1253	100	16	96	216	75	53	20	280
14-6-10	49.50	15.74	9.95	11.30	7.18	2.88	0.25	1.46	168	1479	102	9	111	236	57	53	25	270
14-6-50	46.90	18.48	11.28	13.08	3.48	3.18	0.25	1.53	189	1332	110	12	70	249	63	52	17	330
15-1-121	48.20	17.24	9.18	12.18	7.05	1.88	0.18	1.03	158	1284	100	12	146	274	65	58	18	230
15-1-132	49.70	17.77	10.03	8.85	4.65	3.52	1.57	1.35	168	1400	128	18	114	210	76	57	14	190
22-3-123	49.60	17.68	9.38	11.80	7.73	2.80	0.18	1.22	169	1289	779	21	158	274	63	58	18	240

Tableau II. — Analyses géochimiques des basaltes.

Table II. — Geochemical analysis of basalts.



Il faut remarquer qu'au site 367, les microlites plagioclasiques sont enrichis en albite, leur composition variant de An 60 à An 52. De l'albite pure (An 8) a même été déterminée.

b) *Les olivines et les pyroxènes.* Les olivines apparaissent sous forme de phénocristaux xénomorphes dans les sites 418 B et 396 (tabl. IV et fig. 4). Leur teneur en forstérite (Fo 90-80) atteste d'une cristallisation précoce de ces phases. Elles sont associées à des clinopyroxènes de type endiopside-augite, à l'état de phénocristaux au site 387 et de microlites au site 105.

c) *Les minéraux opaques.* Ils ne sont présents qu'en microcristaux dans la pâte des basaltes. Ce sont des oxydes ferro-titanés de type titano-magnétite.

Echantillons	Description	PHENOCRISTAUX			MICROLITES			MINÉRAUX D'ALTERATION				
		plagioclases	pyroxènes	olivines	plagioclases	pyroxènes	olivines	calcite	palagonite	céladonite	smectites	chlorites
11-105-40-1-102	coulée massive t. aphyrique				An70	+			+	+	+	+
41-1-115	coulée massive t. sub-aphyrique	An85			An75	+			+	+		
41-1-142	coulée massive t. sub-aphyrique	+				+			+	+		
41-2-100	coulée massive t. sub-aphyrique	+				+			+	+		
42-1-122	coulée massive t. sub-aphyrique	+				+			+	+		
42-2-118	coulée massive t. sub-aphyrique	+				+				+	+	
42-2-143	coulée massive t. sub-aphyrique	An85		+	An72	+			+	+	+	+
41-367-38-2- 28	coulée massive t. aphyrique						+			+	+	+
38-2- 80	coulée massive t. aphyrique						+			+	+	+
38-2-106	coulée massive t. aphyrique				An60	+				+	+	+
38-3-100	coulée massive t. aphyrique					+				+	+	+
40-1- 94	coulée massive t. aphyrique				An65 Ab95	+				+	+	+
43-387-50-1- 5	coulée massive t. porphyrique	An85	+		An72	+			+	+	+	+
50-2- 27	coulée massive t. porphyrique	+	+			+				+		
50-2-140	coulée massive t. porphyrique	An85	+		An70	+				+		
53-418B-34-1-64	coussin (bordure)	An80			An70					+	+	+
35-1-128	brèche basaltique	An80			An70					+	+	+
35-5- 55	brèche basaltique	An80		+	An72		+		+	+	+	+
35-5- 75	coussin (bordure)	An80		Fo85	An72		+		+	+	+	+
45-396-14-6- 5	hyaloclastite	An78		+	An65		+		+			
14-6- 10	coulée massive t. porphyrique	An80		Fo85	An65		+					
14-6- 35	coulée massive t. porphyrique	+				+				+		
14-6- 50	coulée massive t. porphyrique	+				+				+		
15-1-121	coulée massive t. porphyrique	An80		Fo88	An65		+					
15-1-126	hyaloclastite	An80		Fo86	An70					+	+	+
22-3-123	coulée massive t. porphyrique	+		+		+						

Tableau III. — Pétrographie des basaltes.

Table III. — Basalts petrography.

## B) ALTERATION DES BASALTES

### 1) Généralités.

Les basaltes émis au niveau de la ride subissent une altération plus ou moins rapide due à des circulations de fluides de basse ou de haute température à travers la croûte, ou à des phénomènes métamorphiques (Hart et Staudigel, 1979 ; Hékinian, 1982 ; Desprairies et Jehanno, 1983).

Les basaltes s'altèrent classiquement en palagonite et minéraux argileux variés localisés dans des géodes, des veinules ou pseudomorphosant certains phénocristaux.

La chimie du basalte altéré est caractérisée principalement par une hydratation et par un enrichissement en K<sub>2</sub>O (fig. 5). Le degré d'altération de la roche est lié à de multiples paramètres : l'âge, la durée du contact avec l'eau de mer, la rapidité de renouvellement du fluide interstitiel. Ainsi, un échantillon d'âge oxfordien-kimméridgien (site 105) peut être moins altéré qu'un échantillon d'âge miocène moyen (site 396) (fig. 5).

### 2) Les produits d'altération.

a) *La palagonite.* Les nombreux travaux effectués sur la palagonite (Honnorez, 1968 ; Honnorez, 1981 ; Noack, 1981 ; Noack, 1983) montrent qu'elle est le résultat de l'altération des verres basaltiques par l'eau de mer. La palagonite est ordinairement formée de smectites passant, avec la progression de l'altération et/ou de la température, d'un type trioctaédrique à un type dioctaédrique (Desprairies, 1983). A ces minéraux sont fréquemment associés des minéraux secondaires de type zéolite ou calcite.

Nous retrouvons sensiblement ces résultats dans les échantillons du D.S.D.P. Optiquement, la palagonite se présente sous forme de veines ou de globules de couleur alternativement verte et jaune, reflétant des hétérogénéités chimiques et minéralogiques (fig. 6).

b) *Les smectites.* Elles sont de deux types :

— des saponites, caractérisées par des teneurs faibles en Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (3 à 9 %) et fortes en MgO (17 à 20 %). Elles pseudomorphosent principalement l'olivine (tabl. V et fig. 7) ;

— des nontronites, pauvres en  $Al_2O_3$  (4 %), mais riches en  $Fe_2O_3$  (28 à 31 %). Elles forment des globules dans la pâte (tabl. V et fig. 7).

c) *Les céladonites et protocéladonites.* Ce sont des micas issus de la dévitrification des verres basaltiques (Mevel, 1979 ; Hékinian, 1982) (tabl. V et fig. 7). Ces minéraux verts, associés ou non à des smectites, se présentent sous forme de globules ou de veinules. Les céladonites sont caractérisées par des teneurs faibles en  $Al_2O_3$  (< 7 %) et fortes en  $K_2O$  (> 7 %). Les protocéladonites sont plus alumineuses (7 <  $Al_2O_3$  < 10 %) et moins potassiques (4 <  $K_2O$  < 7 %).

d) *Les chlorites.* Leur présence dans le site 367 suggère une altération de haute température (tabl. V et fig. 7). Elles sont associées à des interstratifiés à feuillets de type chlorite-smectite, à des saponites et des zéolites. Leur provenance peut s'expliquer de deux manières :

— une altération deutérique, c'est-à-dire une altération de la lave par des fluides juvéniles, avant son refroidissement complet ;

— un métamorphisme de type schistes verts transformant les basaltes sans variations de texture : l'assemblage albite, chlorite, interstratifiés (chlorite-smectite),

Site	PLAGIOCLASES									PYROXENES			OLIVINES						
	105			367			387			418 B			396						
SiO <sub>2</sub>	46,77	50,47	51,34	55,40	55,62	46,55	48,35	49,69	49,05	51,92	50,09	47,81	48,86	51,44	51,12	40,42	41,21		
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	31,32	28,29	27,97	26,72	26,35	31,55	29,72	29,48	31,95	30,25	29,43	32,04	30,54	4,62	4,37	0,06	0,11		
FeO	0,49	0,68	0,84	1,09	1,10	0,44	0,64	0,38	0,39	0,46	0,63	0,34	0,40	7,36	5,90	14,51	10,54		
MgO	0,27	-	-	0,19	0,15	0,28	0,32	0,26	0,24	0,27	0,34	0,19	0,20	17,62	18,09	46,18	48,62		
TiO <sub>2</sub>	0,03	0,07	0,16	0,15	0,03	0,03	-	0,07	-	0,06	0,05	-	0,02	0,77	0,65	0,07	0,07		
K <sub>2</sub> O	0,03	0,03	0,01	0,03	0,11	0,03	0,04	0,11	0,03	0,07	0,23	0,02	-	-	-	-	-		
Na <sub>2</sub> O	1,75	2,74	3,43	5,00	5,30	1,97	2,79	3,10	2,09	3,11	3,46	1,86	2,55	0,13	0,15	0,01	-		
CaO	16,68	14,40	13,79	11,42	10,27	16,26	15,09	14,87	16,55	14,50	13,87	16,13	15,12	17,86	18,21	0,37	0,22		
MnO	0,27	-	-	0,02	-	0,04	0,11	0,70	-	-	-	0,08	0,03	0,29	0,18	0,12	0,21		
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	-	-	0,13	0,07	-	0,05	0,07	0,05	-	-	-	-	-	0,10	0,26	-	-		
NiO	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,05	0,29		
Total	97,61	98,68	97,67	100,09	99,43	97,17	97,13	98,71	100,30	100,64	98,10	95,47	97,72	100,19	98,93	101,79	101,27		
FORMULES STRUCTURALES																			
Si	2,212	2,376	2,398	2,511	2,526	2,206	2,290	2,325	2,244	2,353	2,339	2,226	2,287	1,879	1,882	0,992	1,002		
Al	1,746	1,570	1,540	1,428	1,411	1,723	1,659	1,626	1,723	1,616	1,620	1,759	1,686	0,199	0,190	0,002	0,003		
Fe <sup>2+</sup>	0,019	0,027	0,032	0,041	0,041	0,017	0,025	0,015	0,015	0,017	0,024	0,013	0,016	0,225	0,182	0,285	0,214		
Mg	0,022	0,050	0,065	0,016	0,013	0,023	0,026	0,021	0,020	0,023	0,028	0,016	0,017	0,959	0,993	1,720	1,762		
Ti	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,021	0,018	-	-		
K	0,002	0,002	0,001	0,02	0,06	0,02	0,02	0,07	0,02	0,04	0,014	0,010	-	-	-	-	-		
Na	0,161	0,250	0,311	0,439	0,467	0,181	0,256	0,281	0,185	0,273	0,313	0,168	0,231	0,009	0,011	-	-		
Ca	0,845	0,726	0,690	0,555	0,533	0,826	0,766	0,745	0,811	0,704	0,694	0,805	0,758	0,699	0,718	0,005	0,006		
Mn	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,009	0,006	0,002	0,004		
Cr	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,003	0,008	-	-		
Ni	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,001	0,006		
An	83,893	74,250	68,920	55,698	52,993	81,071	74,753	72,146	81,260	71,740	67,970	82,630	76,620	Fe	12,358	9,866	Fo	85,67	88,96
Ab	15,927	25,566	31,020	44,128	46,372	17,949	25,010	27,217	18,560	27,850	30,680	17,240	23,380	En	50,696	52,290	-	-	-
Or	0,180	0,185	0,126	0,175	0,635	0,180	0,236	0,637	0,180	0,410	1,350	0,120	-	Wo	36,946	37,844	-	-	-
	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0						
<p>                     ● Phénocristal coeur                      ○ Phénocristal périphérie                      ○ Microлите                 </p> <p>                     Plagioclase : <math>(Z_4O_8)X_1</math>    Z=Si+Al+Cr+Ti+Fe<sup>3+</sup>    X=Ca+Na+K                      Pyroxène : <math>(Z_2O_6)X_1Y_1</math>    Z=Si+Al+Cr+Ti+Fe<sup>3+</sup>    X=Ca+Na+K                      Olivine : <math>(Z_1O_4)X_2</math>    Z=Si+Al+Cr+Ti+Fe<sup>3+</sup>    Y=Mg+Fe<sup>2+</sup>+Mn                      X=Mg+Fe<sup>2+</sup>+Mn+Na+Ca                 </p>																			

Tableau IV. — Analyses microchimiques et formules structurales de quelques minéraux basaltiques.

Table IV. — Microchemical analysis and structural formulas of some basaltic minerals.

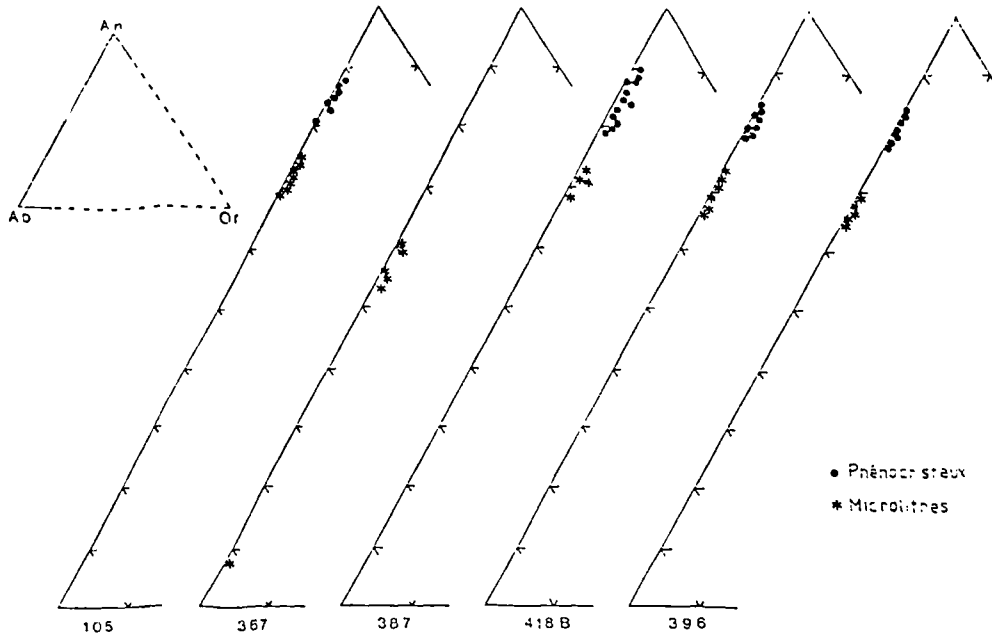


Fig. 3. — Position des feldspaths dans le diagramme Albite-Anorthite-Orthose.

Fig. 3. — Feldspars location in the Albite-Anorthite-Orthose diagram.

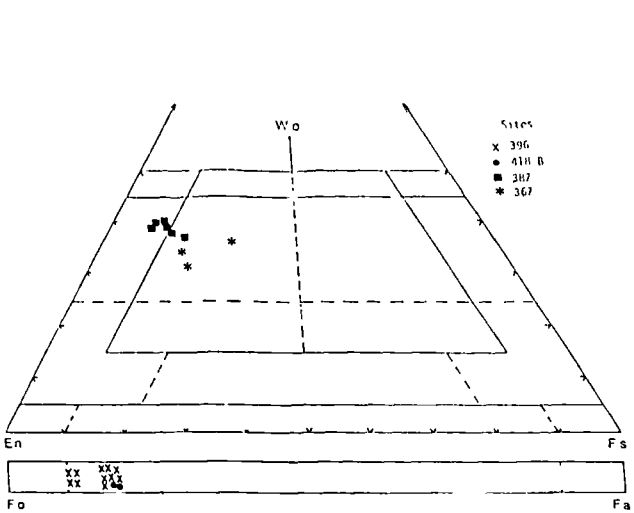


Fig. 4. — Position des pyroxènes dans le diagramme Enstatite-Ferrosilite-Wollastonite et des olivines dans le diagramme Fayalite-Forstérite.

Fig. 4. — Pyroxenes location in the Enstatite-Ferrosilite-Wollastonite diagram and olivines location in the Fayalite-Forsterite diagram.

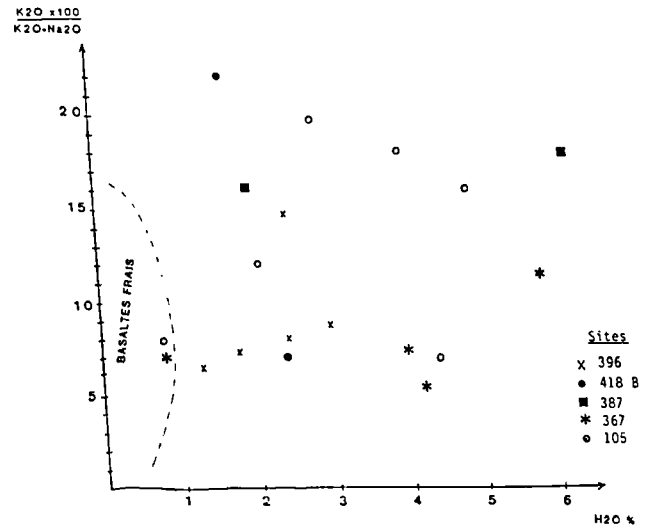


Fig. 5. — Position des échantillons basaltiques dans le diagramme  $H_2O - \frac{K_2O \times 100}{K_2O + Na_2O}$ .

Fig. 5. — Basaltic samples location in the  $H_2O - \frac{K_2O \times 100}{K_2O + Na_2O}$  diagram.

smectite constitue un argument en faveur de cette hypothèse. La présence de zéolites peut être expliquée par une deuxième phase d'altération de basse température cette fois.

### III. — LES SEDIMENTS

#### A) LES SEDIMENTS INTERSTRATIFIES DANS LES BASALTES

##### 1) Site 105 (Bassin d'Hatteras).

Deux échantillons sont étudiés : 42-2-130 et 41-1-132. Ce sont des calcaires recristallisés à grain fin

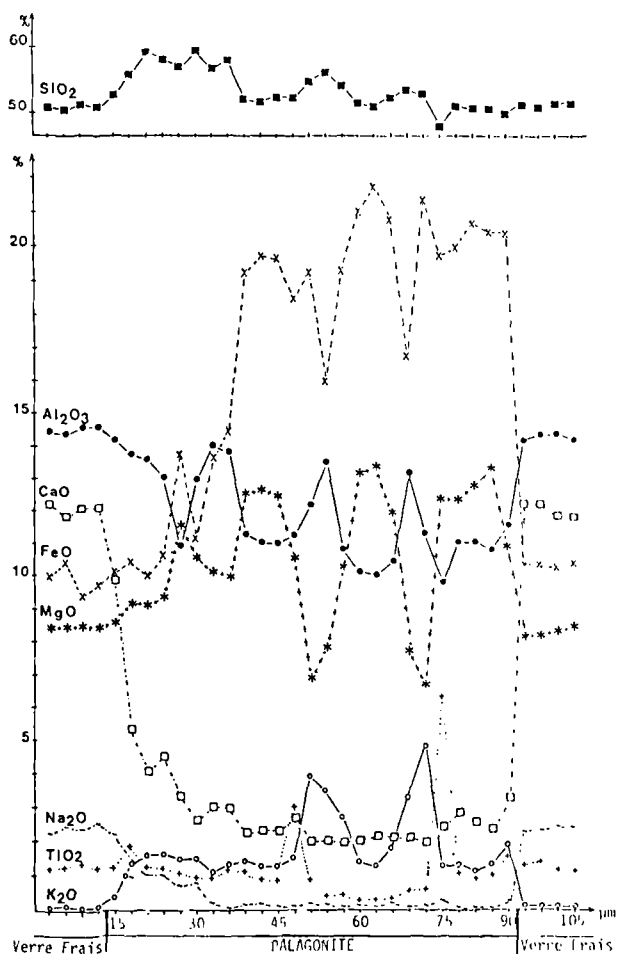
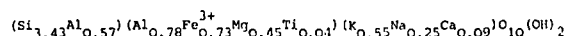


Fig. 6. — Zonation microchimique dans une frange de palagonite de l'échantillon 418B-35-5-75.

Fig. 6. — Microchemical zonation of a palagonite vein from the sample 418B-35-5-75.

(82 à 88 % de CaCO<sub>3</sub>), contenant des clastes de verre basaltique altéré (Hollister, Ewing *et al.*, 1972). L'importance du manganèse (4 300 ppm) dans le niveau 42-2-130, associée à la faiblesse du rapport Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (< 1) indique un développement des précipitations métalliques (tabl. VI). La fraction argileuse de ces sédiments, constituée pour l'essentiel de smectites de haute cristallinité (100 %), fait l'objet d'une étude microchimique.

a) Niveau 42-2-130. La composition chimique moyenne est marquée par la richesse en Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (14,59 %) et en K<sub>2</sub>O (6,49 %) (tabl. VII). Ces particules s'apparentent aux nontronites (Desprairies, 1981) ou à des smectites de la phase palagonitique (Noack, 1979), de type beidellites ferrifères potassiques, comme semble l'indiquer du reste la présence de verre basaltique dans ce sédiment. La formule structurale traduit un fort déficit octaédrique, compensé par la richesse en cations échangeables :



b) Niveau 41-1-132. Les smectites de ce niveau diffèrent de celles du niveau précédent par leur richesse en MgO (19,44 %) (tabl. VII) et surtout par la saturation en charges octaédrique : Mg<sup>2+</sup> apparaît en position d'échange, les alcalins étant peu abondants ; Mg<sup>2+</sup> et à moindre degré Fe<sup>3+</sup>, remplacent Al<sup>3+</sup> octaédrique. Ces particules évoquent des saponites (Deer *et al.*, 1963) :

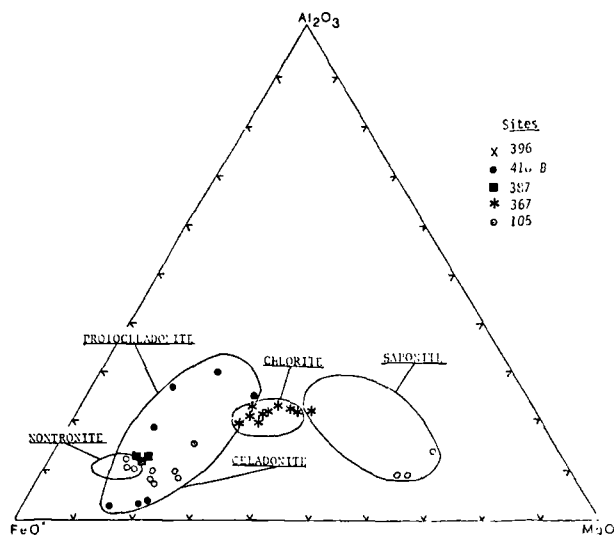
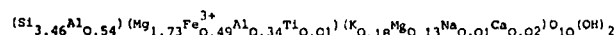


Fig. 7. — Position des minéraux d'altération basaltique dans le diagramme FeO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO.

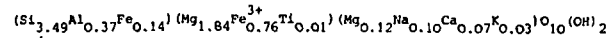
Fig. 7. — Basaltic alteration minerals location in the FeO-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>-MgO diagram.

2) Site 396 - niveau 15-1-122 (Est de la ride médio-océanique).

Il s'agit de calcaires marneux recristallisés, à clastes de verre basaltique. Ils se présentent sous forme d'amygdales suggérant que les basaltes ont été extrudés dans ces dépôts, alors que ces derniers étaient encore fluides et n'avaient pas plus de quelques mètres d'épaisseur (Dmitriev, Heirzler *et al.*, 1978). Contenant 55 à 75 % de CaCO<sub>3</sub>, les sédiments possèdent des teneurs élevées en métaux de transition (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 3,91 % ; Mn = 1 210 ppm).

La fraction argileuse, constituée de 90 % de smectites et de 10 % de serpentines, est étudiée à la microsonde. Les smectites très ferromagnésiennes (MgO =

20,26 % ; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 18,39 %) et peu alumineuses (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 4,83 %) (tabl. VII) se rapprochent fortement des saponites ferrifères identifiées dans les basaltes altérés (tabl. 5). Du fait de la pauvreté en aluminium, il est probable que des ions ferriques compensent partiellement le déficit de charges tétraédriques. Un excès de magnésium apparaît en position échangeable afin d'assurer la neutralité électrique de l'ensemble. La formule structurale moyenne est de type :



Quelques plagioclases (An 50 - Ab 48) plus sodiques que ceux du basalte encaissant, sont par ailleurs identifiés.

Ech.	SAPONITES		NONTRONITES		CELADONITES		PROTOCELADONITES		CHLORITES		
	11-105		41-367		11-105		11-105		41-367		
	42-1-143	38-2-106	41-2-100	35-1-28	43-387	40-1-102	34-1-64	38-3-100	38-2-106		
Elt. %	a	b	c	a	b	a	b	a	b		
SiO <sub>2</sub>	48,14	49,33	44,08	37,25	37,29	54,07	51,69	49,12	49,49	30,36	31,90
TiO <sub>2</sub>	-	0,03	0,11	0,08	0,20	0,03	0,13	0,26	0,15	-	-
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,16	3,36	8,97	4,06	4,08	1,13	3,95	8,40	9,11	11,85	11,62
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,18	0,11	0,08	-	0,12	0,01	0,06	-	0,14	0,01	-
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10,08	11,35	17,72	34,25	30,84	25,76	25,61	20,23	17,92	29,84	23,83
MnO	0,02	0,35	0,14	0,08	-	0,04	0,24	0,04	0,08	0,24	0,27
H <sub>2</sub> O	20,84	21,59	16,63	11,03	9,21	6,37	4,89	4,60	9,14	16,84	19,72
CaO	1,07	0,70	3,46	1,43	1,43	0,51	0,49	1,22	1,26	0,31	0,26
Na <sub>2</sub> O	0,20	0,36	0,10	0,28	0,23	0,04	0,04	0,07	0,15	0,10	0,01
K <sub>2</sub> O	0,41	0,65	0,16	1,52	1,60	7,90	7,68	6,82	3,78	0,01	0,02

FORMULES STRUCTURALES

**Saponites:**

(a)  $(Si_{3,63}Al_{0,28}Fe_{0,09}^{3+})(Mg_{2,28}Fe_{0,48}^{3+})(Ca_{0,09}Mg_{0,06}K_{0,04}Ca_{0,03})O_{10}(OH)_2$

(b)  $(Si_{3,59}Al_{0,29}Fe_{0,12}^{3+})(Mg_{2,25}Fe_{0,12}^{3+})(Mg_{0,10}K_{0,06}Ca_{0,05}Na_{0,05})O_{10}(OH)_2$

(c)  $(Si_{3,18}Al_{0,76}Fe_{0,06}^{3+})(Mg_{1,65}Fe_{0,90}^{3+})(Ca_{0,27}Mg_{0,13}Na_{0,01}K_{0,01})O_{10}(OH)_2$

**Nontronites:**

(a)  $(Si_{2,94}Al_{0,38}Fe_{0,68}^{3+})(Fe_{1,35}Mg_{0,97}^{3+})(Mg_{0,32}Ca_{0,12}K_{0,15}Na_{0,04})O_{10}(OH)_2$

(b)  $(Si_{3,07}Al_{0,40}Fe_{0,53}^{3+})(Fe_{1,39}Mg_{0,89}Ti_{0,01}^{3+})(Mg_{0,24}Ca_{0,13}K_{0,15}Na_{0,04})O_{10}(OH)_2$

**Céladonites:**

(a)  $(Si_{3,85}Al_{0,10}Fe_{0,05}^{3+})(Fe_{1,33}Mg_{0,68}^{3+})(K_{0,71}Ca_{0,04})O_{10}(OH)_2$

(b)  $(Si_{3,74}Al_{0,26}^{3+})(Fe_{1,39}Mg_{0,53}Al_{0,08}^{3+})(K_{0,71}Ca_{0,04})O_{10}(OH)_2$

**Protocéladonites:**

(a)  $(Si_{3,63}Al_{0,37}^{3+})(Fe_{1,13}Mg_{0,51}Al_{0,36}Ti_{0,01}^{3+})(K_{0,65}Ca_{0,09}Na_{0,01})O_{10}(OH)_2$

(b)  $(Si_{3,56}Al_{0,44}^{3+})(Fe_{0,97}Mg_{0,9}Al_{0,33}Ti_{0,01}^{3+})(K_{0,34}Ca_{0,10}Na_{0,02})O_{10}(OH)_2$

Tableau V. — Analyses microchimiques et formules structurales de quelques minéraux d'altération basaltique.

Table V. — Microchemical analysis and structural formulas of some basaltic alteration minerals.

LEG 11 - SITE 105

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	ppm																	
39 cc	49.50	11.23	7.08	8.10	3.03	1.16	2.95	0.50	142	2895	108	40	80	74	23	29	30	40
40-1-60	48.90	13.84	8.93	1.90	4.75	1.87	2.55	0.75	137	710	103	06	158	219	38	170	10	70
40-1-65	47.30	13.90	7.03	3.58	4.50	1.63	2.93	1.11	137	2684	122	77	161	269	101	375	53	210
46-1-72	8.30	2.25	2.66	43.39	1.63	0.30	0.78	0.15	116	9950	53	11	55	26	12	23	28	20
41-1-132	7.20	1.49	1.83	46.50	2.83	0.26	0.34	0.27	105	711	58	8	51	20	16	21	27	nd
42-2-130	4.50	1.41	1.50	49.50	1.23	0.12	0.54	0.10	132	4300	47	4	20	36	20	32	26	nd

LEG 41 - SITE 367

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	ppm																	
36-3-64	21.55	2.62	1.77	37.95	0.90	0.24	0.69	0.12	147	3053	187	11	34	31	15	10	36	95
37-1-50	37.55	7.91	5.29	20.29	2.08	0.61	1.87	0.44	168	1316	232	28	82	56	27	15	50	147
37-1-130	42.80	3.72	2.50	24.49	1.02	0.37	0.96	0.19	126	1505	238	18	47	42	14	7	37	137
38-1-100	53.70	5.61	7.15	12.31	2.51	0.40	2.50	0.34	121	642	212	26	34	60	10	72	27	112
38-1-130	44.60	4.19	5.36	20.64	2.20	0.34	1.99	0.29	121	1358	197	19	32	47	11	22	28	126

LEG 43 - SITE 387

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	ppm																	
49-2-47	3.40	0.27	0.43	49.32	1.33	0.10	0.17	0.01	200	426	158	5	9	11	5	9	39	nd
49-2-100	4.75	0.57	0.63	47.15	1.30	0.15	0.29	0.02	284	363	853	9	11	12	7	12	42	nd
49-3-103	5.00	0.57	0.54	48.69	0.83	0.17	0.27	0.02	247	458	221	8	10	12	6	8	36	nd
49-4-100	7.80	0.86	0.82	47.15	1.21	0.20	0.41	0.04	258	511	101	12	14	14	11	20	37	nd
49-5-98	3.50	0.35	0.59	47.57	2.36	0.17	0.20	0.02	221	695	206	5	11	11	5	8	36	nd
49 cc	7.75	0.86	0.77	47.29	0.65	0.24	0.44	0.04	205	1195	198	12	19	14	11	9	40	nd

LEG 53 - SITE 418 B

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	ppm																	
34-1-20	53.60	9.43	12.20	1.68	3.70	1.39	5.12	0.38	158	205	161	82	57	138	142	202	206	230
34-1-53	90.00	0.94	3.00	1.68	0.55	0.24	0.63	0.02	26	53	34	28	4	12	28	44	5	90

LEG 45 - SITE 396

	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	Sr	Mn	Zn	Li	Ni	Cr	Co	Cu	Pb	V
	ppm																	
14-4-101	6.00	2.50	3.70	43.30	1.23	1.44	0.54	0.18	1047	2090	80	10	45	14	27	69	38	70
14-3-51	4.70	1.95	2.93	45.03	1.10	1.38	0.44	0.15	1079	1653	63	8	45	14	29	64	39	50
14-5-100	3.90	1.79	2.93	46.15	1.03	1.21	0.42	0.13	1010	1647	63	8	52	17	27	67	39	50
14-3-130	2.90	1.40	2.53	48.18	0.90	1.19	0.31	0.10	1053	1447	63	5	52	15	25	65	39	50
14-6-2	3.00	1.45	2.38	48.88	1.05	0.96	0.33	0.11	1016	1426	52	6	54	14	30	61	37	40
15-1-122	20.60	6.51	3.91	30.79	2.43	0.85	2.12	0.48	153	1210	84	13	85	46	34	44	22	20
15-1-132	10.00	3.38	1.68	42.40	2.50	2.76	0.97	0.15	189	963	419	7	86	18	27	31	29	20

Tableau VI. — Analyses géochimiques des sédiments.

Table VI. — Geochemical analysis of sediments.

B) LES SEDIMENTS SUPRABASALTIQUES

1) Site 105 (Bassin d'Hatteras).

Les basaltes sont surmontés de 20 cm de calcaires indurés rouge pâle, contenant des fragments de palagonite verte (niveau 40-1-72 à 15 cm au-dessus du basalte). Ce niveau est particulièrement riche en oxydes de fer et de manganèse ( $Al_2O_3/Fe_2O_3 \ll 1$  et  $Mn = 9\,950$  ppm) (tabl. VI). Viennent ensuite 50 cm d'argile brun-rouge contenant des clastes de verre basaltique (niveaux 40-1-65 et 40-1-60 à 27 cm et 22 cm au-dessus

du basalte). Ces argiles présentent un caractère ferromagnésien marqué ( $Fe_2O_3 = 7$  à  $9\%$  ;  $MgO = 4$  à  $5\%$ ) (tabl. 6). L'ensemble est surmonté d'une série de calcaires marneux contenant quelques niveaux silteux (niveau 39 CC à 7 m au-dessus du basalte).

Tous ces dépôts sont d'âge oxfordien-kimméridgien (Hollister, Ewing *et al.*, 1972).

La fraction argileuse des calcaires de base est constituée de 80 % de smectites de haute cristallinité et de 20 % d'illite. L'étude microchimique montre que l'on peut caractériser les smectites par une composition

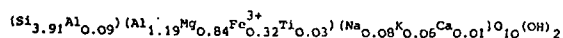
Elt. %	Ech.	SEDIMENTS INTRA-BASALTIQUE			SEDIMENTS SUPRA-BASALTIQUES						
		11-105	11-105	15-396	11-105		11-105		41-367		
		42-2-130	41-1-132	15-1-126	40-1-60		39 cc		38-1-130		
				a	b	a	b	a	b	c	
SiO <sub>2</sub>		51,35	53,75	53,64	65,09	54,98	52,24	47,89	26,78	44,90	49,92
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		17,12	11,64	4,84	18,05	16,00	21,71	33,60	12,88	13,21	25,27
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		14,59	10,13	18,39	7,16	8,13	8,40	4,36	28,92	18,70	11,21
MgO		4,52	19,44	20,26	7,19	12,37	6,40	3,12	21,87	18,70	4,71
CaO		1,18	0,36	1,06	0,24	0,90	2,37	0,86	0,46	0,90	0,99
Na <sub>2</sub> O		1,92	0,55	0,76	0,64	1,51	2,71	1,39	-	0,56	1,91
K <sub>2</sub> O		6,49	1,78	0,32	0,77	4,39	5,47	8,53	0,65	1,90	4,75
TiO <sub>2</sub>		0,90	0,26	0,23	0,56	0,68	0,27	0,16	-	-	0,27
MnO		0,15	n.d.	0,14	0,12	0,13	0,32	0,07	8,43	0,90	0,42
ZnO		0,13	1,69	0,19	n.d.	n.d.	0,12	0,14	-	-	0,37
NiO		0,12	n.d.	0,05	n.d.	n.d.	0,04	0,02	-	0,22	0,22

Elt. %	Ech.	SEDIMENTS SUPRA-BASALTIQUES																			
		43-387			49 cc		53-418B		34-1-20		45-396			14-6-2		45-396			14-5-100		
		a	b	c	a	b	a	b	a	b	c	a	b	c	a	b	c				
SiO <sub>2</sub>		30,85	61,55	56,23	56,98	53,41	51,18	26,26	27,40	43,09	22,26	19,84									
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		20,55	28,54	24,05	16,10	24,90	20,70	9,28	13,56	18,34	11,49	10,72									
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		33,27	1,09	7,21	11,80	7,58	15,35	32,94	44,93	21,07	20,95	49,93									
MgO		13,29	5,77	4,12	7,14	6,17	4,37	3,27	4,69	7,61	6,29	5,02									
CaO		0,27	0,65	0,31	1,06	0,73	0,60	1,52	0,66	1,94	6,65	3,39									
Na <sub>2</sub> O		0,24	0,54	0,46	0,98	1,04	2,76	4,62	3,44	2,97	3,69	5,15									
K <sub>2</sub> O		1,09	0,87	6,85	5,57	5,90	3,66	1,67	1,81	3,38	1,00	1,69									
TiO <sub>2</sub>		0,14	0,22	0,17	0,24	0,12	0,71	1,18	1,22	0,59	2,07	1,63									
MnO		0,07	-	0,15	0,05	0,06	0,56	19,02	1,70	1,87	24,60	3,51									
ZnO		-	0,44	0,25	0,06	0,07	0,07	0,11	0,11	0,30	0,87	0,60									
NiO		0,14	0,33	0,20	0,02	-	0,03	0,17	0,12	0,06	0,18	0,04									

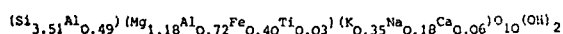
Tableau VII. — Analyses microchimiques des minéraux argileux contenus dans les sédiments.

Table VII. — Microchemical analysis of clay minerals from sediments.

chimique moyenne dominée par SiO<sub>2</sub> (65,09 %), Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (18,05 %) et MgO (7,19 %) (tabl. VII), se rapprochant de celle d'une montmorillonite de type Cheto (Weaver et Pollard, 1973). Le feuillet, très stable du point de vue des charges, se caractérise par la faiblesse des substitutions tétraédriques et par la prédominance du magnésium en substitutions octaédriques.

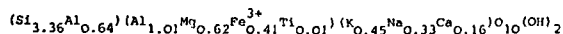


Deux particules s'individualisent par leurs plus faibles teneurs en SiO<sub>2</sub> (54,98 %) et Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (16 %) et par leur richesse en MgO (12,37 %) et K<sub>2</sub>O (4,39 %) (tabl. VII). Elles se rapprocheraient de certaines smectites palagonitiques (saponites alumineuses). Le fort déficit de charges du feuillet est compensé par des alcalins.



Notons également la présence de feldspaths alcalins (Or 96), vraisemblablement d'origine terrigène car ils n'ont pas été identifiés dans le basalte sous-jacent.

Les argiles brun-rouge sont constituées de 100 % de smectites de haute cristallinité, cependant que les calcaires marneux contiennent un cortège argileux plus complexe à smectites de faible cristallinité (55 %) illites (40 %) et chlorites (5 %). L'analyse microchimique des argiles met en évidence des smectites alumineuses (beidellites, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 21,71 %) dont la richesse en alcalins compense le fort déficit de charges du feuillet (tabl. VII).



Quelques illites de type hydromuscovite (tabl. VII) et quelques feldspaths détritiques (Or 80) sont également décelés.

## 2) Site 367 (Bassin du Cap Vert).

Les premiers sédiments déposés sont constitués de calcaires argileux rouge-brun oxfordien-kimméridgiens (Lancelot, Seibold *et al.*, 1977). Quatre échantillons sont étudiés dans les carottes 38 et 37. La teneur en CaO due à CaCO<sub>3</sub> s'accroît du bas vers le haut (20 à 37 %). Le rapport SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> très élevé (5 à 11) témoigne du développement de la silice libre (tabl. VI).

Tout à fait à la base des sédiments, au contact du basalte (carotte 38), on note l'importance relative du fer: Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 0,8. Simultanément, les teneurs en Mn, Cr et V augmentent. La fraction argileuse de la carotte 38 (au contact du basalte) est dominée par l'illite (40 %) accompagnée d'interstratifiés illite-vermiculite et illite-smectite, de la vermiculite, de chlorite et d'un peu de smectite mal cristallisée. Dans la carotte 37 (6,50 m au-dessus du basalte), la smectite mal cristallisée domine. Illite, interstratifiés et chlorite subsis-

tent mais la vermiculite a disparu (Chamley *et al.*, 1980).

La microanalyse de l'échantillon 38-1-130, à 40 cm au-dessus du basalte, ne permet qu'une médiocre identification de quelques particules isolées :

— chlorites manganifères de type hydrothermal (Deer *et al.*, 1963) ;

— smectites de type saponite ferrifère (Sudo et Shimoda, 1978) ;

— illites ferrifères (Weaver et Pollard, 1973) (tabl. VII).

## 3) Site 387 (ride Ouest Bermudes).

Les sédiments présents directement au-dessus du basalte sont constitués de craies et calcaires d'âge berriasien-valanginien (Tucholke, Vogt *et al.*, 1972). Ces échantillons (carotte 49, de 1,20 m à 7 m au-dessus du basalte) sont chimiquement très homogènes (tabl. VI). Le rapport SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> élevé (9 à 12) témoigne du développement de la silice libre.

L'illite et la smectite mal cristallisée dominent la fraction argileuse. Elles sont accompagnées de chlorites et d'interstratifiés irréguliers complexes de type illite-vermiculite, illite-smectite, chlorite-vermiculite et chlorite-smectite. La palygorskite est présente (Debrabant et Chamley, 1982).

Comme dans le site précédent, l'analyse microchimique de l'échantillon 49 CC ne permet que l'identification de quelques particules isolées (tabl. VII) :

— chlorites ferrifères (Deer *et al.*, 1963) ;

— smectites proches d'une montmorillonite Cheto (Weaver et Pollard, 1973) (tabl. VII) ;

— feldspaths alcalins (Or 95) d'origine vraisemblablement détritique.

## 4) Site 418 B (ride de l'anomalie J).

Un niveau de cherts foncés recouvre directement le basalte. Viennent ensuite des boues à radiolaires interstratifiées dans des calcaires (niveau 34-1-20 à 30 cm du basalte). Ces formations, d'âge albo-aptien (Donnelly, Francheteau *et al.*, 1979), présentent un rapport SiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> (5,7) qui témoigne de l'importance de la silice libre. La minéralogie de la fraction argileuse est dominée par la famille de l'illite (85 % d'illite et céladonite) accompagnée de chlorite (15 %).

Les analyses à la microsonde montrent que la famille illitique se scinde en deux groupes : l'un très alumineux (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 24,90 % ; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 7,58 %) ; l'autre plus ferrifère (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 16,10 % ; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 11,80 %). On ne reconnaît pas ici les céladonites caractéristiques des basaltes sous-jacents (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> = 5 %). Les particules les plus alumineuses sont des illites banales (Weaver et Pollard, 1973) (tabl. VII).

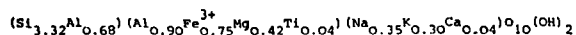


5) Site 396 (ride médio-atlantique).

Les sédiments d'âge miocène moyen, déposés sur le basalte (carotte 14, sections 6, 5 et 4) sont constitués de boues marneuses à nannofossiles et d'argiles brunes de plus en plus abondantes vers le haut de la carotte (Dmitriev, Heirzler *et al.*, 1978).

Les teneurs en Mn (1 500 ppm à 2 000 ppm) et le rapport  $Fe_2O_3/Al_2O_3$  (0,50 à 1,50) montrent l'importance du développement des composés métalliques (tabl. VI). La smectite, bien cristallisée, domine dans les sections 6 et 5; elle est accompagnée de chlorite et localement d'interstratifiés chlorite-smectite. Dans la section 4, la smectite est exclusive. Deux échantillons sont étudiés à la microsonde.

a) *L'échantillon 14-6-2*. Il offre une classe de smectites, deux classes de chlorites et des feldspaths potassiques (Or 90) d'origine détritique. Les smectites se rapprochent de celles des sédiments intrabasaltiques de l'échantillon 105-42-2-130, caractérisées par leur richesse en  $Fe_2O_3$  (15,35 %) et en alcalins ainsi que par un un feuillet très déficitaire en charges tétraédriques. Elles pourraient correspondre à des nontronites (Desprairies, 1981) ou à une smectite palagonitique (Noack, 1979) (tabl. VII):



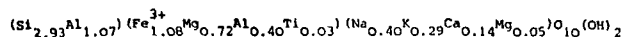
Les chlorites sont de deux types (tabl. VII) :

— ferrifères ( $Fe_2O_3 = 44,93 \%$ ) ;

— manganifères (MnO = 19,02 %),

proches d'un type hydrothermal (Deer *et al.*, 1963).

b) *L'échantillon 14-5-100*. Les mêmes types de matériaux apparaissent : feldspaths alcalins (Or 90), chlorites manganifères (MnO = 24,60 %) et smectites de type nontronite ou beidellite ferrifère, avec toutefois un déficit accru en charges tétraédriques (tabl. VII) :



IV. — LA TRANSITION BASALTES-SEDIMENTS :  
DISCUSSION ET CONCLUSIONS

Les sites étudiés peuvent être classés en trois catégories ;

1) *Dans les sites 105 (Bassin d'Hatteras) et 396 (ride médio-océanique), la présence de smectites, de palagonite, de céladonite et de zéolites, suggère une altération basaltique à basse température.*

Dans ces deux sites, les sédiments calcaires intrabasaltiques sont riches en oxydes de fer et de manganèse (site 105), ainsi qu'en éléments de transition (site 396), évoquant la proximité d'une source hydrothermale (Kristmannottir, 1976). La fraction argileuse

de ces sédiments est constituée essentiellement de smectites de haute cristallinité proches d'un type volcanique (nontronites et saponites pour le site 105, saponites pour le site 396).

La fraction argileuse des premiers sédiments supra-basaltiques est marquée par la présence de palagonite et de smectites de haute cristallinité. Dans le site 105, l'étude des terres rares attribue à ces minéraux une parenté basaltique (Chamley et Bonnot-Courtois, 1981). Au site 396, l'importance des métaux de transition et la présence de chlorites manganifères, associées aux interstratifiés chlorite-smectite, évoquent une influence hydrothermale (Kristmannottir, 1976 Humphris et Thomson, 1978).

Dans le site 105, à 70 cm du basalte, la présence de palagonite évoque encore une influence volcanique, mais les smectites identifiées (montmorillonite Cheto) se rapprochent de celles de milieux épicontinentaux (Trauth, 1977). Dans ces niveaux, l'importance du fer et du manganèse peut encore être interprétée en terme d'influence hydrothermale. Enfin, à 7 m du basalte, l'assemblage argileux (beidellites, chlorites, illites) est caractéristique d'une altération continentale modérée (Chamley *et al.*, 1980).

2) *Dans les sites 387 (ride Ouest-Bermudes) et 418B (ride de l'aromalie J), les basaltes altérés à basse température (association smectites, palagonite et céladonite) sont directement recouverts de sédiments influencés par les apports terrigènes.*

Les premiers sédiments du site 387 sont riches en minéraux primaires et d'altération ménagée (quartz, feldspaths alcalins, illite, montmorillonite Cheto, interstratifiés irréguliers et palygorskite).

Les boues à radiolaires du site 418B, déposées au-dessus d'un niveau de cherts suprabasaltiques, contiennent des minéraux primaires d'altération continentale active (illite, chlorite, quartz) et des illites ferrifères ou céladonites alumineuses, très différentes de celles classiquement issues d'altérations basaltiques sous-jacentes, et qui probablement ont une origine différente.

3) *Les basaltes du site 367 ont subi une altération de haute température deutérique ou/et métamorphique reflétée par l'association chlorites, interstratifiés chlorite-smectite, et plagioclases sodiques, et prolongée par une altération de basse température (association smectites, zéolites et céladonite).*

Les 40 premiers centimètres de sédiments présentent un cortège minéral détritique (chlorite, illite, interstratifiés et smectites peu abondantes). Cependant, la présence de chlorites manganifères et l'importance des teneurs en métaux de transition suggèrent des venues hydrothermales, qui peuvent également être à l'origine de l'altération à haute température des basaltes sous-jacents. Ces observations peuvent s'expliquer, soit par un volcanisme aptien, soit par la mise en place intru-

sive des îles du Cap Vert, dont les manifestations aériennes sont datées du Pliocène (Lancelot, Seibold *et al.*, 1977)

Le reflet de la proximité de la croûte océanique dans la minéralogie et la géochimie des premiers sédiments nord-atlantiques diffère donc considérablement selon les conditions de milieu : tantôt c'est l'empreinte de l'altération basaltique qui domine et, dans ce cas, elle est localisée à une très mince couche sédimentaire (quelques dizaines de centimètres dans les cas

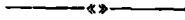
les plus favorables) ; tantôt, c'est l'empreinte hydrothermale que l'on identifie et, dans ce cas, elle s'exprime sur une épaisseur sédimentaire beaucoup plus grande (quelques dizaines de mètres au moins).

L'altération du basalte est plus ou moins intense selon qu'elle s'est effectuée à haute ou basse température, que le recouvrement sédimentaire a été plus ou moins tardif. Ces produits d'altération s'opposent de manière très variable aux produits détritiques hérités des bordures de l'océan en voie d'expansion.

### BIBLIOGRAPHIE

- 1) CHAMLEY H., BONNOT-COURTOIS C. (1981). — Argiles authigènes et terrigènes de l'Atlantique et Pacifique NW (Legs 11 et 58 D.S.D.P.). Apport des terres rares. *Oceanol. Acta*, 42, p. 229-238.
- 2) CHAMLEY H., DEBRABANT P. (1984). — Mineralogical and geochemical investigations of Leg 79 DSDP sediments (Mazagan Plateau, North-Western African Margin). In Hinz K., Winterer E.L. *et al.*, *Init. Repts. DSDP*, 79. Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- 3) CHAMLEY H., DEBRABANT P., FOULON J., LEROY P. (1980). — Contribution de la minéralogie et de la géochimie à l'histoire des marges nord-atlantiques depuis le Jurassique supérieur (Sites 105 et 367 D.S.D.P.). *Bull. Soc. géol. France*, (7), XXII, 5, p. 745-755.
- 4) DEBRABANT P., CHAMLEY H. (1982). — Influences océaniques et continentales dans les premiers dépôts de l'Atlantique Nord, à la base des forages du D.S.D.P. *Bull. Soc. géol. France*, (7), XXIV, 3, p. 473-486.
- 5) DEBRABANT P., DELBART S., LE MAGUER D. (1985). — Microanalyses de minéraux argileux. Application à l'étude de quelques sédiments prélevés en Atlantique Nord, à la base des forages du D.S.D.P. *Clay Minerals*, 20, p. 125-145.
- 6) DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMAN J. (1963). — *Rock Forming Minerals*. Vol. 3, Sheet Silicates. 270 p.. Longmans, London.
- 7) DESPRAIRIES A. (1981). — Authigenic minerals in volcanogenic sediments cored during Deep Sea Drilling Project Leg 60. In Hussong D.M., Uyeda S. *et al.* *Init. Repts. D.S.D.P.*, 60, Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- 8) DESPRAIRIES A., JEHANNO C. (1983). — Paragenèses minérales liées à des interactions basalte-sédiments-eau de mer (sites 465 et 456 des Legs 65 et 60 du D.S.D.P.). *Sci. Géol., Bull.*, 36, 2-3, p. 93-110, Strasbourg.
- 9) DMITRIEV L., HEIRZLER J. *et al.* (1978). — *Init. Repts. D.S.D.P.*, 96. Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- 10) DONNELLY T., FRANCHETEAU J. *et al.* (1979). — *Init. Repts. D.S.D.P.*, 51, 52, 53. Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- 11) HART S.R., STAUDIGEL M. (1979). — Ocean crust-sea-water interaction: Sites 417 and 418. In Donnelly T., Francheteau J., *Init. Repts. D.S.D.P.*, 51, 52, 53. Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- 12) HEKINIAN R. (1982). — *Petrology of the ocean floor*. Elsevier Pub. Comp., Amsterdam, London, New-York, 393 p.
- 13) HOLLISTER C.D., EWING J.I. *et al.* (1972). — *Init. Repts. D.S.D.P.*, 11. Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- 14) HONNOREZ J. (1967). — La palagonitisation. Un aspect du volcanisme sous-marin : l'altération du verre basique de Palagonia (Sicile). *Thèse Etat*, Bruxelles.
- 15) HONNOREZ J. (1981). — The aging of the oceanic crust at low temperature. *The Sea*, vol. 7, *Emiliani*, Ed., p. 527-587.
- 16) HUMPHRIS S.E., THOMPSON G. (1978). — Hydrothermal alteration of oceanic basalts by sea-water. *Geochim., Cosmochim. Acta*, 42, p. 745-755.
- 17) IRVINE T.N., BARAGAR W.A. (1971). — A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. *Can. J. Earth Sci.*, 8, 5, p. 523-548.
- 18) KRISTMANNDOTTIR H. (1976). — Types of clay minerals in hydrothermally altered basaltic rocks. Reikjanes, Iceland. *Jokull*, 26, p. 30-39.
- 19) LANCELOT Y., SEIBOLD E. *et al.* (1977). — *Init. Repts. D.S.D.P.*, 41. Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- 20) MEVEL C. (1979). — Mineralogy and geochemistry of secondary phases in low temperature altered basalts from D.S.D.P. Leg 51, 52, 53. In Donnelly T., Francheteau J., *Init. Repts. D.S.D.P.*, 51, 52, 53. Washington (U.S. Govt. Printing Office).

- 21) NOACK Y. (1979). — Altération sous-marine des verres volcaniques basiques. Essai sur la palagonitisation. *Thèse 3<sup>me</sup> cycle, Strasbourg.*
- 22) NOACK Y. (1981). — La palagonite : caractéristiques, facteurs d'évolution et mode de formation. *Bull. Miner.*, 104, p. 36-46.
- 23) NOACK Y. (1983). — Palagonitization and time. *Sci. Geol. Bull.*, 36, 2-3, p. 111-116, Strasbourg.
- 24) PINTA M. (1971). — *Spectrométrie d'absorption atomique*. 1 et 2, Masson, édit.
- 25) SUDO T., SHIMODA S. (1978). — *Clays and clay minerals of Japan*. Elsevier Pub. Comp. Amsterdam, London, New-York, 276 p.
- 26) TRAUTH N. (1977). — Argiles évaporitiques dans la sédimentation carbonatée et épicontinentale tertiaire, bassins de Paris, de Mormoiron et de Salinelles (France), Jbel Ghassoul (Maroc). *Sci. Geol. Mem.* n° 19, 195 p.
- 27) TUCHOLKE B.E., VOGT P.R. *et al.* (1979). — *Init. Repts. D.S.D.P.*, 43, Washington (U.S. Govt. Printing Office).
- 28) WEAVER C.E., POLLARD L.D. (1973). — *The chemistry of clays minerals*. Elsevier Pub. Comp., Amsterdam, London, New-York.
- 29) YODER H.S., TILLEY C.E. (1962). — Origin of basalts magmas : an experimental study on natural and synthetic rock systems. *J. Petrol.*, 3, p. 342-532.





## Un témoin du Landénien supérieur continental dans le Calaisis : la carrière de La Montoire

par V. PRUDHOMME (\*)

Le Landénien affleure dans la région Ardres-Nordausques, limité au Sud par les côteaux crayeux du Calaisis oriental (Guémy). Sa limite Nord, vers la plaine maritime, dessine des indentations formant collines très allongées, d'axe N-S, que la R.N. 41 coupe perpendiculairement à Lostrat, Berthem... La carte (1/50.000, feuille de Guînes) y mentionne de nombreuses exploitations (Berthem, Louches) rattachées au Landénien supérieur marin (sables de Grandglise). Il est encore visible dans une sablière en voie de comblement à la sortie de Louches vers Zouafques sur la D 255 E (1/25.000, feuille topographique Audruicq 2203 Est  $x = 578,3$ ,  $y = 1347,1$ ). Cette sablière montre d'ailleurs une disposition curieuse : sous le cailloutis pléistocène on trouve une couche d'environ 2 m d'épaisseur d'un sable vert très foncé, très glauconieux (glauconies énormes), très argileux, très compact, surmontant un sable nettement plus clair, meuble, moins glauconieux et beaucoup moins argileux qui correspond aux descriptions classiques des sables de Grandglise. Le passage d'une couche à l'autre se fait très brutalement, sans transition, le long d'une ligne qui se suit dans toute l'étendue de la carrière et qui se trouve accentuée encore car la couche supérieure résistant davantage aux intempéries forme une nette corniche au-dessus des sables-sous-jacents.

Le Landénien supérieur continental (sables blancs) a été signalé mais non cartographié. La notice de la carte géologique incline à penser que l'existence du Landénien supérieur dit continental est ici plausible mais non confirmée. D'où l'intérêt de la coupe de La Montoire.

Non encore mentionnée sur la feuille de Guînes, cette sablière de La Montoire ( $x = 578,87$ ;  $y = 1349,45$ ) près de Nielles-les-Ardres, est relativement récente. Elle se présente comme une entaille rectangulaire, en couloir, d'environ 75 m de long sur 20 m de large, pratiquée dans le flanc Est de la colline sableuse traversée par la R.N. 41 à Lostrat. L'axe de cette entaille est dirigé NWW-SEE.

La base de la coupe (front Nord) est occupée (sur environ 2 m) par un sable gris montrant des veinules plus foncées, nettement obliques au sommet où elles sont tronquées par deux ou trois lits argileux centimétriques. Au-dessus, la partie moyenne de la coupe montre sur 1 m une alternance très rapide de lits d'épaisseur décimétrique tantôt gris très clair, tantôt roux et grésifiant à l'affleurement, tantôt verdâtres. Tous ces lits, presque parallèles entre eux se recoupent, en biseaux très pointus, toutes les pointes dirigées vers l'Ouest, toutes les pentes descendant vers l'Est, mais ces pentes s'atténuent très vite et les divers lits deviennent sub-horizontaux sur presque tout leur parcours. Il en résulte un empilement de demi-lentilles très plates, fermées à l'W, ouvertes ou tronquées à l'E.

A la partie supérieure de la coupe (1 m d'épaisseur), les lentilles deviennent nettement plus importantes pour aboutir à d'incontestables figures de sédimentation entrecroisées dans la partie Est de la sablière où s'arrêtent malheureusement les possibilités actuelles d'observation. Toutefois, il faut noter qu'à l'intérieur des diverses lentilles, les lits sableux élémentaires en stratification oblique ont toujours leurs pentes (parfois accentuée, jusqu'à 18 degrés avec l'horizontale) dirigées dans le même sens : le plongement vers l'Est est général. Le sable y est sensiblement différent du sable gris du bas de carrière : il est nettement mal classé, la glauconie y est rare, les grains de silex abondants.

Un cailloutis pléistocène ravine et limite cette partie supérieure. Cette description n'est pas sans rappeler les formations souvent décrites sous le vocable landénien continental. Mais la seule observation sur le terrain ne permet pas d'être aussi affirmatif. L'allure « entrecroisée » n'est pas un critère absolu de sédimentation fluviale puisqu'elle peut s'observer par exemple en plaines maritimes ou en plage. Il reste cependant que si l'émersion n'est pas certaine, on devait en être très proche.

(\*) Professeur au Lycée Faidherbe, Lille.

Note présentée le 5 Décembre 1984 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 5 Juin 1985.



ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

---

TABLE DES MATIÈRES

Tome CIV - 1984

---

**Activité de la Société**

Assemblée Générale du 4 janvier 1984, p. 3.

Séance extraordinaire du 7 novembre 1984, p. 119.

Séances ordinaires : 4 janvier 1984, p. 4 ; 1<sup>er</sup> février 1984, p. 4 ; 7 mars 1984, p. 59 ; 9 mai 1984, p. 60 ;  
6 juin 1984, p. 60 ; 7 novembre 1984, p. 119 ; 5 décembre 1984, p. 181.

Elections pour le renouvellement du Conseil, p. 3.

Elections de nouveaux membres, p. 6, 120, 181.

Allocutions des Présidents, p. 4 et 5.

**Géologie appliquée - Hydrogéologie**

P. ARNOULT et J. MANIA. — Mécanisme du transfert des pollutions de la nappe de la craie de l'Artois et du Cambrésis (Nord de la France), p. 41.

C. DOREMUS et J.P. HENRY. — Caractérisation des craies du Nord de la France par porosimétrie au mercure, p. 49.

H. MAILLOT, F. MEILLIEZ, M. BARTOLI, F. CLERC, T. DELAPORTE, O. FOURMONT, O. FRANÇOIS et L. WACK. — Géophysique et géologie appliquées à la reconnaissance des gîtes alluvionnaires. Pays de Bray (Oise), p. 61.

J.M. CHARLET, Y. QUINIF et Ph. BOUKO. — Facteurs susceptibles de modifier les propriétés de thermoluminescence des couvertures limoneuses. Le cas des formations superficielles de la région de Ciplu (Bassin de Mons, Belgique), p. 77.

**Géologie stratigraphique et structurale**

D. BOULANGER (+), M. LARHZAL et N. BEUN. — Le gypse de la région de Safi (Maroc) : géologie et sédimentologie. Note préliminaire, p. 27.

A. BEUGNIES. — Structure de l'aire anticlinale de l'Ardenne entre les méridiens de Bertrix et de Mohret, p. 87.

J.J. CORNEE, Ch. COSTAGLIOLA, H. LEGLISE, S. WILLEFERT et J. DESTOMBES. — Précisions stratigraphiques sur l'Ordovicien supérieur et le Silurien du synclinal d'Oulad Abbou (Meseta marocaine occidentale). Manifestations volcaniques au Silurien, p. 141.

- E. BOUYX, M. BOUCARUT, M. CLIN et J. ZEILINGA DE BOER. — Le Paléozoïque anté-carbonifère de la zone de Meguma, en Nouvelle-Ecosse (provinces maritimes canadiennes). Comparaison avec l'Europe occidentale et implications paléogéographiques, p. 147.
- F. GUILLOT et J.F. RAOULT. — Permien et base du Trias en Vanoise septentrionale : données nouvelles et hypothèses (Zone briançonnaise interne, Alpes françaises), p. 183.

#### Géochimie

- A. BOUQUILLON, H. CHAMLEY, P. DEBRABANT et A. PIQUE. — Etude minéralogique et géochimique des forages de Jeumont et Epinoy (Paléozoïque du Nord de la France), p. 167.
- B. BROUDOUX, P. DEBRABANT et J.F. RAOULT. — Géochimie des calcaires et encroûtements du Malm à l'Eocène en Vanoise : données préliminaires (Zone briançonnaise interne, Alpes), p. 193.
- H. COULON, P. DEBRABANT et C. LEFEVRE. — Données pétrographiques, minéralogiques et géochimiques sur la transition basaltes - sédiments dans l'Atlantique Nord, p. 219.

#### Géophysique

- H. MAILLOT, F. MEILLIEZ, M. BARTOLI, F. CLERC, T. DELAPORTE, O. FOURMONT, O. FRANÇOIS et L. WACK. — Géophysique et géologie appliquées à la reconnaissance des gîtes alluvionnaires. Pays de Bray (Oise), p. 61.

#### Minéralogie

- T. HOLTZAPFFEL. — Smectites authigènes et glauconitisation dans les argiles du Gault (Albien du Boulonnais), p. 33.
- A. BEUGNIES. — Sur la présence d'une albite de haute température dans les niveaux feldspathiques gédinniens de l'aire anticlinale de l'Ardenne, p. 71.
- A. BOUQUILLON, H. CHAMLEY, P. DEBRABANT et A. PIQUE. — Etude minéralogique et géochimique des forages de Jeumont et Epinoy (Paléozoïque du Nord de la France), p. 167.
- H. COULON, P. DEBRABANT et C. LEFEVRE. — Données pétrographiques, minéralogiques et géochimiques sur la transition basaltes - sédiments dans l'Atlantique Nord, p. 219.

#### Paléontologie

- K. BANDEL and J.F. GEYS. — Regular echinoids in the Upper Cretaceous of the Hashemite Kingdom of Jordan, p. 97.
- J.M. DEGARDIN et P. DE WEVER. — Radiolaires siluriens dans les Pyrénées centrales espagnoles, p. 121.
- Y. ALMERAS et S. ELMI. — Le contrôle des peuplements de brachiopodes : comparaison des données du Jurassique et de l'Actuel, p. 127.
- J. PILLET et R. COURTESOLE. — Contribution à l'étude des Trilobites de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire, p. 209.

#### Sédimentologie

- D. BOULANGER (†), M. LARHZAL et N. BEUN. — Le gypse de la région de Safi (Maroc) : géologie et sédimentologie. Note préliminaire, p. 27.
- P. COSSEMENT, H. CHAMLEY et L. PASTOURET (†). — Considérations sur la sédimentation du Quaternaire terminal en Mer d'Alboran (Méditerranée occidentale), p. 17.
- T. HOLTZAPFFEL. — Smectites authigènes et glauconitisation dans les argiles du Gault (Albien du Boulonnais), p. 33.



### Paléozoïque

- A. BEUGNIES. — Sur la présence d'une albite de haute température dans les niveaux feldspathiques gédinniens de l'aire anticlinale de l'Ardenne, p. 71.
- A. BEUGNIES. — Structure de l'aire anticlinale de l'Ardenne entre les méridiens de Bertrix et de Mohret, p. 87.
- J.M. DEGARDIN et P. DE WEVER. — Radiolaires siluriens dans les Pyrénées centrales espagnoles, p. 121.
- J.J. CORNEE, Ch. COSTAGLIOLA, H. LEGLISE, S. WILLEFERT et J. DESTOMBES. — Précisions stratigraphiques sur l'Ordovicien supérieur et le Silurien du synclinal d'Oulad Abbou (Meseta marocaine occidentale). Manifestations volcaniques au Silurien, p. 141.
- E. BOUYX, M. BOUCARUT, M. CLIN et J. ZEILINGA DE BOER. — Le Paléozoïque anté-carbonifère de la zone de Meguma, en Nouvelle-Ecosse (provinces maritimes canadiennes). Comparaison avec l'Europe occidentale et implications paléogéographiques, p. 147.
- A. BOUQUILLON, H. CHAMLEY, P. DEBRABANT et A. PIQUE. — Etude minéralogique et géochimique des forages de Jeumont et Epinoy (Paléozoïque du Nord de la France), p. 167.
- J. PILLET et R. COURTESOLE. — Contribution à l'étude des Trilobites de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire, p. 209.

### Mésozoïque

- D. BOULANGER (+), M. LARHZAL et N. BEUN. — Le gypse de la région de Safi (Maroc) : géologie et sédimentologie. Note préliminaire, p. 27.
- T. HOLTZAPFFEL. — Smectites authigènes et glauconitisation dans les argiles du Gault (Albien du Boulonnais), p. 33.
- P. ARNOULT et J. MANIA. — Mécanisme du transfert des pollutions de la nappe de la craie de l'Artois et du Cambrésis (Nord de la France), p. 41.
- C. DOREMUS et J.P. HENRY. — Caractérisation des craies du Nord de la France par porosimétrie au mercure, p. 49.
- K. BANDEL and J.F. GEYS. — Regular echinoids in the Upper Cretaceous of the Hashemite Kingdom of Jordan, p. 97.
- Y. ALMERAS et S. ELMI. — Le contrôle des peuplements de brachiopodes : comparaison des données du Jurassique et de l'Actuel, p. 127.
- F. GUILLOT et J.F. RAOULT. — Permien et base du Trias en Vanoise septentrionale : données nouvelles et hypothèses (Zone briançonnaise interne, Alpes françaises), p. 183.
- B. BROUDOUX, P. DEBRABANT et J.F. RAOULT. — Géochimie des calcaires et encroûtements du Malm à l'Eocène en Vanoise : données préliminaires (Zone briançonnaise interne, Alpes), p. 193.

### Cénozoïque - Actuel

- P. COSSEMENT, H. CHAMLEY et L. PASTOURET (+). — Considérations sur la sédimentation du Quaternaire terminal en Mer d'Alboran (Méditerranée occidentale), p. 17.
- H. MAILLOT, F. MEILLIEZ, M. BARTOLI, F. CLERC, T. DELAPORTE, O. FOURMONT, O. FRANÇOIS et L. WACK. — Géophysique et géologie appliquées à la reconnaissance des gîtes alluvionnaires. Pays de Bray (Oise), p. 61.
- J.M. CHARLET, Y. QUINIF et Ph. BOUKO. — Facteurs susceptibles de modifier les propriétés de thermoluminescence des couvertures limoneuses. Le cas des formations superficielles de la région de Ciplly (Bassin de Mons, Belgique), p. 77.
- B. BROUDOUX, P. DEBRABANT et J.F. RAOULT. — Géochimie des calcaires et encroûtements du Malm à l'Eocène en Vanoise : données préliminaires (Zone briançonnaise interne, Alpes), p. 193.
- V. PRUDHOMME. — Un témoin du Landénien supérieur continental dans le Calaisis : la carrière de La Montoire, p. 235.

ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

---

TABLE DES PLANCHES

Tome CIV - 1984

---

- Pl. I. — Constituants sédimentaires du Quaternaire terminal en Mer d'Alboran (note de P. COSSEMENT *et al.*, p. 26).
- Pl. II. — Le gypse dans la région de Safi (note de D. BOULANGER *et al.*, p. 32).
- Pl. III à IX. — Echinides du Crétacé supérieur du Royaume Hashémite de Jordanie (note de K. BANDEL et J.F. GEYS, p. 116).
- Pl. X. — Radiolaires siluriens dans les Pyrénées (note de J.M. DEGARDIN et P. DE WEVER, p. 126).
- Pl. XI. — Minéralogie des forages de Jeumont et Epinoy (note de A. BOUQUILLON *et al.*, p. 178).
- Pl. XII. — Trilobites de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire (note de J. PILLET et R. COURTESOLE, p. 218).

---

«»

---

TABLE ALPHABÉTIQUE DES AUTEURS

Tome CIV - 1984

---

- Y. ALMERAS et S. ELMI. — Le contrôle des peuplements de brachiopodes : comparaison des données du Jurassique et de l'Actuel, p. 127.
- P. ARNOULT et J. MANIA. — Mécanisme du transfert des pollutions de la nappe de la craie de l'Artois et du Cambrésis (Nord de la France), p. 41.
- K. BANDEL and J.F. GEYS. — Regular echinoids in the Upper Cretaceous of the Hashemite Kingdom of Jordan, p. 97.
- M. BARTOLI. — Voir H. MAILLOT *et al.*, p. 61.
- A. BEUGNIES. — Sur la présence d'une albite de haute température dans les niveaux feldspathiques gédinniens de l'aire anticlinale de l'Ardenne, p. 71.
- A. BEUGNIES. — Structure de l'aire anticlinale de l'Ardenne entre les méridiens de Bertrix et de Mohret, p. 87.
- N. BEUN. — Voir D. BOULANGER (†) *et al.*, p. 27.
- M. BOUCARUT. — Voir E. BOUYX *et al.*, p. 147.
- P. BOUKO. — Voir J.M. CHARLET *et al.*, p. 77.
- D. BOULANGER (†), M. LARHZAL et N. BEUN. — Le gypse de la région de Safi (Maroc) : géologie et sédimentologie. Note préliminaire, p. 27.
- A. BOUQUILLON, H. CHAMLEY, P. DEBRABANT et A. PIQUE. — Etude minéralogique et géochimique des forages de Jeumont et Epinoy (Paléozoïque du Nord de la France), p. 167.
- E. BOUYX, M. BOUCARUT, M. CLIN et J. ZEILINGA DE BOER. — Le Paléozoïque anté-carbonifère de la zone de Meguma, en Nouvelle-Ecosse (provinces maritimes canadiennes). Comparaison avec l'Europe occidentale et implications paléogéographiques, p. 147.
- B. BROUDOUX, P. DEBRABANT et J.F. RAOULT. — Géochimie des calcaires et encroûtements du Malm à l'Eocène en Vanoise : données préliminaires (Zone briançonnaise interne, Alpes), p. 193.
- H. CHAMLEY. — Voir P. COSSEMENT *et al.*, p. 17.
- H. CHAMLEY. — Voir A. BOUQUILLON *et al.*, p. 167.
- J.M. CHARLET, Y. QUINIF et Ph. BOUKO. — Facteurs susceptibles de modifier les propriétés de thermoluminescence des couvertures limoneuses. Le cas des formations superficielles de la région de Ciplu (Bassin de Mons, Belgique), p. 77.
- F. CLERC. — Voir H. MAILLOT *et al.*, p. 61.
- M. CLIN. — Voir E. BOUYX *et al.*, p. 147.
- J.J. CORNEE, Ch. COSTAGLIOLA, H. LEGLISE, S. WILLEFERT et J. DESTOMBES. — Précisions stratigraphiques sur l'Ordovicien supérieur et le Silurien du synclinal d'Oulad Abbou (Meseta marocaine occidentale). Manifestations volcaniques au Silurien, p. 141.

- P. COSSEMENT, H. CHAMLEY et L. PASTOURET (†). — Considérations sur la sédimentation du Quaternaire terminal en Mer d'Alboran (Méditerranée occidentale), p. 17.
- C. COSTAGLIOLA. — Voir J.J. CORNEE *et al.*, p. 141.
- H. COULON, P. DEBRABANT et C. LEFEVRE. — Données pétrographiques, minéralogiques et géochimiques sur la transition basaltes - sédiments dans l'Atlantique Nord, p. 219.
- R. COURTESOLE. — Voir J. PILLET et R. COURTESOLE, p. 209.
- P. DEBRABANT. — Voir A. BOUQUILLON *et al.*, p. 167.
- P. DEBRABANT. — Voir H. COULON *et al.*, p. 219.
- J.M. DEGARDIN et P. DE WEVER. — Radiolaires siluriens dans les Pyrénées centrales espagnoles, p. 121.
- T. DELAPORTE. — Voir H. MAILLOT *et al.*, p. 61.
- J. DESTOMBES. — Voir J.J. CORNEE *et al.*, p. 141.
- P. DE WEVER. — Voir J.M. DEGARDIN et P. DE WEVER, p. 121.
- C. DOREMUS et J.P. HENRY. — Caractérisation des craies du Nord de la France par porosimétrie au mercure, p. 49.
- S. ELMI. — Voir Y. ALMERAS et S. ELMI, p. 127.
- O. FOURMONT. — Voir H. MAILLOT *et al.*, p. 61.
- O. FRANÇOIS. — Voir H. MAILLOT *et al.*, p. 61.
- J.F. GEYS. — Voir K. BANDEL et J.F. GEYS, p. 97.
- F. GUILLOT et J.F. RAOULT. — Permien et base du Trias en Vanoise septentrionale : données nouvelles et hypothèses (Zone Briançonnaise interne, Alpes françaises), p. 183.
- J.P. HENRY. — Voir C. DOREMUS et J.P. HENRY, p. 49.
- T. HOLTZAPFFEL. — Smectites authigènes et glauconitisation dans les argiles du Gault (Albien du Boulonnais), p. 33.
- M. LARHZAL. — Voir D. BOULANGER (†) *et al.*, p. 27.
- C. LEFEVRE. — Voir H. COULON *et al.*, p. 219.
- H. LEGLISE. — Voir J.J. CORNEE *et al.*, p. 141.
- H. MAILLOT, F. MEILLIEZ, M. BARTOLI, F. CLERC, T. DELAPORTE, O. FOURMONT, O. FRANÇOIS et L. WACK. — Géophysique et géologie appliquées à la reconnaissance des gîtes alluvionnaires. Pays de Bray (Oise), p. 61.
- J. MANIA. — Voir P. ARNOULT et J. MANIA, p. 41.
- F. MEILLIEZ. — Voir H. MAILLOT *et al.*, p. 61.
- L. PASTOURET (†). — Voir P. COSSEMENT *et al.*, p. 17.
- J. PILLET et R. COURTESOLE. — Contribution à l'étude des Trilobites de l'Ordovicien inférieur de la Montagne Noire, p. 209.
- A. PIQUE. — Voir A. BOUQUILLON *et al.*, p. 167.
- V. PRUDHOMME. — Un témoin du Landénien supérieur continental dans le Calaisis : la carrière de La Montoire, p. 235.
- J.F. RAOULT. — Voir F. GUILLOT et J.F. RAOULT, p. 183.
- Y. QUINIF. — Voir J.M. CHARLET *et al.*, p. 77.
- S. WILLEFERT. — Voir J.J. CORNEE *et al.*, p. 141.
- J. ZELINGA DE BOER. — Voir E. BOUYX *et al.*, p. 147.

Sont en vente au Siège de la Société :

#### MEMOIRES (\*)

<b>Tome I, n° 1.</b> — Ch. BARROIS, <i>Recherches sur le terrain créacé de l'Angleterre et de l'Irlande</i> , 1876, 232 p.	336,00 F.
n° 2. — P. FRAZER, <i>Géologie de la partie Sud-Est de la Pensylvanie</i> , 1882, 178 p.	252,00 F.
n° 3. — R. ZEILLER, <i>Mémoire sur la flore houillère des Asturies</i> , 1882, 24 p.	36,00 F.
<b>Tome IV, n° 1.</b> — J. GOSSELET, <i>Etudes sur les variations du Spirifer Verneuilli</i> , 1894, 63 p., 7 pl.	90,00 F.
<b>Tome VI, n° 1.</b> — P. BERTRAND, <i>Etude du stipe de l'Adelophyton jutieri</i> B. Renault, 1907, 38 p., 4 pl.	85,00 F.
n° 2. — J. GOSSELET et al., <i>Faune siluro-dévonienne de Liévin</i> , 1912-1920. Fasc. 2	336,00 F.
n° 3. — V. COMMONT, <i>Saint-Acheul et Montières : Notes de Géologie, de Paléontologie et de Préhistoire</i> , 1909, 68 p., 3 pl.	156,00 F.
<b>Tome VII, n° 1.</b> — P. BERTRAND, <i>Etude des Stipes d'Asterochloena laxa</i> Stenzel, 1911, 72 p., 6 pl.	102,00 F.
<b>Tome VIII, n° 2.</b> — Ed. LEROUX, <i>Le tunnel de l'Ave Maria</i> , 1929, 50 p., 5 pl.	120,00 F.
<b>Tome IX, n° 1.</b> — G. DUBAR, <i>Etude sur le Lias des Pyrénées Françaises</i> , 1925, 332 p., 7 pl.	432,00 F.
n° 2. — G. FOURNIER et al., <i>Poissons élasmobranches de Denée</i> , 1926, 23 p., 6 pl.	96,00 F.
<b>Tome X, n° 2.</b> — J. LAVERDIERE, <i>Terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales</i> , 1931, 132 p., 8 pl.	180,00 F.
<b>Tome XII.</b> — D. LEMAITRE, <i>Faune des Calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis</i> , 1934, 268 p., 18 pl.	336,00 F.
<b>Tome XIII.</b> — P. BRICHE et al., <i>Flore infraliasique du Boulonnais</i> , 1963, 145 p., 11 pl.	252,00 F.
<b>Tome XIV.</b> — G. WATERLOT, <i>Les Gigantotraccés du Siluro-Dévonien de Liévin</i> , 1966, 23 p., 5 pl.	84,00 F.
<b>Tome XV.</b> — J. MANIA, <i>Gestion des Systèmes aquifères. Applications au Nord de la France</i> , 1978, 228 p.	180,00 F.
<b>Tome XVI.</b> — A. BOUROZ et al., <i>Essai de synthèse des données acquises dans la genèse et l'évolution des marqueurs pétrographiques dans les bassins houillers</i>	250,00 F.

#### FASCICULES SPECIAUX (\*)

« Géologie du Nord de la France » (T. LXXXIX, fasc. 1)	85,00 F.
« Centenaire de la S.G.N. » (T. XC, fasc. 4)	100,00 F.
« Rupture des roches et massifs rocheux » (T. XCV, fasc. 3)	70,00 F.
« Données nouvelles sur le Paléozoïque de l'Europe occidentale » (T. XCVI, fasc. 4 et T. XCVII, fasc. 1)	200,00 F.
« Apports récents à la Géologie du Gondwana » (T. XCVII, fasc. 4)	150,00 F.
« Géologie de l'Europe, du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens » (T. XCIX, fasc. 1)	150,00 F.
« Géologie appliquée aux problèmes d'énergie et de matières premières »	150,00 F.

#### PUBLICATIONS (\*)

Publication N° 1. — J. CHOROWICZ, <i>Etude géologique des Dinarides le long de la transversale Split-Karlovac (Yougoslavie)</i>	130,00 F.
Publication N° 2. — J. CHARVET, <i>Essai sur un orogène alpin : Géologie des Dinarides au niveau de la transversale de Sarajevo (Yougoslavie)</i>	150,00 F.
Publication N° 3. — J. ANGELIER, <i>Néotectonique de l'arc égéen</i>	140,00 F.
Publication N° 4. — J.J. FLEURY, <i>Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grèce continentale et Péloponnèse du Nord). Evolution d'une plate-forme et d'un bassin dans leur cadre alpin</i>	175,00 F.
Publication N° 5. — M. COUSIN, <i>Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie</i>	175,00 F.
Publication N° 6. — F. THIEBAULT, <i>L'évolution géodynamique des Hellénides externes en Péloponnèse méridional</i>	185,00 F.
Publication N° 7. — P. DEWEVER, <i>Radiolaires du Trias et du Lias de la Téthys</i>	180,00 F.
Publication N° 8. — J. FERRIERE, <i>Paléogéographie et tectoniques superposées dans les Hellénides internes : les massifs de l'Othrys et du Pélion (Grèce continentale)</i>	185,00 F.
Publication N° 9. — H. MAILLOT, <i>Les Paléoenvironnements de l'Atlantique sud : Apport de la géochimie sédimentaire</i>	130,00 F.
Publication N° 10. — Cl. BROUSMICHE, <i>Les Fougères sphénoptéridiennes du Bassin Houiller Sarro-Lorrain</i>	200,00 F.
Publication N° 11. — B. MISTIAEN, <i>Phénomènes récifaux dans le Dévonien d'Afghanistan (Montagnes Centrales). Analyse et systématique des Stromatopores</i>	200,00 F.

<i>Esquisse géologique du Nord de la France</i> , par J. GOSSELET, Fascicule IV (Terrains quaternaires)	29,00 F.
<i>Ecorché géologique infra-mésozoïque</i> (extrait de « Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France », présentée par C.F.P. (M), COPESEP et S.N.P.A.)	50,00 F.

#### SERIE DOCUMENTATION (Pochettes de 6 Diapositives avec notice) (\*\*)

Les membres abonnés bénéficient d'une réduction de 20 % sur un exemplaire de chacune de ces publications.  
Les prix sont augmentés des frais de port et d'emballage quand les volumes ne sont pas pris directement au dépôt.

(\*) Tous les prix sont indiqués hors taxe.

(\*\*) La liste des séries de diapositives peut être demandée au Secrétariat de la S.G.N.

# SOMMAIRE

Tome CIV

1984

4<sup>me</sup> trimestre

---

	pages
F. GUILLOT et J.F. RAOULT. — Permien et base du Trias en Vanoise septentrionale : données nouvelles et hypothèses (Zone briançonnaise interne, Alpes françaises) .....	183
B. BROUDOUX, P. DEBRABANT et J.F. RAOULT. — Géochimie des calcaires et encroûtements du Malm à l'Eocène en Vanoise : données préliminaires (Zone briançonnaise interne, Alpes)	193
J. PILLET et R. COURTESSOLE. — Contribution à l'étude des <u>Trilobites</u> de l'Ordovicien inférieur de la <u>Montagne Noire</u> . <u>Cyclopygidae</u> et <u>Isocolidae</u> .....	209
H. COULON, P. DEBRABANT et Ch. LEFEVRE. — Données pétrographiques, minéralogiques et géochimiques sur la transition basaltes - sédiments dans l'Atlantique Nord .....	219
V. PRUDHOMME. — Un témoin du Landénien supérieur continental dans le <u>Calaisis</u> : la <u>carrière de La Montoire</u> .....	235

© 1985 Société Géologique du Nord Editeur, Lille

Toute reproduction, même partielle, de cet ouvrage est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteur.

Imprimé en France (Printed in France)