

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome C

1980

4^{me} 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 cotisation 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 simill 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^{er}-1-1981)

	QUALITE	COTISATION	ABONNEMENT	TOTAL
FRANCE et BENELUX	Personnes physiques (2)	20,00 F	105,00 F	125,00 F
AUTRES PAYS	Personnes physiques	20,00 F	120,00 F	140,00 F

Abonnement des non-membres : FRANCE : 240,00 F — ETRANGER : 280,00 F

Pour tous renseignements et règlements, s'adresser à : Secrétariat S.G.N., Sciences de la Terre,
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex — Tél. 91.92.22 — C.C.P. Lille 5247

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) 170,00 F.
Tomes LXXX à XCV (manque XCI) 220,00 F.
Tomes XCVI et suivants 240,00 F.

(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 (58,00 F).

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome C

1980

4^{me} trimestre

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1980 —

<i>Président d'Honneur</i>	M. G. WATERLOT
<i>Président</i>	M. J. LEPLAT
<i>Premier Vice-Président</i>	M. J. CHARVET
<i>Vice-Présidents</i>	M. B. CLÉMENT M. J. MANIA
<i>Secrétaire</i>	M. J.M. DÉGARDIN
<i>Secrétaire-Adjoint</i>	M. B. HOYEZ
<i>Directeur de la Publication</i> .	M ^{me} Paule CORSIN
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Archiviste-Bibliothécaire</i>	M. J.L. MANSY
<i>Conseillers</i>	M ^{lle} D. BRICE M. Ch. DELATTRE M. M. WATERLOT M. J.M. CHARLET M. J. SOMMÉ M. P. CELET

COMITE DE LECTURE

— 1980 —

M^{me} Paule CORSIN, Directeur de la publication
M. J.M. CHARLET
M. Ch. DELATTRE
M. P. CELET
M. I. GODFRIAUX

A N N A L E S
D E L A
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, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex
Tél. 91.92.22 — C.C.P. Lille 52-47

Compte rendu de l'activité de la Société

ASSEMBLEE EXTRAORDINAIRE DU 26 NOVEMBRE 1980

Présidence de M. J. LEPLAT, Président

Les membres de la Société ont été convoqués en Assemblée Générale extraordinaire pour examiner le problème du réajustement des tarifs de la cotisation et de l'abonnement pour l'année 1981.

Le quorum n'étant pas atteint, l'ordre du jour est reporté au 3 Décembre 1980.

ASSEMBLEE EXTRAORDINAIRE DU 3 DECEMBRE 1980

Présidence de M. J. LEPLAT, Président

Sur proposition du Conseil datant du 26 Novembre 1980, les nouveaux tarifs de cotisation et abonnement aux *Annales* sont adoptés comme suit :

Membres (France et Bénélux) :

Cotisation : 20 F. — Abonnement : 105 F.

Membres étrangers :

Cotisation : 20 F. — Abonnement : 120 F.

Etudiants :

Cotisation : 20 F. — Abonnement : 58 F.

Abonnement des non-membres :

Français : 240 F. — Etranger : 280 F.

SEANCE ORDINAIRE DU 3 DECEMBRE 1980

Présidence de M. J. LEPLAT, Président

Monsieur le Président fait procéder à l'élection d'un nouveau membre :

M^{lle} Annie DHONDT, de l'Université Royale de Bruxelles, présentée par MM. F. Robaszynski et F. Amedro.

Communications orales

D. BRICE. — Observations nouvelles sur les Rhynchonellida et les Orthida du Frasnien de Ferques (Boulonnais) (*).

D. BRICE, M. COEN, S. LOBOZIAK et M. STREEL. — Précisions biostratigraphiques sur le Dévonien supérieur de Ferques (Boulonnais).

Communication écrite

J.J. VERRIEZ. — Etude du volcanisme ancien dans les zones internes des Hellénides : le volcan d'Atalanti (Grèce continentale).

—————«»—————

(*) Note intégrée dans le 3^e fascicule du tome C.

Précisions biostratigraphiques relatives au Dévonien supérieur de Ferques (Boulonnais)

par Denise BRICE (*), Michel COEN (**), Stanislas LOBOZIAK (***) et Maurice STREEL (****)

Resumé. — Les données biostratigraphiques et corrélations concernent trois groupes fossiles inventoriés dans la Formation de Beaulieu (en partie) et dans les Formations de Ferques et d'Hydrequent. *Spores* (S. L. et M. S.): Cinq assemblages sont mis en évidence et leur succession est établie par rapport à celle des conodontes. Le plus récent (assemblage V) se rencontre à la partie sommitale de la Formation d'Hydrequent, il indique un âge Famennien inférieur. *Conodontes* (M. C.): La base de la zone à *asymmetricus* moyenne est placée à la partie supérieure du Membre des Noces, dans la Formation de Beaulieu, et la partie la plus inférieure de la zone à *Ag. triangularis* est reconnue dans le Membre Gris de la Formation de Ferques. *Brachiopodes* (D. B.): Des précisions sont apportées sur la répartition stratigraphique des Orthida et Rhynchonellida présents dans la séquence inventoriée en relation avec les biozones à brachiopodes définies en 1976, et la zonation des conodontes.

Abstract. — Biostratigraphical informations and correlations concern three fossil groups inventoried into the "Formation de Beaulieu" (in part), "de Ferques" and "d'Hydrequent". *Spores* (S. L. and M. S.): Five assemblages are brought up to date and their succession is established in connection with conodont zones. The more recent is found at the higher part of the "Formation d'Hydrequent" (assemblage V), it is of lower Famennian. *Conodonts* (M. C.): The base of middle *asymmetricus* zone is situated at the upper part of the "Membre des Noces" in the "Formation de Beaulieu" and the lower most part of *Ag. triangularis* zone is recognized in the "Membre Gris" in the "Formation de Ferques". *Brachiopods* (D. B.): Accuracies are given on Orthida and Rhynchonellida stratigraphical distribution in the sequence in connection with brachiopod biozones defined in 1976, and conodont zones.

I. — INTRODUCTION

Les recherches paléontologiques dans le Dévonien de Ferques, poursuivies en équipe au cours des dernières années, améliorent nos connaissances des flores et des faunes et de leur répartition à cette époque. Les observations et remarques biostratigraphiques qui suivent viennent compléter celles récemment publiées (Brice *et al.*, 1978b) qui concernaient la Formation de Blacourt et la partie inférieure de la Formation de Beaulieu d'âge givétien et frasien inférieur. Elles se rapportent aux spores, conodontes et brachiopodes (Orthida et Rhynchonellida) présents dans les parties

moyenne et supérieure de la Formation de Beaulieu et dans les Formations de Ferques et d'Hydrequent sus-jacentes, formations datées du Dévonien supérieur.

II. — LOCALISATION DES ECHANTILLONS FOSSILIFERES

Les indications portées sur le tableau se rapportent exclusivement aux échantillons qui ont livré des spores (fig. 1). Les prélèvements, qui ont été traités pour la recherche des conodontes, proviennent des mêmes affleurements et parfois des mêmes bancs.

Les gisements qui ont livré les brachiopodes Orthida et Rhynchonellida ont été signalés dans l'étude systématique précédente (Brice, 1980).

III. — OBSERVATIONS PALEONTOLOGIQUES ET REMARQUES BIOSTRATIGRAPHIQUES

1) Spores (S. L. et M. S.).

L'inventaire palynologique ci-après fait suite aux résultats publiés récemment (Brice *et al.*, 1978b) et qui avaient trait à la Formation de Blacourt et la partie

(*) Laboratoire de Paléontologie stratigraphique, Faculté Libre des Sciences, 13, rue de Toul, 59046 Lille Cedex. GRECO 130007 du C.N.R.S.

(**) Chercheur qualifié au FNRS. Laboratoire de Paléontologie, 3, Place Louis Pasteur, B-1348 Louvain-la-Neuve.

(***) Laboratoire de Paléobotanique, Sciences de la Terre, Université des Sciences et Techniques de Lille, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex, GRECO 130007 du C.N.R.S.

(****) Laboratoire de Paléobotanique, Université de Liège, Place du XX Août, B-4000, Liège.

Note présentée le 26 Novembre 1980 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 7 Octobre 1981.

LITHO - BIOSTRATIGRAPHIE

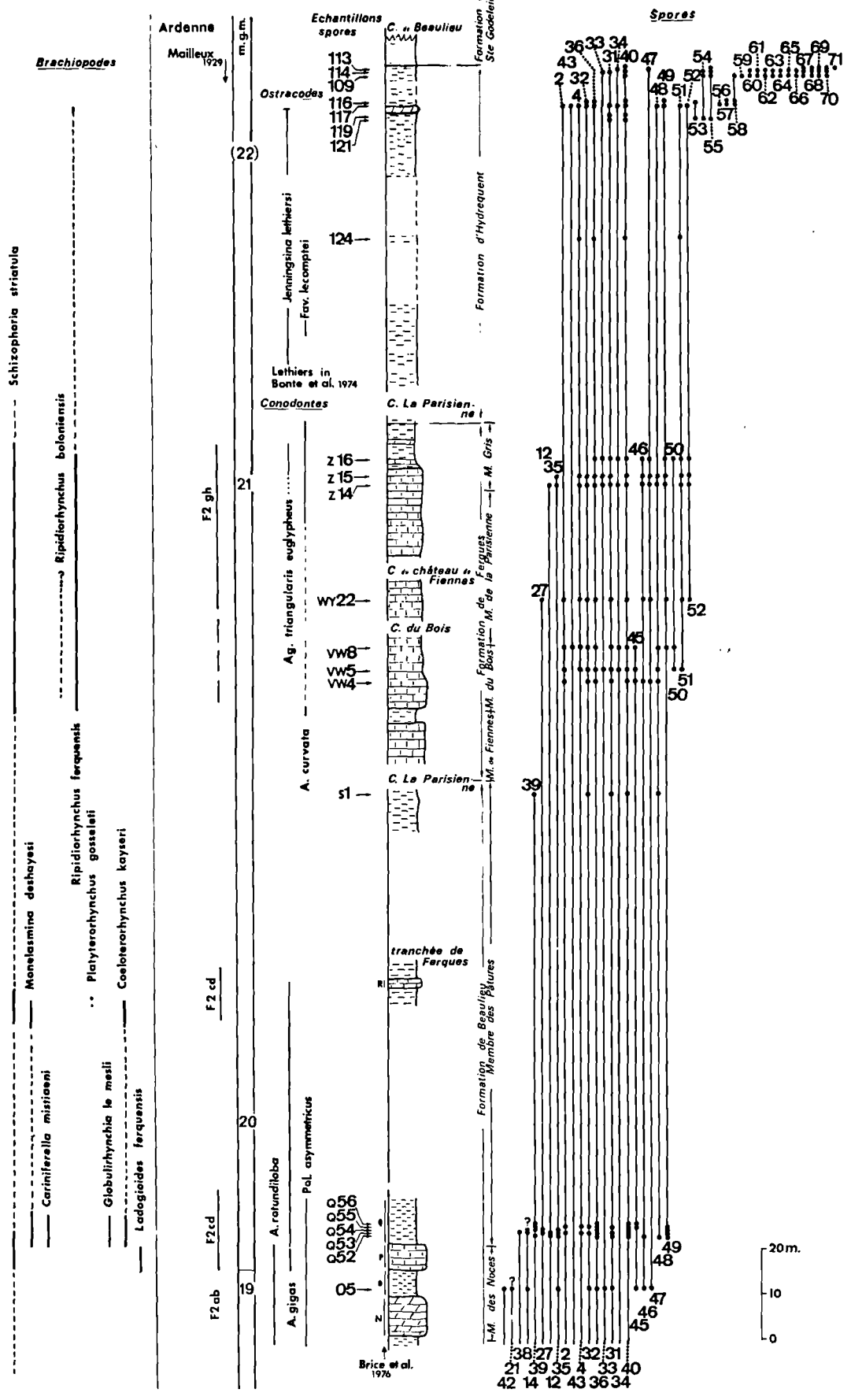


Fig. 1.

inférieure de celle de Beaulieu dans la coupe de la tranchée de voie ferrée Caffiers-Ferques.

Cette fois-ci, il intéresse la Formation de Beaulieu, depuis le Membre des Noces, et les Formations de Ferques et d'Hydrequent qui lui sont sus-jacentes.

Un grand nombre d'échantillons, malgré plusieurs tentatives de macération, n'ont pas fourni de miospores. Ceux qui ont révélé un matériel palynologique suffisant se situent de part et d'autre du calcaire inférieur à Pentamères dans la coupe de la tranchée de voie ferrée Caffiers-Ferques, à l'extrême sommet de la Formation de Beaulieu dans la carrière La Parisienne, dans le Membre du Bois de la Formation de Ferques dans la carrière du Bois, dans les Membres La Parisienne et Gris de la Formation de Ferques dans les carrières du Château de Fiennes et de La Parisienne, ainsi qu'au sommet de la Formation d'Hydrequent dans le site classique de la briqueterie de Beaulieu.

Les miospores les plus significatives pour cette séquence stratigraphique figurent sur le tableau de répartition (fig. 1).

Dans la note de 1978, nous ne signalions aucune apparition d'espèce à la faveur du changement de lithologie à la base de la Formation de Beaulieu.

Le premier fait essentiel à noter dans celle-ci, se situe au sommet du Membre des Noces et à la base de celui des Pâtures, c'est-à-dire de part et d'autre du calcaire inférieur à Pentamères.

Un certain nombre d'espèces y apparaissent pour la première fois. Il s'agit de *V. bullatus* (45), *A. simplex* (46), *H. multifurcatus* (47), *C. tegula* (48) et *P. scaber* (49). La microflore y est diversifiée avec, entre autres, *S. triangulatus* (36), *A. langii* (31), *G. lemurata* (40), *C. disparilis* (4), *G. tomentosa* (32), *R. parvulus* (35) et *C. jekhowskyi* (39), ainsi que *C. multispinosus* (42), *G. inculta* (21), *Ch. concinna* (38), *A. ancyrea* var. *brevispinosa* (14), *V. cf. uncatus* (27) et *A. variabilis* (2) dont nous avons, un peu prématurément, signalé l'extinction dans des niveaux inférieurs (Loboziak et Streel, 1980).

Toutes les espèces recueillies à ce niveau de la Formation de Beaulieu se retrouvent au sommet de cette dernière, à l'exception toutefois de *C. multispinosus* (42), *G. inculta* (21), *Ch. concinna* (38) et *A. ancyrea* var. *brevispinosa* (14) qui s'éteignent plus bas. A cet horizon on remarque, pour la dernière fois, la présence de *C. jekhowskyi* (39) qui est une miospore zonée dont la biozone débute dans le Membre de Couderousse (= niveau H) de la Formation de Blacourt et que l'on remarque de manière constante et régulière dans la partie supérieure de cette dernière et la totalité de celle de Beaulieu.

Le fait essentiel suivant intervient dans la partie moyenne de la Formation de Ferques (Membre du Bois et partie inférieure du Membre La Parisienne) avec l'apparition de *L. media* (50), *P. rugulatus* (51) et *A. lysii* (52) qui sont des espèces décrites par Taugour-

Fig. 1. — Répartition stratigraphique.

La colonne lithologique est composée à partir de Brice *et al.* (1976 et 1978a). m.g.m. (= micropaleontological guiding mark), repère micropaléontologique établi pour le livret-guide du Symposium international de Namur, édité en 1974 par Bouckaert et Streel.

Les numéros des espèces de spores reprennent et complètent ceux notés sur la fig. 1 de Loboziak et Streel (1980).

Des précisions taxonomiques sont fournies dans Loboziak et Streel (1981).

- | | |
|---|--|
| 2 = <i>Archaeozonotriletes variabilis</i> (Naumova) Allen | 50 = <i>Lophozonotriletes media</i> Taugourdeau-Lantz |
| 4 = <i>Convolutispora disparilis</i> Allen | 51 = <i>Pustulatisporites rugulatus</i> (Taugourdeau-Lantz) nov. comb. |
| 12 = <i>Contagisporites optivus</i> (Chibrikova) Owens | 52 = <i>Ancyrospora lysii</i> (Taugourdeau-Lantz) nov. comb. |
| 14 = <i>Ancyrospora ancyrea</i> var. <i>brevispinosa</i> Richardson | 53 = <i>Grandispora</i> cf. <i>tenuispinosa</i> (Hacquebard) Playford |
| 21 = <i>Grandispora inculta</i> Allen | 54 = <i>Samarisporites</i> sp. A |
| 27 = <i>Verrucosisporites</i> cf. <i>uncatus</i> (Naumova) Richardson | 55 = <i>Diducites poljessicus</i> (Kedo) Van Veen |
| 31 = <i>Ancyrospora langii</i> (Taugourdeau-Lantz) Allen | 56 = <i>Grandispora</i> sp. A |
| 32 = <i>Grandispora tomentosa</i> Taugourdeau-Lantz | 57 = <i>Cymbosporites</i> sp. B |
| 33 = <i>Hystricosporites</i> spp. | 58 = <i>Rugospora</i> cf. <i>flexuosa</i> (Juschko) Streel |
| 34 = <i>Perotriletes ergatus</i> Allen | 59 = <i>Knoxisporites dedaleus</i> (Naumova) Streel |
| 35 = <i>Rhabdosporites parvulus</i> Richardson | 60 = <i>Knoxisporites</i> cf. <i>hederatus</i> (Ishenko) Playford |
| 36 = <i>Samarisporites triangulatus</i> Allen | 61 = <i>Corbulispora</i> sp. |
| 38 = <i>Chelinospora concinna</i> Allen | 62 = <i>Auroraspora hyalina</i> (Naumova) Streel |
| 39 = <i>Cirratiradites jekhowskyi</i> Taugourdeau-Lantz | 63 = <i>Auroraspora macra</i> Sullivan |
| 40 = <i>Geminispora lemurata</i> Balme | 64 = <i>Diducites plicabilis</i> Van Veen |
| 42 = <i>Corystisporites multispinosus</i> Richardson | 65 = <i>Diducites versabilis</i> (Kedo) Van Veen |
| 43 = <i>Convolutispora</i> cf. <i>subtilis</i> Owens | 66 = <i>Auroraspora</i> sp. A |
| 45 = <i>Verrucosisporites bullatus</i> Taugourdeau-Lantz | 67 = <i>Retusotriletes planus</i> Dolby et Neves |
| 46 = <i>Ancyrospora simplex</i> Guennel | 68 = <i>Cymbosporites</i> sp. A |
| 47 = <i>Hystricosporites multifurcatus</i> (Winslow) Mortimer et Chaloner | 69 = <i>Grandispora gracilis</i> (Kedo) Streel |
| 48 = <i>Convolutispora tegula</i> Allen | 70 = <i>Auroraspora solisorta</i> Hoffmann, Streel et Malloy |
| 49 = <i>Planisporites scaber</i> Taugourdeau-Lantz | 71 = <i>Densosporites</i> spp. |

deau-Lantz, et le sommet de la biozone de *V. cf. uncatus* (27) et surtout de *V. bullatus* (45) qui est une espèce facilement identifiable et dont l'extension est relativement courte (Membre des Noces de la Formation de Beauieu - sommet du Membre du Bois de la Formation de Ferques).

Au sommet de la Formation de Ferques, où les calcaires cèdent leur place à une lithologie plus schisteuse, nous constatons la fin de la biozone de *C. optivus* (12), *R. parvulus* (35), *A. simplex* (46) et *L. media* (50).

Les schistes d'Hydrequant n'ont donné des résultats satisfaisants qu'à partir des environs du banc dolomitique qui caractérise la partie supérieure de cette formation dans la carrière de la briqueterie.

Plusieurs échantillons immédiatement sous- et sus-jacents à ce banc ont révélé une microflore assez intéressante qui se compose de 20 taxons parmi lesquels 6 sont notés pour la première fois. Il s'agit de : *G. cf. tenuispinosa* (53), *Samarisporites* sp. A (54), *D. poljessicus* (55), *Grandispora* sp. A (56), *Cymbosporites* sp. B (57), et *R. cf. flexuosa* (58).

Un changement nettement plus significatif intervient quelques mètres plus haut, dans les schistes qui séparent ce banc dolomitique de la base de la Formation de Sainte-Godeleine. Ce changement se manifeste, d'une part, par l'apparition de 13 taxons qui sont : *K. dedaleus* (59), *K. cf. hededatus* (60), *Corbulispora* sp. (61), *A. hyalina* (62), *A. macra* (63), *D. plicabilis* (64), *D. versabilis* (65), *Aurospora* sp. A (66), *R. planus* (67), *Cymbosporites* sp. A (68), *G. gracilis* (69), *A. solisorta* (70) et *Densosporites* spp. (71) et, d'autre part, par la disparition d'un nombre relativement élevé d'éléments encore visibles au niveau du banc dolomitique, et plus particulièrement, de *A. variabilis* (2), *C. disparilis* (4), *G. tomentosa* (32), *C. tegula* (48), *P. scaber* (49), *P. rugulatus* (51), *A. lysii* (52) et surtout de *S. triangulatus* (36) représentée, parfois même en relative abondance, au moins depuis la partie inférieure de la Formation de Blacourt.

A cet endroit, il s'agit d'un changement majeur dont l'importance, à elle seule, suggère une discontinuité paléontologique. Mais pour l'instant, nous ne disposons, dans le Boulonnais, d'aucune donnée faunistique qui nous permette de situer de façon précise cet extrême sommet de la Formation d'Hydrequant.

Toutefois, par comparaison avec quelques résultats de palynologie acquis en Belgique [apparition de *D. plicabilis* (64) et *D. versabilis* (65) avec les conodontes de la zone à *Pal. crepida* dans le Famennien inférieur type de la coupe de Senzeilles], nous pensons être en mesure de proposer pour cet horizon un âge famennien inférieur (fig. 2).

Ce résultat confirme l'intérêt de la palynologie dans la connaissance stratigraphique du Dévonien du Boulonnais. Bien évidemment, il nous paraît insuffisant. C'est pourquoi nous nous proposons de poursuivre

l'inventaire de ce sommet de la Formation d'Hydrequant, en particulier par un relevé d'échantillons minutieux et sérié.

En résumé, la succession des miospores que nous venons de décrire brièvement peut être schématisée en cinq ensembles (fig. 2) que nous considérons équivalents à des "assemblages zones".

L'ensemble inférieur I, qui débute avec l'apparition de *C. jekhowskyi* (39), *G. lemurata* (46) et *Ch. concinna* (38) (Loboziak et Streel, dans Brice *et al.*, 1978b et Loboziak et Streel, 1980) comprend la partie supérieure de la Formation de Blacourt et la partie inférieure de celle de Beauieu.

L'ensemble II se situe avec le début de la biozone de *V. bullatus* (45) et comprend le reste de la Formation de Beauieu et la partie inférieure de celle de Ferques.

L'ensemble III, qui lui fait suite, débute avec les premiers individus de *L. media* (50), *P. rugulatus* (51) et *A. lysii* (52) et caractérise au moins le reste de la Formation de Ferques. Ces deux derniers ensembles (II-III) correspondent relativement bien à l'*Optivus-Bullatus* assemblage de Richardson, 1974.

L'ensemble IV se situe de part et d'autre du banc dolomitique de la Formation d'Hydrequant et se distingue par une microflore dans laquelle se remarquent quelques nouveaux taxons parmi lesquels *D. poljessicus* (55), *Cymbosporites* sp. B (57), etc...

L'ensemble supérieur, numéroté pour l'instant V, s'identifie par une microflore qui montre un très net changement par rapport à celle reconnue précédemment. Il comprend la partie sommitale de la Formation d'Hydrequant.

2) Conodontes (M. C.).

La Formation de Beauieu avait déjà été étudiée dans la nouvelle tranchée de voie ferrée par Bultynck (*in* Brice *et al.*, 1978b) qui signalait *Ancyrodella gigas* dans le calcaire à Pentamères supérieur (niveau R, Membre des Pâtures) et certaines formes juvéniles, attribuées avec doute à la même espèce, dès le calcaire à Pentamères inférieur (niveau P, Membre des Noces).

Nous avons rééchantillonné plus en détail cette partie de la coupe. Elle a livré d'authentiques *A. gigas* dès la base du niveau P, en même temps que certaines formes de transition entre *Ancyrodella rotundiloba* et *A. gigas*. Ceci, joint à la présence régulière de *Polygnathus asymmetricus*, indique un âge correspondant à celui du "F2c" en Ardenne.

Le calcaire de Ferques n'a guère livré que des *Polygnathus*. Le banc à brachiopodes de la carrière du Bois (terme b du Membre du Bois) est particulièrement riche à cet égard. Vers le haut, toutefois, la faune change. De nombreux *Icriodus* font leur apparition au sommet du Membre de la Parisienne, dans la

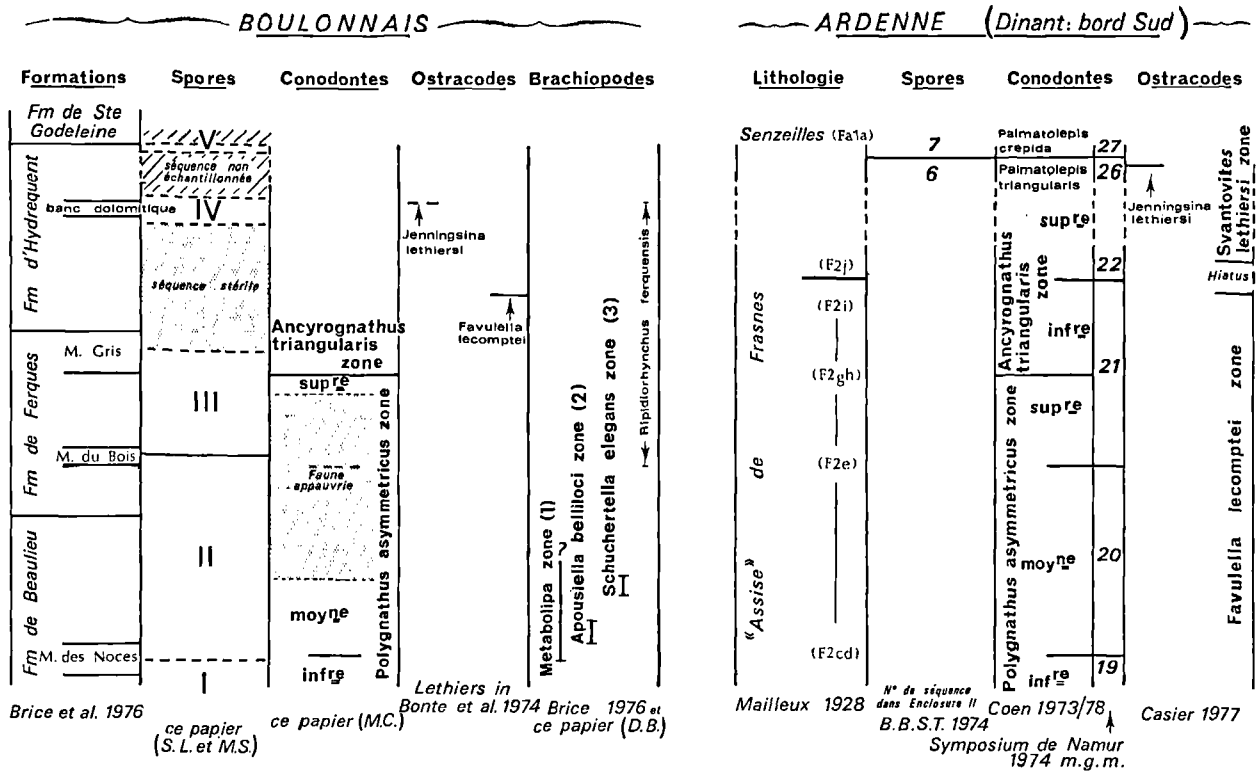


Fig. 2. — Tableau de corrélations.

carrière la Parisienne, et l'emportent rapidement sur les *Polygnathus*. Au même niveau se placent nos premières *Ancyrodella curvata*, mais il faut rappeler que cette espèce a été trouvée sensiblement plus bas par Magne (1964, p. 109, Pl. I et X). Son échantillon RF 934 se situerait à l'extrême base du Membre du Bois dans la carrière du Bois. En Ardenne, *A. curvata* est connue depuis le "F2e" jusqu'au sommet du Frasnien et n'est en fait qu'un médiocre indicateur. Par contre, *Ancyrognathus triangularis euglypheus* (sensu Coen, 1973), présente au niveau du Membre Gris, indique un âge certainement antérieur à celui du "F2j".

En résumé, nous pouvons donc établir une corrélation entre la partie moyenne de la Formation de Beaulieu (niveaux P, Q, R et peut-être aussi le niveau N de Brice et al., 1976) et le "F2cd" de la région de Frasnien, d'une part, entre le calcaire de Ferques et le "F2gh" peut-être même le "F2e" en Ardenne, d'autre part.

L'apparition de *Ancyrodella gigas* indique en outre la base de la zone à *asymmetricus* moyenne, tandis que celle de *Ancyrognathus triangularis euglypheus* est caractéristique en Ardenne, de la partie la plus inférieure

de la zone à *Ancyrognathus triangularis* (Coen, 1973) (*).

Faute de cerner avec précision l'apparition de *Ancyrodella curvata*, la limite inférieure de la zone à *asymmetricus* supérieure et les corrélations avec l'Ardenne restent floues.

3) Brachiopodes (D. B.).

Dans une étude précédente consacrée à la révision des Orthida et des Rhynchonellida du Frasnien de Ferques (Brice, 1980), j'ai précisé les caractères systématiques et les affinités de deux espèces nouvelles et d'un certain nombre de taxons peu connus jusqu'ici. Les remarques qui suivent se rapportent à la distribution stratigraphique des espèces des deux ordres rencontrées, avec une répartition plus ou moins étendue, dans les parties moyenne et supérieure de la Formation de Beaulieu et les Formations sus-jacentes de Ferques et d'Hydrequent. Il s'agit, pour les Orthida, de : *Aula-*

(*) Le Professeur Dr W. Ziegler, auquel nous avons soumis récemment les meilleures faunes ardennaises, a pleinement confirmé ce point de vue.

cella sp., *Cariniferella mistiaeni* Brice, *Monelasma deshayesi* (Rigaux), *Schizophoria striatula* (Schlothheim), et pour les Rhynchonellida, de : *Ladogioides ferquensis* Brice, *Coeloterorhynchus kayseri* (Rigaux), *Globulirhynchia le mesli* (Rigaux), *Platyterorhynchus gosseleti* (Rigaux), *Ripidiorhynchus ferquensis* (Gosselet) et *R. boloniensis* (d'Orbigny).

Dans la *Formation de Beaulieu*, le premier fait à souligner est la présence, à la partie supérieure du Membre des Noces, d'un représentant de *Ladogioides*, genre de Rhynchonellida uniquement connu jusqu'ici dans le Frasnien inférieur du Canada (McLaren, 1961, 1962). A Ferques, *Ladogioides ferquensis* est cantonné dans le niveau P (Brice *et al.*, 1976) et caractérise avec *Schizophoria striatula*, très abondant à ce niveau, la partie inférieure de la zone à *Metabolipa* (Biozone 1 de Brice, 1976).

Antérieurement (Brice *in* Brice *et al.*, 1976, p. 151, tabl. VII), j'avais rapporté erronément à *Coeloterorhynchus kayseri*, deux rhynchonelles trouvées dans le niveau P. J'ai pu vérifier qu'il s'agissait de jeunes coquilles de *Ladogioides ferquensis* dont la microornementation n'avait pas été conservée. *Coeloterorhynchus kayseri* n'apparaît qu'à la base du Membre des Pâtures où il est peu commun et associé à un grand nombre de taxons caractéristiques de la zone à *Apousiella belliloci* (Biozone 2 de Brice, 1976). Parmi ceux-ci, se trouvent deux Orthida, *Cariniferella mistiaeni*, *Monelasma deshayesi*, et un Rhynchonellida, *Globulirhynchia le mesli*. Des associations semblables se retrouvent sensiblement au même niveau dans le Frasnien inférieur du NE de l'Alberta au Canada (Pedder, 1959) et dans celui du Léon en Espagne (Garcia-Alcalde *et al.*, 1979, p. 19, fig. 13).

Le renouvellement des faunes de brachiopodes, amorcé au sommet du Membre des Noces, intensifié à la base du Membre des Pâtures, se poursuit en s'atténuant jusqu'à l'horizon du calcaire supérieur à Pentamères (niveau R de Brice *et al.*, 1976), la partie supérieure de ce membre étant azoïque. A la zone à *Apousiella belliloci* (Biozone 2 de Brice, 1976) succède la zone à *Schuchertella elegans* (Biozone 3 de Brice, 1976). C'est dans cette dernière qu'ont été trouvés les rares spécimens de *Aulacella* sp. et de *Platyterorhynchus gosseletii* représentants d'un genre de Rhynchonellida jusqu'ici uniquement connu comme le genre *Ladogioides* dans le Frasnien inférieur du Canada où il lui est généralement associé (McLaren, *op. cit.*, p. 100).

Dans la *Formation de Ferques*, les brachiopodes ne redeviennent nombreux qu'à partir de la base du Membre du Bois, toutefois, ils y sont moins variés que dans la partie moyenne de la Formation de Beaulieu. C'est à ce niveau qu'apparaissent deux Rhynchonellida : *Ripidiorhynchus ferquensis* et *R. boloniensis*. La première est commune dans les Membres du Bois et de la Parisienne, elle se retrouve encore à la partie supérieure de la Formation d'Hydrequent, dans

le banc dolomitique, où elle est assez abondante avant de disparaître. *R. boloniensis* est une espèce plutôt rare. Elle a été trouvée à la base du Membre du Bois et vers le milieu du Membre de la Parisienne.

IV. — CONCLUSIONS

A partir des études précédentes et des résultats qui en découlent (fig. 1 et 2), il est possible de dégager les données biostratigraphiques nouvelles importantes pour la zonation de la séquence considérée, les corrélations qui s'en déduisent et les événements paléontologiques majeurs relevés dans la série.

Zones à conodontes et corrélations.

— La mise en évidence, à la base du niveau P, d'authentiques *Ancyrodella gigas*, espèce dont l'apparition est caractéristique de la zone à *asymmetricus* moyenne, situe la limite de cette zone moyenne dans la Formation de Beaulieu, à la partie supérieure du Membre des Noces et non plus dans le niveau R (Bultynck, *in* Brice, 1978b). D'après Coen (p. 163), elle permet d'établir une corrélation entre le "F2cd" de la région de Frasnes, en Ardenne, et la partie moyenne de la Formation de Beaulieu (niveaux P, Q, R de Brice *et al.*, 1976).

— Faute de cerner avec précision l'apparition de *Ancyrodella curvata* dans la séquence dévonienne de Ferques, la base de la zone à *asymmetricus* supérieure reste indéterminée et les corrélations avec l'Ardenne imprécises.

— La découverte de *Ancyrognathus triangularis euglypheus* (*sensu* Coen, 1973) à la partie supérieure de la Formation de Ferques, dans le Membre Gris, est indicative, d'après Coen (p. 163), de la partie la plus inférieure de la zone à *Ancyrognathus triangularis*. Elle indiquerait, en outre, un âge antérieur à celui du "F2j" de la région de Frasnes, pour les niveaux du Membre Gris de la Formation de Ferques.

Renouvellement des associations.

— Le premier renouvellement, dans la séquence considérée, se situe dans la Formation de Beaulieu, près du sommet du Membre des Noces et dans la partie inférieure du Membre des Pâtures. Il intéresse simultanément les trois groupes fossiles étudiés. Il est marqué chez les spores, par le remplacement de l'ensemble palynologique I, par l'ensemble II. L'apparition, chez les conodontes, de *Ancyrodella gigas*, à la base du niveau P, s'accompagne d'un changement notable dans la faune de brachiopodes. C'est le début de la zone à *Metabolipa* (Biozone 1 de Brice, 1976) dont la partie inférieure est caractérisée par *Ladogioides ferquensis* Brice, 1980. Le changement se poursuit au sein du groupe dans la partie inférieure du Membre des Pâtures où se succèdent la zone à *Apousiella belliloci* (Biozone 2 de Brice, 1976) et la zone à *Schuchertella elegans* (biozone 3 de Brice, 1976).

Le renouvellement suivant intervient dans la partie moyenne de la Formation de Ferques (Membres du Bois et de la Parisienne). Il est plus échelonné et moins marqué que le précédent, aussi bien chez les spores (succession de l'assemblage II à III) que chez les brachiopodes.

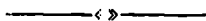
Les spores enregistrent, en outre, deux changements vers le sommet de la Formation d'Hydrequent qui

se manifestent par la succession de deux assemblages. Le premier (IV), trouvé au voisinage du banc dolomitique, traduit un certain renouvellement de la microflore. Le second (V) caractérise la partie sommitale de la Formation. Il indique un changement majeur qui suggère une discontinuité paléontologique et un âge famennien inférieur pour l'horizon qui l'a livré (Loboziak et Streel, p. 162).

LISTE BIBLIOGRAPHIQUE

- 1) ALLEN K.C. (1965). — Lower and middle Devonian spores of North and Central Vestspitsbergen. *Palaeontology*, v. 8, pt. 4, p. 687-748.
- 2) BECKER G., BLESS M.J.M., STREEL M. et THOREZ J. (1974). — Palynology and ostracode distribution in the upper Devonian and basal Dinantian of Belgium and their dependance on sedimentary facies. *Mededel. Rijks Geol. Dienst.*, n. ser., v. 25, n° 2, p. 9-99.
- 3) BONTE A., COLBEAUX J.P., HOYEZ B. et LETHIERS F. (1974). — Les "Schistes d'Hydrequent" (Dévonien supérieur du Bas-Boulonnais): nouvelles observations. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCIV, p. 117-121, fig.
- 4) BOUCKAERT J., COEN M., GROESSENS E. et PIRLET H. (1978). — Stratigraphie, Palaeogeographie und Tektonik im Palaeozoikum der Ardennen demonstriert am Maastal-Profil. *Exkursions furher 130. Hauptversammlung D.G.G. Aachen 78. Exk. 6*, 69-121. Aachen, 1978.
- 5) BRICE D. (1980). — Nouvelles observations sur les Orthida et les Rhynchonellida (Brachiopodes) du Frasnien de Ferques (Boulonnais). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. C, p. 139-153.
- 6) BRICE D., BIGEY F., MISTIAEN B., PONCET J., ROHART J.C.I. (1977). — Les organismes constructeurs (Algues, Stromatopores, Rugueux, Tabulés, Bryozoaires) dans le Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). *Associations. Répartition stratigraphique. in 2^{me} Symp. Intern. sur les Coraux et Récifs coralliens fossiles (Paris, Septembre, 1975). Mém. B.R.G.M.*, 89, p. 136-151, 1 fig. 1 tabl.
- 7) BRICE D., BULTYNCK P., COLBEAUX J.P., LETHIERS F., MISTIAEN B., ROHART J.C.I. et BIGEY F. (1976). — Une nouvelle coupe dans le Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCVI, p. 135-155, 8 tabl., 1 fig.
- 8) BRICE D., BULTYNCK P., DEUNFF J., LOBOZIAK S. et STREEL M. (1978b). — Données biostratigraphiques nouvelles sur le Givétien et le Frasnien de Ferques (Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCVIII, p. 325-344, 4 tabl., 3 pl.
- 9) BRICE D., COLBEAUX J.P., MISTIAEN B. et ROHART J.C.I. (1978a). — Les formations dévoniennes de Ferques (Bas-Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCVIII, p. 307-324, 3 fig., 1 tabl.
- 10) BRICE D. et MEATS P. (1971). — Le genre *Ripidiorhynchus* Sartenaer, 1966 (Rhynchonellida, Brachiopodes) dans le Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCI, p. 215-228, 2 fig., 1 tabl., Pl. XXXVI.
- 11) COEN M. (1973). — Faciès, Conodontes et stratigraphie du Frasnien de l'Est de la Belgique pour servir à une révision de l'étage. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 95, p. 239-253.
- 12) LELE K.M. et STREEL M. (1969). — Middle Devonian (Givetian) plant micro-fossils from Goé (Belgium). *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 92, p. 89-121.
- 13) LETHIERS F. (1974). — Biostratigraphie des ostracodes dans le Dévonien supérieur du Nord de la France et de la Belgique. *Newsl. stratigr.*, 3, 2, p. 73-79, 2 fig.
- 14) LOBOZIAK S. et STREEL M. (1980). — Miospores in Givetian to lower Frasnian sediments dated by conodonts from the Boulonnais, France. *Rev. of Palaeobot. and Palyn.*, 29, p. 285-299, 1 fig., 4 pl.
- 15) LOBOZIAK S. et STREEL M. (1981). — Miospores in Middle-Upper Frasnian to Famennian sediments partly dated by Conodonts. *Rev. of Palaeobot. and Palyn.*, 34, p. 49-66.
- 16) MAGNE F. (1964). — Données micropaléontologiques et stratigraphiques dans le Dévonien du Boulonnais (France) et du Bassin de Namur (Belgique). *Thèse 3^{me} cycle*, Paris, I: texte, 172 p., 44 fig.; II: 33 pl. photo, 12 pl. h.-t. (Inédit).
- 17) MCGREGOR D.C. (1960). — Devonian spores from Melville Island, Canadian Arctic Archipelago. *Palaeontology*, v. 3, pt. 1, p. 26-44.
- 18) MCGREGOR D.C. (1964). — Devonian miospores from the Ghost River Formation, Alberta. *Geol. Surv. Canada, Bull.* 109, p. 1-31.
- 19) MCGREGOR D.C. (1973). — Lower and middle Devonian spores of Eastern Gaspé, Canada. *Systematics. Palaeontographica*, Abt. B, Bd 142, Lfg 1-3, p. 1-104.
- 20) McLAREN D.J. (1961). — Three new genera of Givetian and Frasnian (Devonian) Rhynchonelloid Brachiopods. *B. Inst. r. Sc. nat. Belg.*, Bruxelles, t. XXXVII, 23, 6 p., 2 pl.

- 21) McLAREN D.J. (1962). — Middle and early upper Devonian Rhynchonelloid Brachiopods from Western Canada. *Geol. Surv. Ottawa, Bull. n° 86*, 122 p., 18 pl., 29 fig.-texte, 1 tabl.
- 22) OWENS B. (1971). — Miospores from the middle and early upper Devonian rocks of the Western Queen Elizabeth Islands, Arctic Archipelago. *Geol. Surv. Canada, Paper 70-38*, p. 1-157.
- 23) PEDDER A.E.H. (1959). — *Monelasma besti*, a new Schizophoriid Brachiopod from the Upper Devonian of Western Canada. *Geol. Mag.*, vol. XCVI, n° 6, p. 470-472, Pl. XVI.
- 24) RICHARDSON J.B. (1960). Spores from the middle Old Red Sandstone of Cromarty. *Palaeontology*, 3, pt. 1, p. 45-63.
- 25) RICHARDSON J.B. (1962). — Spores with bifurcate processes from the Middle Old Red Sandstone of Scotland. *Palaeontology*, v. 5, pt. 2, p. 171-194.
- 26) RICHARDSON J.B. (1965). — Middle Old Red Sandstone spore assemblage from the Orcadian basin north-east Scotland. *Palaeontology*, v. 7, pt. 4, p. 559-605.
- 27) RICHARDSON J.B. (1974). — The stratigraphical utilization of some Silurian and Devonian miospore species in the northern Hemisphere: an attempt at a synthesis. *Int. symp. Namur*, 9, p. 1-13.
- 28) RIEGEL W. (1973). — Sporenformen aus den Heisdorf-Lauchmund Nohn-Schichten (Emsium und Eifelium) der Eifel, Rheinland. *Palaeontographica, Abt. B*, Bd. 142, Lfg. 1-3, p. 78-104.
- 29) STREEL M. (1964). — Une association de spores du Givétien inférieur de la Vesdres à Goé (Belgique). *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 87, bull. 7, p. 1-29.
- 30) STREEL M. (1972). — Dispersed spores associated with *Leclercqia complexa* Banks, Bonamo and Grierson from the Late middle Devonian of Eastern New-York State (U.S.A.). *Rev. of Palaeobot. and Palynol.*, v. 14, p. 205-215.
- 31) TAUGOURDEAU-LANTZ J. (1960). — Sur la microflore du Frasnien inférieur de Beaulieu (Boulonnais). *Rev. de Micropal.*, v. 3, n° 3, p. 144-154.
- 32) TAUGOURDEAU-LANTZ J. (1967). — Les spores du Frasnien du Bas-Boulonnais (France). *Rev. of Palaeobot. and Palynol.*, vol. 1, n° 1-4, p. 131-139.
- 33) TAUGOURDEAU-LANTZ (1967). — Spores nouvelles du Frasnien du Bas-Boulonnais (France). *Rev. de Micropal.*, vol. 10, n° 1, p. 48-60.
- 34) TAUGOURDEAU-LANTZ J. (1971). — Les spores du Frasnien d'une région privilégiée, le Boulonnais. *Mém. Soc. Géol. France, n. sér., t. L*, n° 114, p. 1-86.
- 35) VIGRAN J.O. (1964). — Spores from Devonian deposits Mimerdalen, Spitsbergen. *Norsk Polarinstiutt Skrifter*, n° 132, p. 1-32.



Un objectif géothermique :

Le Calcaire carbonifère sous le Bassin Houiller à l'Est de Saint-Amand-les-Eaux

par B. BOSCH (*), P. CAULIER (*), J. LEPLAT (*) et A. TALBOT (*)

Résumé. — Les résultats du sondage de Saint-Ghislain en Belgique ont conduit à faire du Calcaire carbonifère de la région de Saint-Amand-les-Eaux un objectif géothermique. Des analyses isotopiques, portant en particulier sur le soufre des sulfates, démontrent l'existence d'échanges entre les aquifères de la Craie et du Calcaire carbonifère sur la bordure nord du bassin minier, et révèlent les possibilités géothermiques du Calcaire carbonifère dans ce secteur.

Abstract. — Sounding results from Saint-Ghislain (Belgium) give a geothermal purpose for carboniferous limestone near Saint-Amand-les-Eaux (France). Isotopic analyses with special emphasize on sulfur of sulfates demonstrates ionic exchanges between the water bearing bed of chalk and carboniferous limestone on the North edge of coalbasin and shows the geothermal possibilities of this limestone.

I. — HISTORIQUE

La récente prise de conscience des problèmes énergétiques a suscité des recherches dans un certain nombre de domaines jusqu'alors négligés, tels celui de la géothermie.

A l'échelle de la France, des cartes du potentiel géothermique (16, 17) ont pu être établies, permettant de localiser les zones favorables au développement d'opérations géothermiques.

De par la complexité tectonique de ses formations géologiques profondes, la région du Nord de la France n'a pu faire l'objet d'une telle cartographie, en dépit d'indices suggérant l'existence d'un réservoir géothermal sur la bordure nord du bassin minier franco-belge.

Le thermalisme de certaines eaux est en effet signalé depuis fort longtemps : Saint-Amand-les-Eaux (Nord) était une station thermale connue et fréquentée par les Romains avant d'être abandonnée jusque vers 1650.

A la fin du siècle dernier, les différents auteurs qui se sont penchés sur l'origine des sources de Saint-Amand (La Fontaine-Bouillon, la Vieille-Chapelle, le Pavillon ruiné, l'Evêque d'Arras) (18, 19) admettent déjà que celles-ci proviennent des terrains carbonifères " à la

faveur d'accidents non encore reconnus". L'Annuaire des Eaux Minérales de la France signale par ailleurs l'existence d'importantes arrivées d'eaux chaudes lors de travaux de reconnaissance du Houiller, comme à Givenchy-lez-La Bassée et à Meurchin où elles provoquèrent l'abandon du puits.

Enfin, on peut citer également l'exemple des galeries minières de Baudour (Belgique), où une irruption d'eaux à 51-53° C, dont le débit fut estimé à 130 m³/h., se manifesta en 1905 à l'issue d'un tir de mines (24).

En fait, ce sont surtout les résultats du sondage de recherche de Saint-Ghislain (Belgique) (12) qui nous ont amenés à reconsidérer le champ hydrothermal de Saint-Amand-les-Eaux et à envisager l'exploitation de son potentiel géothermique. En effet, cet ouvrage, exécuté à l'initiative du Service Géologique de Belgique, a produit un débit artésien proche de 100 m³/h. à une température de 74° C, l'aquifère capté se situant au niveau du Viséen supérieur karstifié entre 2.400 et 2.630 m de profondeur.

Bien que prometteurs, ces indices ne suffisaient pas à définir la géométrie et la structure du réservoir. C'est pourquoi, après une première synthèse des données géologiques et hydrogéologiques existantes (3), soulignant en particulier l'unicité du gisement géothermal, le B.R.G.M. a proposé à la Commission des Communautés européennes l'étude du réservoir du Calcaire carbonifère dans la zone franco-belge entre Saint-Ghislain et Saint-Amand-les-Eaux. Dans le même temps,

(*) B.R.G.M., Fort de Lezennes, 59260 Hellemmes.

Note présentée le 2 Avril 1980 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 4 Novembre 1981

le Service Géologique de Belgique réalisait, avec le concours financier de la C.E.E., un forage de 1.354 m de profondeur à Douvrain (21), et obtenait un débit artésien de 130 m³/h. d'une eau à 67° C.

Certains résultats obtenus à l'issue de cette étude nous ont paru suffisamment intéressants pour être rapportés ci-après.

II. — LE RESERVOIR DU CALCAIRE CARBONIFERE EN TANT QU'OBJECTIF GEOTHERMIQUE

A) LES DONNEES GEOLOGIQUES.

La géologie profonde de la région est relativement bien connue grâce aux travaux d'exploitation du Bassin Houiller d'une part, aux sondages de recherche effectués par les Compagnies pétrolières (6) d'autre part. La carte du socle paléozoïque établie par les géologues des Sociétés C.F.P. (M), C.O.P.E.S.E.P., R.A.P. et S.N.P.A. montre bien les grandes structures régionales, et en particulier le prolongement en France du bassin de Namur, limité au Sud par la Grande Faille du Midi. Les nombreuses coupes Nord-Sud réalisées dans tout le Bassin Houiller (28) illustrent l'enfoncement progressif vers le Sud, sous le Namuro-Westphalien, du Calcaire carbonifère qui apparaît directement sous les terrains crétacés au bord Nord du Bassin. Par ailleurs, la carte d'isohypses de la surface du Paléozoïque, dressée par Caulier (3), met en évidence le prolongement en France jusque Raismes de la dépression de la vallée de la Haine (11), avec cependant un relèvement sensible de — 300 à — 150 m NGF. La morphologie de cette dépression, constituée d'une série de fosses élémentaires isolées par des remontées du socle, s'explique maintenant par l'existence de niveaux évaporitiques sous le Houiller (11, 12, fig. 1).

B) LES DONNEES HYDROGEOLOGIQUES.

Le Calcaire carbonifère est karstifié. Les nombreux puits naturels recoupés par les exploitations minières constituent une manifestation vers la surface de cet état, vraisemblablement en relation avec la présence d'évaporites sous-jacentes. De leur observation, Vandenberghe (26) déduit qu'il existe deux réseaux karstiques, l'un aquifère, alimenté par les affleurements, l'autre sec, sous le Bassin Houiller. Ces deux réseaux seraient séparés par une " limite de karstification ", matérialisée par une précipitation des carbonates, dont la position traduirait un changement paléogéographique.

En fait, plusieurs objections peuvent être apportées à l'hypothèse de Vandenberghe, tant sur la solubilité des carbonates que sur l'interprétation en paléokarst sec de l'absence d'eau dans les puits naturels même à grande profondeur, et nous pensons que le

karst anté-cénomaniens du Calcaire carbonifère a pu maintenir son activité jusqu'à une période relativement récente. Les puits naturels témoigneraient d'ailleurs du maintien de cette activité dans la mesure où ils semblent plus anciens au Nord du Bassin minier qu'au Sud.

Pour l'objectif géothermique, c'est, bien entendu, le secteur sud, là où le Calcaire carbonifère s'enfonce rapidement sous le Bassin Houiller, qui présente de l'intérêt (fig. 2). Il est impossible de définir l'extension du réservoir dans cette direction, mais on remarquera que les pertes observées lors de l'exécution du forage de Jeumont au niveau du Calcaire carbonifère (9) montrent que celui-ci peut encore être productif sous la Faille du Midi. Cette observation est à rapprocher de celles qui ont été faites sur les sondages de reconnaissance de Saint-Ghislain (12), Douvrain (21) et Ghlin, lesquels ont recoupé des formations calcaires intensément karstifiées.

En ce qui concerne le fonctionnement hydraulique du réservoir du Calcaire carbonifère, si nous disposons d'éléments suffisants dans le secteur de Roubaix-Tourcoing, il n'en va pas de même dans la dépression de la vallée de la Haine où seuls quelques points permettent de mesurer la charge de l'aquifère. Cependant, les sources de sommets observées en limite des bassins versants de la Dendre et de l'Escaut (10) ne peuvent exister que si le courant de circulation dans le Calcaire carbonifère est artésien, ce fait étant confirmé par l'ensemble des forages réalisés dans la dépression de la vallée de la Haine. Par ailleurs, les niveaux mesurés à Douvrain et à Saint-Amand montrent que l'écoulement de la nappe se ferait d'Est en Ouest.

III. — L'EAU :

UN TRACEUR HYDROLOGIQUE NATUREL

A) RELATIONS ENTRE LES NAPPES DE LA CRAIE ET DU CALCAIRE CARBONIFERE.

A priori, ces deux nappes sont nettement séparées, au minimum par les dièves cénomano-turonniennes, auxquelles peut s'ajouter l'épaisseur du terrain houiller. Cependant, dans le secteur de Roubaix-Tourcoing, où les prélèvements au Calcaire carbonifère sont importants, un phénomène de drainance peut être observé, facilité par la différence de pression de la nappe de la Craie, supérieure de 10 à 40 m à celle du Calcaire carbonifère.

Dans la dépression de la vallée de la Haine, le schéma hydraulique est différent, les deux nappes étant isolées par tout le terrain houiller. Toutefois, la nappe de la Craie présente dans la région de Saint-Amand un dôme piézométrique qui pourrait être interprété comme un apport d'eau en provenance du Calcaire carbonifère... lequel serait donc aquifère et productif.

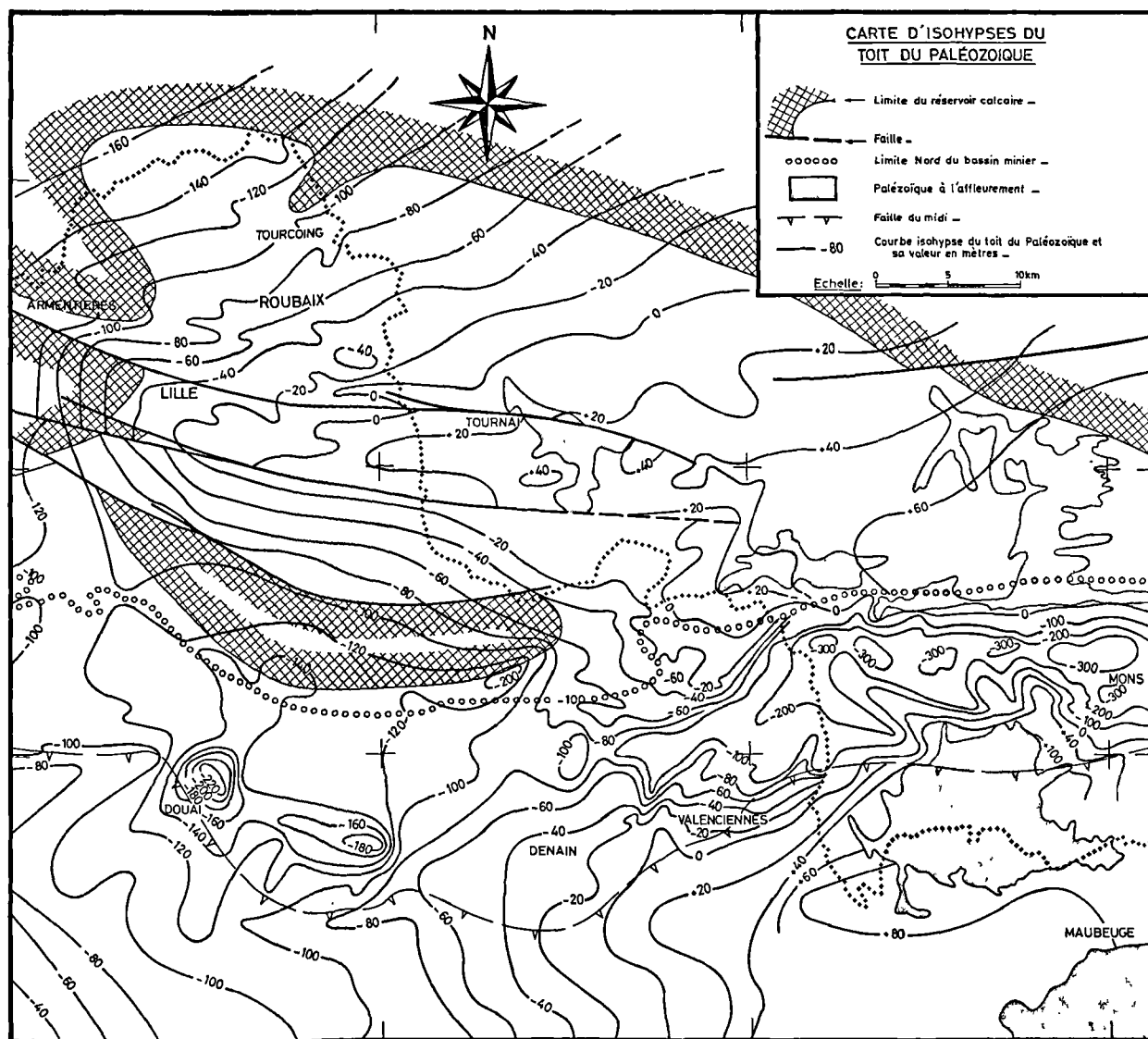


Fig. 1.

Dans la région hennuyère qui nous intéresse plus particulièrement, le réservoir du Calcaire carbonifère n'a guère été sollicité que dans le secteur où la nappe de la Craie se révèle peu productive. En conséquence, on ne dispose que de quelques forages, mal répartis spatialement, mais qui montrent que la nappe du Calcaire carbonifère possède une charge supérieure à celle de la Craie. Dans de telles conditions, on doit pouvoir constater l'existence de mélanges d'eaux d'origines différentes et confirmer, ou non, à partir d'analyses chimiques et isotopiques, les mécanismes hydro-

géologiques suspectés. En effet, dans la mesure où se produisent des transferts de masse entre les aquifères crayeux et calcaires, l'eau de chaque réservoir peut être utilisée comme traceur hydrologique naturel. En outre, ces transferts sont autant d'indices de la productivité en profondeur du réservoir calcaire.

B) HYDROCHIMIE ISOTOPIQUE.

Dans la dépression de la vallée de la Haine, les eaux représentatives de l'aquifère calcaire présentent un faciès franchement sulfaté. On pouvait donc vala-

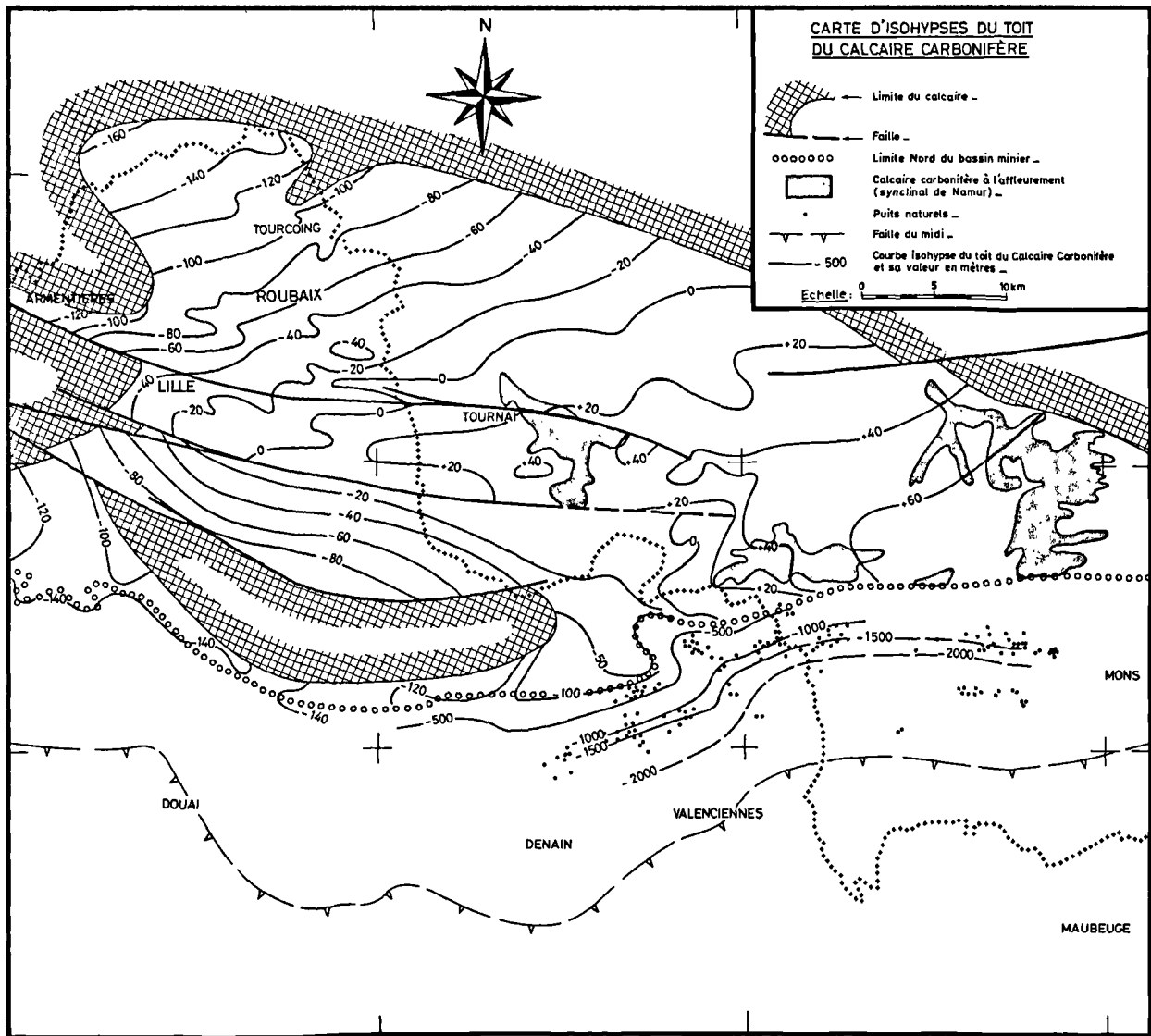


Fig. 2.

blement envisager de se servir des sulfates pour souligner les relations existant entre les deux aquifères sur la bordure nord du Bassin Houiller. En fait, le phénomène est plus complexe. En effet, les eaux de l'aquifère crayeux, lorsque celui-ci est libre, possèdent des teneurs en sulfates inférieures à 30 mg/l; aussi doit-on considérer cette limite comme représentant le fond géochimique en sulfates d'un aquifère libre et non atteint par d'éventuelles pollutions... Ce qui n'est pas toujours

le cas. Lorsque le Crétacé est recouvert par les terrains tertiaires, les teneurs en sulfates des eaux de la nappe de la Craie peuvent être plus élevées, par suite d'un lessivage de l'Argile de Louvil. Dès lors, il est évident que la minéralisation sulfatée ne peut à elle seule suffire à apprécier les relations entre les deux aquifères. Pour retrouver l'origine de cette minéralisation, il est nécessaire de faire appel, entre autres, aux isotopes du soufre.

1) Le soufre des sulfates.

La recherche du $\delta^{34}\text{S}$ des sulfates contenus dans l'eau est effectué sur l'anhydride sulfureux (SO_2) obtenu par réduction de ces sulfates en sulfures et grillage de ces derniers dans un excès d'oxygène.

L'étude du rapport $^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$ permet de mettre en évidence les diverses sources des sulfates de l'eau. En effet, dans le cas d'une origine naturelle des sulfates, la minéralisation sulfatée est plus ou moins constante dans l'espace et provient de l'oxydation de pyrites (δ très négatif et concentration faible en sulfates), du lessivage d'évaporites (δ positif et minéralisation sulfatée forte), ou encore de la mise en solution du gypse d'origine diagénétique (δ négatif et minéralisation moyenne en sulfates). A partir des analyses de terrain déjà réalisées (20) et de celles exécutées sur différents forages profonds, on a pu établir le tableau ci-après, rassemblant les différentes causes de minéralisation sulfatée d'une eau :

<i>Argile d'Orchies :</i>	
$\delta^{34}\text{S}$ (gypse de diagénèse)	= $-42,5 \pm 0,2$
<i>Sables d'Ostricourt :</i>	
$\delta^{34}\text{S}$ (soufre total) = $-20,0 \pm 0,2$
<i>Argile de Louvil :</i>	
$\delta^{34}\text{S}$ (soufre total) = $-37,4 \pm 0,2$
$\delta^{34}\text{S}$ (SO_4 lessivé) = $-40,4 \pm 0,2$
<i>Anhydrite :</i>	
$\delta^{34}\text{S}$ = $+15,4 \pm 0,2$

Grossièrement, on peut considérer que tout apport provenant des terrains tertiaires conduit à un appauvrissement en isotopes lourds (1), ce qui est confirmé par les analyses faites directement sur les eaux de la nappe des Sables d'Ostricourt ($\delta^{34}\text{S}$ tendant vers $-33,5$).

La minéralisation sulfatée observée dans la nappe du Calcaire carbonifère, tout particulièrement dans le secteur de Saint-Amand-les-Eaux, peut être due à la présence de pyrite (observée dans le calcaire) mais surtout à l'anhydrite recoupée par différents forages (Saint-Ghislain notamment). Une analyse effectuée sur des pyrites récupérées lors du forage de la Source du Clos (indice national 21-7-178) donne un delta du soufre ^{34}S franchement négatif ($-40,4$). A l'opposé, les analyses faites sur les carottes des forages profonds indiquent pour le $\delta^{34}\text{S}$ des anhydrites des valeurs oscillant entre $+14,0$ et $+18,8$.

Les prélèvements d'eau exécutés sur les forages situés dans la dépression de la vallée de la Haine permettent de disposer d'un état chimique non perturbé pour chaque aquifère.

Les résultats des analyses réalisées peuvent être résumés de la manière suivante :

a) *Nappe du Calcaire carbonifère.*

En examinant la fig. 3, on remarque immédiatement que tous les forages captant le Calcaire carbonifère dans la zone servant de référence présentent

des eaux fortement enrichies en isotopes lourds ($\delta^{34}\text{S}$ toujours positif). On doit donc considérer qu'au-delà d'un $\delta^{34}\text{S}$ supérieur à $+12,0$, l'horizon capté est caractéristique de l'aquifère calcaire.

b) *Nappe de la Craie.*

Les delta ^{34}S , très appauvris en isotopes lourds, montrent que le chimisme de l'eau de la nappe est modifié par la mise en solution de soufre d'origine sédimentaire dont l'origine est à rechercher dans l'ensemble des terrains tertiaires surmontant la craie. Les valeurs les plus élevées sont observées en nappe libre (la valeur du $\delta^{34}\text{S}$ des sulfates dissous dans l'eau de pluie oscille entre $-1,4$ et $+3,0$).

La fig. 3 condense les analyses réalisées dans le cadre de cette étude. Elle montre que la minéralisation sulfatée de la nappe de la craie peut être due à des pollutions locales comme, par exemple, dans la région lilloise. La mise en captivité de l'aquifère crayeux s'observe très nettement ; elle a pour conséquence un appauvrissement progressif en isotopes lourds.

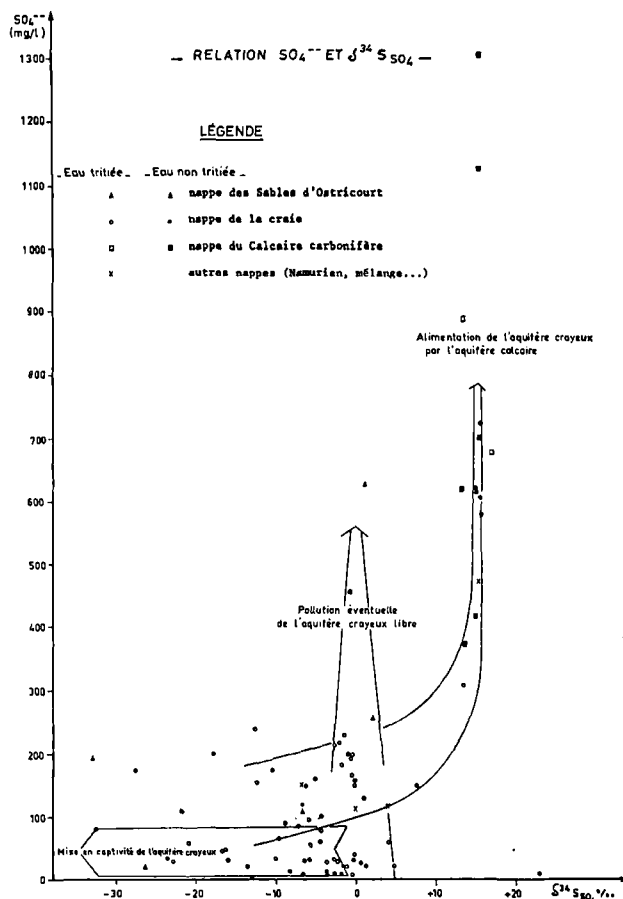


Fig. 3.

Les analyses servant de référence étant bien définies, les autres se trouvent dispersées entre les deux extrêmes, caractéristiques de la nappe de la Craie et de celle du Calcaire carbonifère. La situation de chacune d'elle est alors fonction des échanges existant entre les deux aquifères.

On remarque nettement que certaines eaux prélevées dans la craie présentent des caractéristiques conformes à celles observées dans le Calcaire carbonifère. Or tous les points de mesure correspondants sont situés sur la bordure nord du bassin minier.

2) Oxygène 18 et deutérium.

Dans un second temps, nous avons cherché à confirmer ces relations en s'appuyant sur d'autres isotopes stables comme l'oxygène 18 et le deutérium. Il est maintenant bien établi que les précipitations en régime océanique tempéré qui n'ont pas subi d'évaporation obéissent à la relation suivante :

$$\delta D = 8 \delta^{18}O + 10$$

Autour de la droite ainsi définie, se répartissent les points représentatifs des différents aquifères étudiés. En se référant aux analyses réalisées dans la dépression de la vallée de la Haine, là où les aquifères crayeux et calcaire sont hydrauliquement séparés, on peut mettre en évidence deux pôles (fig. 4) :

— l'un situé autour d'une valeur de $\delta^{18}O$ proche de -7 , correspondant à des analyses faites sur des eaux de la nappe de la craie ;

— l'autre situé autour d'une valeur de $\delta^{18}O$ égale à -8 , typique d'une eau contenue dans le réservoir calcaire. Les eaux du Calcaire carbonifère sont donc appauvries par rapport à celles de la nappe de la Craie, ce qui montre que les conditions atmosphériques des précipitations ayant alimenté l'aquifère calcaire sont différentes de celles de l'époque actuelle (l'âge des eaux du Calcaire est estimé à environ 1.200 ans).

Dès à présent, on peut remarquer que le point représentatif de l'analyse faite sur l'eau captée dans les Grès de Suchemont (Namurien) est proche de ceux des eaux du Calcaire carbonifère, alors que les eaux du Tertiaire figurent en totalité dans le pôle correspondant aux eaux de la nappe de la Craie.

L'ensemble des analyses effectuées vient se situer entre les deux pôles ainsi déterminés. On s'aperçoit que les échantillons prélevés dans la nappe de la Craie sont ici très dispersés, ce qui souligne les échanges de l'aquifère calcaire vers l'aquifère crayeux.

3) Le tritium.

Le seul isotope radio-actif constitutif de la molécule d'eau est le tritium ou 3H . Celui-ci est mesuré par scintillation liquide après enrichissement électrolytique. Les teneurs sont exprimées en UT ; une UT correspond à un atome de tritium pour 10^{18} atomes d'hydrogène.

Présent naturellement dans les eaux de précipitation à des teneurs voisines de 5 UT, le tritium est devenu

— RELATION OXYGENE 18 ET DEUTERIUM —

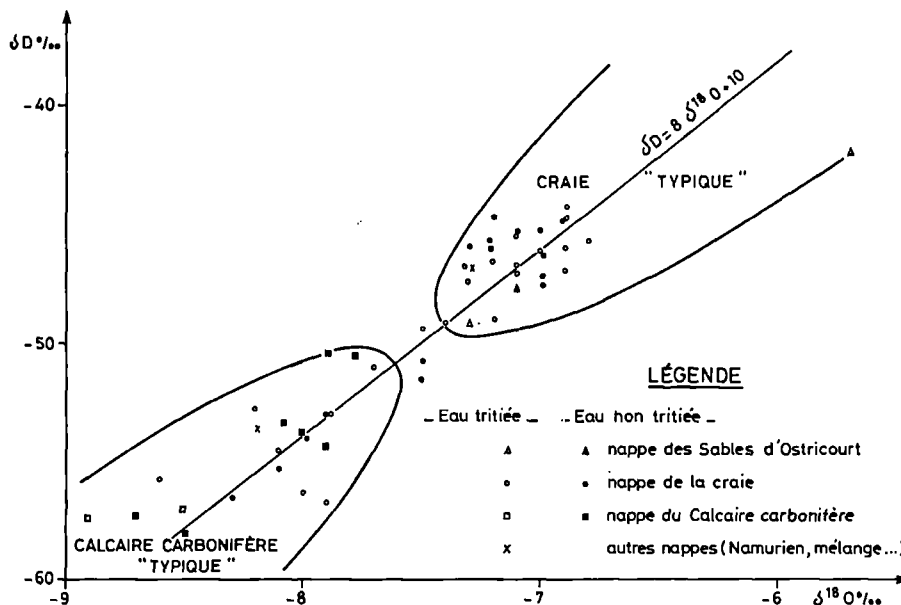


Fig. 4.

abondant depuis l'année 1952, à partir de laquelle eurent lieu de nombreuses explosions thermonucléaires dans l'atmosphère. A la suite de ces essais, les pluies et eaux de surface ont présenté des teneurs qui ont atteint 2.000 à 3.000 UT.

Le tritium indique aujourd'hui la présence d'eaux récemment infiltrées, c'est-à-dire postérieures à 1952.

Sur les figures précédentes, les eaux nettement tritiées ont été distinguées de celles qui ne le sont pas ($^3\text{H} \leq 5 \text{ UT}$). Cette distinction permet de mettre en évidence l'impact des eaux superficielles sur l'aquifère crayeux.

Les eaux représentatives d'un aquifère franchement captif devraient être non tritiées ou du moins très fai-

blement. C'est d'ailleurs loin d'être toujours le cas, le plus souvent en raison d'une mauvaise cimentation du tubage permettant la communication de l'aquifère capté et de la nappe superficielle.

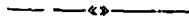
IV. — CONCLUSION

L'utilisation des méthodes isotopiques permet d'envisager sérieusement l'existence dans le Calcaire carbonifère sous le Bassin Houiller à l'Est de Saint-Amand-les-Eaux d'un réservoir aquifère productif. En attendant une indispensable confirmation par sondages, on peut espérer la réalisation future d'ouvrages artésiens débitant des eaux de 40 à 70° C.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BERNARD D. (1979). — Contribution à l'étude hydro-géochimique de la nappe de la craie dans le Nord de la France. Etat et acquisition du chimisme de l'eau. *Thèse de 3^e cycle*. Université de Lille.
- 2) BERNARD D., BOSCH B., MARCE A. (1979). — Diagnostic des pollutions agricoles dans les eaux souterraines par les isotopes du milieu. *Rapport B.R.G.M.*, 79 SGN 141 NPC/MGA.
- 3) BERNARD D., BOSCH B., CAULIER P. (1980). — Acquisition et rassemblement des données géothermiques disponibles et nouvelles dans la zone franco-belge de Saint-Ghislain. *Rapport B.R.G.M.*, 80 SGN 406 NPC MGA/GTH.
- 4) BOUROZ A. (1969). — Le Carbonifère du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIX, p. 47.
- 5) CAULIER P. (1974). — Etude des faciès de la craie et de leurs caractéristiques hydrauliques dans la région du Nord. *Thèse 3^e cycle*. Université de Lille.
- 6) C.F.P. (M), C.O.P.E.S.E.P., R.A.P. et S.N.P.A. (1966). — Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXVI, p. 115.
- 7) CHALARD J. (1960). — Contribution à l'étude du Namurien du Bassin Houiller du Nord de la France. *Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais*.
- 8) COEN-AUBERT M., GROESSENS E., LEGRAND R. (1980). — Les formations paléozoïques des sondages de Tournai et de Leuze. *Bull. Soc. belge Géol.*, t. 89, fasc. 4, p. 241-275.
- 9) C.O.P.E.S.E.P. (1967). — Rapport de fin de sondage Jeumont-Marpent n° 1.
- 10) DELECOURT J. (1936). — Sur la composition chimique des eaux souterraines au couchant de Mons et des régions limitrophes. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. LX n° 7B, p. 107-123.
- 11) DELMER A. (1972). — Origine du bassin crétacique de la vallée de la Haine. *Serv. Géol. Belgique*, Prof. paper n° 5.
- 12) DELMER A. (1977). — Le Bassin du Hainaut et le sondage de Saint-Ghislain. *Serv. géol. Belgique*, Prof. paper n° 143, p. 1-12.
- 13) DELMER A. (1979). — Hydrodynamique de la nappe aquifère du Calcaire carbonifère en Hainaut. *Ann. Soc. géol. Belgique*, t. 102, p.259-264.
- 14) DELMER A., VAN WICHELEN P. (1980). — Répertoire des puits naturels connus en terrain houiller du Hainaut. *Serv. Géol. Belgique*, Prof. Paper n° 172.
- 15) GOSSELET J. (1913). — Les assises crétaciques et tertiaires du Nord de la France. *Gîtes minéraux de la France*, fasc. 4.
- 16) HOUSSE B. et MAGET Ph. (1976). — Potentiel géothermique du Bassin Parisien. Etude DGRST.
- 17) HOUSSE B. et MAGET Ph. (1977). — Potentiel géothermique du Bassin Aquitain. Etude DGRST.
- 18) JACQUOT E., WILLM (1894). — Les eaux minérales de la France.
- 19) LALOY R. (1873). — Recherches géologiques et chimiques sur les eaux sulfureuses du Nord.
- 20) LANGGUTH H.R., NIELSEN H. (1980). — Sulphur isotopes in thermal waters and anhydrites of the Dinantian at the southern margin of the Brabant Massif. (Preliminary note in *Meded-Rijks Geol. Dienst*), p. 32-13, 101-105.
- 21) LECLERCQ V. (1980). — Le sondage de Douvrain. *Serv. Géol. Belgique*, Prof. Paper n° 170.
- 22) LEGRAND R. (1968). — Le Massif du Brabant. *Serv. Géol. Belgique*, Mémoire n° 9.

- 23) LEGRAND R. (1974). — Jalons géothermiques. *Serv. Géol. Belgique*, Mémoire n° 16.
- 24) MARLIERE R. (1976). — Les eaux chaudes de Baudour (Hainaut, Belgique) et les "tunnels inclinés". *Mém. et Publ. Soc. Sciences, Arts et Lettres Hainaut*, vol. 87.
- 25) MUCHEMBLE G. (1952). — Observations sur les eaux souterraines radioactives du Nord de la France et la radioactivité des roches encaissantes. *Ann. Inst. Hydrol. et Climat.*, t. 23, p. 29.
- 26) VANDENBERGHE A. (1960). — Obstacles à la circulation des eaux souterraines calcaires. Notion de limite d'un réseau karstique. Application au Calcaire carbonifère du Nord de la France et aux sources thermominérales de Saint-Amand-les-Eaux. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXX, p. 147.
- 27) YOUSSEF H. (1973). — Hydrologie karstique du Calcaire carbonifère de la Belgique et du Nord de la France. Synthèse des données acquises en 1972. *Thèse de Docteur-Ingénieur*. Université de Lille.
- 28) H.B.N.P.C. — Carte des zones stratigraphiques à la cote — 300.



Mise en évidence d'un dimorphisme sexuel chez les Blattes *Dictyomylacris* du Stéphanien de Commentry (Allier)

par Francine LAURENTIAUX-VIEIRA (*) et Daniel LAURENTIAUX (**)

Résumé. — La réinterprétation des Blattes *Dictyomylacris* Brongn., 1893 du Stéphanien de Commentry (Allier) amène à reconnaître que les deux espèces signalées — *insignis* (génotype) et *poiraulti* — sont synonymes et se rapportent en fait à des dimorphes sexuels. La discrimination de variétés intraspécifiques avait été fondée sur des fluctuations individuelles.

Abstract. — A sound assessment of the Cockroaches *Dictyomylacris* Brongn., 1893 from the Stephanian shales of Commentry (France) evidences the synonymy of the two species *insignis* (genotype) and *poiraulti* obviously related to a noticeable illustration of sexual dimorphism. The previously cited varieties are valueless and were only based on individual fluctuations.

Les incertitudes de la systématique des Blattes houillères résultent, pour une large part, de la variabilité individuelle des tegmens dont les caractères morphologiques et nervuraires fournissent les critères ordinaires de classification.

Les variations asystématiques sont très diverses, en nature et en ampleur, jusqu'à aboutir à de véritables nervations tératologiques ou mimer des modifications phylétiques significatives.

Malgré l'importance du problème que posent ces fluctuations individuelles, leur appréciation n'a que rarement fait l'objet d'analyses objectives. La discrimination et la définition des genres et espèces ne s'appuient trop souvent que sur un état global prenant en compte un détail nervuraire apprécié de manière arbitraire.

Tout ceci conduit à une pulvérisation taxonomique — avec parfois autant d'entités spécifiques ou de variétés que de fossiles — qui occulte la valeur stratigraphique de ce groupe d'Insectes et sa réelle répartition paléobiogéographique (***)

Il s'en dégage l'image fallacieuse mais classique d'un extraordinaire foisonnement d'espèces.

Ces difficultés ne peuvent guère être surmontées qu'à partir de fossiles suffisamment complets et d'un échantillonnage nombreux permettant des comparaisons étroites, surtout lorsque celles-ci peuvent être précisées par la mise en superposition de calques alaires rigoureux. Dans le cas de fossilisations éparses d'ailes isolées, l'appréciation nécessairement subjective de la variation individuelle conduit à des définitions taxonomiques peu ou prou aléatoires.

A l'instabilité nervuraire des tegmens liée à l'individu ou à l'organe (asymétries alaires) s'ajoutent les éventuelles modifications inhérentes à la différenciation sexuelle.

Le polymorphisme sexuel (di- ou trimorphisme) est une condition très générale des Blattes actuelles. Son expression est fort diverse et sans loi univoque en ce qui concerne les incidences tegminales.

Contrairement à ce qui a été longtemps admis — faute de preuves paléontologiques dirimantes — le dimorphisme sexuel n'est pas une acquisition tardive (Tertiaire) propre aux seules formes modernes. Sa

(*) Centre de Géologie Générale et Minière, Ecole Nationale Supérieure des Mines de Paris, 60, Boulevard Saint-Michel, 75272 Paris Cedex 06.

(**) Laboratoire des Sciences de la Terre de l'Université de Reims, B.P. 347, 51062 Reims Cedex.

Note présentée le 7 mai 1980 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 3 Juin 1981.

(***) Ainsi l'entomofaune blattaire du Stéphanien de Commentry (Allier) avec plusieurs centaines d'espèces et variétés synchrones signalées, ne comporterait (selon nos révisions *en cours*) qu'au plus une quinzaine d'espèces vraies.

réalité, chez les Blattaires carbonifères, a pu être mise en évidence (Laurentiaux, 1963) par l'analyse critique et comparative d'ailes d'un même gisement ou la répétition d'associations singulières dans des gisements différents pénécotemporains. Il s'avère aujourd'hui que le dimorphisme sexuel concernait déjà les plus vieilles Blattes connues (Westphalien A) (observation inédite) et les principales lignées houillères (Archimyblacridiens, Hémimyblacridiens *auct.*, Myblacridiens).

Les études des Blattaires anciens ne sauraient désormais négliger cet important aspect biologique et ses incidences taxonomiques.

Les conclusions relatives au dimorphisme sexuel risquent toutefois de rester minimales (Laurentiaux, 1963, p. 3964). Les facteurs taphonomiques et le hasard des récoltes peuvent exclure de notre documentation l'un des dimorphes. D'autre part, les variations nervuraires individuelles se surimposant aux changements sexuels sont susceptibles de contrarier le rapprochement des deux formes mâle et femelle. Les dissemblances nervuraires de celles-ci peuvent être trop grandes pour rendre patent le dimorphisme, les écarts étant a priori attribués à une diversification, soit individuelle, soit systématique. Enfin, il reste les cas mal décelables d'extrême brachyptérisme, de microptérisme ou d'aptérisme.

La variabilité individuelle des nervations ou l'état de conservation hypothèquent souvent l'attribution de deux types de tegmens à une *même* espèce dimorphe. Seuls des fossiles suffisamment complets et multiples peuvent permettre de lever l'ambiguïté et de reconnaître sans équivoque l'identité spécifique.

Ce sont ces circonstances exceptionnelles qui nous ont permis d'établir ici le dimorphisme sexuel du génotype (*insignis*) de *Dictyomyblacris* Brongn. 1893 (Stéphanien de Commentry, Allier).

Pour éviter toute attribution contestable, seuls ont été retenus, pour cette étude, les types de *Dictyomyblacris* figurés par Brongniart (1893) et les spécimens de la collection Fayol (Muséum d'Histoire Naturelle de Paris) encore pourvus du pronotum caractéristique.

Ordre BLATTODEA Brunner, 1882

Famille NEORTHROBLATTINIDAE Handlirsch, 1908
(*sensu* Becker-Migdisova, 1962)

Sous-famille DICTYOMYBLACRINAE
Handlirsch, 1908 (*)

(*) *Olim Dictyomyblacridae* Handlirsch, 1908; *nom. transl.* Becker-Migdisova, 1962.

Dictyomyblacris jacobsi Meunier, 1907 (Bull. S.G.F., VII, p. 286) ayant été ultérieurement rapportée au genre *Paromyblacris* Scudder (Meunier, 1921, p. 80).

Genre *DICTYOMYBLACRIS* Brongniart, 1893

Généritype : *Dictyomyblacris insignis* Brongniart, 1893 (*Atlas*, p. 37, Pl. XLVII, fig. 13).

DICTYOMYBLACRIS INSIGNIS Brongniart, 1893²

Synonymie :

Dictyomyblacris insignis Brongniart, 1893 (*Atlas*, p. 37, Pl. XLVII, fig. 13).

Dictyomyblacris poiraulti Brongniart, 1893 (*Atlas*, p. 37, Pl. XLVII, fig. 14).

Dictyomyblacris insignis Brongniart, 1893, forme-type et var 1, 2, 3 (*elegantissima*) et 4 Meunier, 1921 (p. 78-80, fig. 14 à 17, Pl. X, fig. 1 et 4).

Dictyomyblacris poiraulti Brongniart, 1893, forme-type et var. 1a, 1b et 2 Meunier, 1921 (p. 76-78, fig. 10 à 13, Pl. IX, fig. 10 à 13).

Discussion.

Dictyomyblacris est l'unique genre de Blattaires du Stéphanien de Commentry créé par Brongniart (1893) qui n'en mentionne toutefois ni les affinités, ni la place, la terminologie choisie suggérant une attribution aux *Myblacrinae* Scudder (= *Myblacridae* Handlirsch, 1906). Les deux espèces admises, *insignis* (génotype) et *poiraulti* (alors monotypiques), ne furent sommairement discriminées qu'en quelques remarques concernant le contour pronotal et la morphologie tegminale.

Handlirsch (1908) érigea les *Dictyomyblacridae* pour le seul genre *Dictyomyblacris*, auquel il affectait une troisième espèce (*Schizoblattina multinervis* (Sellards, 1904), du Pennsylvanien nord-américain. La figuration au trait qu'il propose des types commentryens a été obtenue sans recours aux échantillons, à partir des héliogravures publiées par Brongniart et difficilement lisibles. Le critère décisif retenu pour la caractérisation de la nouvelle famille était l'aboutissement, *pro parte*, de la nervation axillaire (*s. l.*) sur le sillon de la vena dividens.

Meunier (1921) réintègre le genre dans les *Myblacrinae* Scud., il ne fera même aucune allusion aux *Dictyomyblacridae* Handl. Il n'y comprend que les deux espèces de Brongniart, mais avec, pour chacune d'elles, plusieurs variétés (caractérisées par d'infimes changements de la nervulation sous-costale), sans exclure qu'elles puissent se rapporter à des entités spécifiques originales (Meunier, 1921, p. 78, note 1). Meunier n'a que très superficiellement exploité le matériel paléontologique à sa disposition. L'illustration photographique est peu claire et celle au trait (calques alaires et pronotaux) trop approximative. Enfin s'ajoutent des contradictions et confusions. Ainsi, sa variété 2 de *D. poiraulti* et la forme holotype, se rapportent au même fossile (empreinte et contre-empreinte).

Plus récemment, Becker-Migdisova (1962) comprend les *Dictyomylacrides* de Handlirsch comme une sous-famille (monogénérique) de *Neorthroblattinidae*.

Il est évident que l'imprécision jusqu'ici, de l'illustration et des examens des *Dictyomylacris* de Commentry ne permettait guère de dégager la réelle signification des deux "espèces" signalées.

1°) Caractéristiques tegminales.

A) Forme *insignis*.

L'unique empreinte du spécimen-type d'*insignis* Brongniart, 1893 (Pl. XLVII, fig. 13) comporte le pronotum et les deux tegmens entiers, mais la nervation, partiellement effacée ou mal distincte, reste de lecture difficile. L'observation à fort grossissement de l'échantillon préalablement recouvert d'un liquide réfringent, permet plus de précisions (fig. 1) que ne le montrent les dessins trop schématisés de Handlirsch (1908, Pl. XXIX, fig. 21) et surtout de Meunier (1921, fig. 14). Bien des incertitudes subsistent cependant pour l'établissement du détail des distributions nervuraires, du port et des limites de champs (R-M). Il est regrettable qu'un tel échantillon, avec ses insuffisances, ait qualité de diplotype de *Dictyomylacris*.

Meunier (1921, p. 23, fig. 17) a retenu, pour illustrer la variété (3) *elegantissima*, un fossile d'une remarquable conservation (fig. 2). Il y a assez de concordances métriques, morphologiques et nervuraires avec ce que permet de reconnaître le type de Brongniart, pour ne pas récuser l'identité spécifique des deux Insectes. Les écarts nervuraires apparents ne dépassent vraisemblablement pas le cadre de la variation individuelle, bien que l'état de l'échantillon-type ne permette pas une comparaison sans réserve.

La fig. 3 reproduit les calques des deux tegmens de la forme *elegantissima* et en souligne les divergences (asymétrie alaire). Celles-ci apparaissent plus sensibles que ne l'avait indiqué Meunier (variation de la nervulation de Sc). La superposition des fig. 3D et 3G en rend bien compte. Elles concernent les modalités de division et de richesse des nervures de second ordre ou ultérieures, mais peuvent modifier aussi les limites marginales des champs moyens (R, M notamment). Notre propos n'est pas ici de fixer les contours de l'espèce et du genre, mais toutes les formes de Commentry immédiatement rapportables à *insignis* présentent des fluctuations de nature comparable.

B) Forme *poiraulti*.

La morphologie des tegmens est un critère avancé (Brongniart et *auct.*) pour la distinction spécifique de

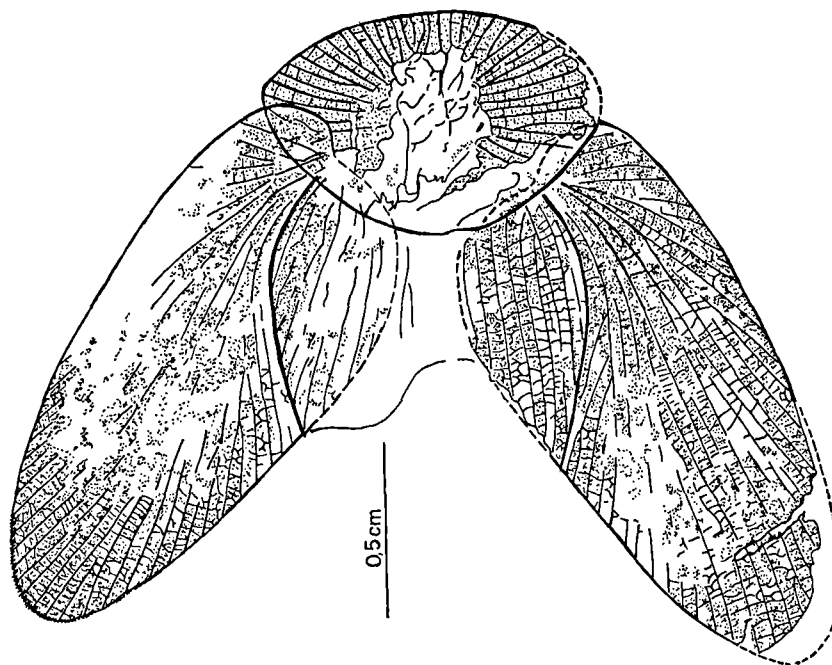


Fig. 1. — *Dictyomylacris insignis* Brongniart, 1893 (Diplotype). Stéphanien de Commentry. Gr. = 4,5. Collection Fayol, Muséum Hist. Nat. Paris.



Fig. 2. — *Dictyomylacris insignis* Brongniart, 1893.
Echantillon-type de la variété *elegantissima* Meunier, 1921.
Contre-empreinte (Gr. = 6). (Photographie avec inversion
du sens conventionnel de l'éclairage pour restituer le relief
pronotal et alaire en valeur naturelle). Collection Fayol,
Muséum Hist. Nat. Paris, spécimen 1902-14.

D. poiraulti (fig. 4), bien qu'ils soient incomplets sur
l'holotype (fig. 4a), seul spécimen mentionné par
Brongniart (1893, Pl. XLVII, fig. 14 ; contre-empreinte).

Quelques échantillons de la collection Fayol ont
conservé en intégrité le contour tegminal et confirment
un plus grand allongement alaire que chez *insignis*.
C'est ainsi le cas du fossile (fig. 4b) illustrant la variété
1a, Meunier (1921, fig. 11, Pl. IX, fig. 11), dont il
n'avait été donné ni description, ni dessin significatif.

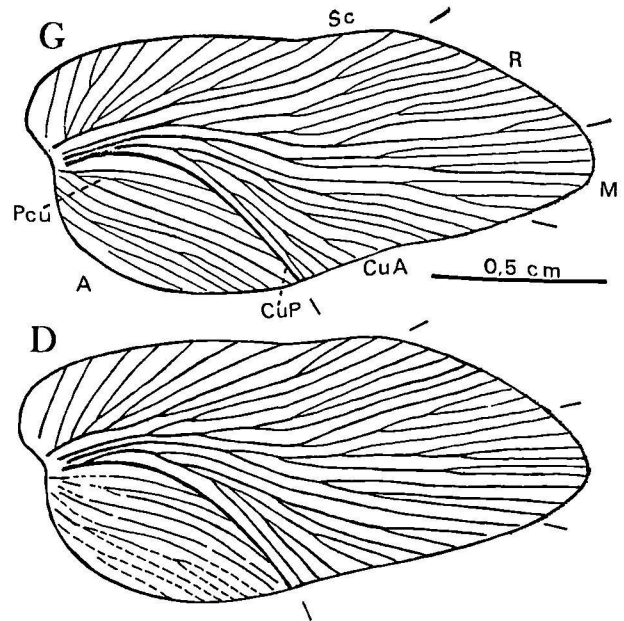


Fig. 3. — *Dictyomylacris insignis* Brongniart, 1893.
Echantillon-type de la variété (3) *elegantissima* Meunier,
1921. Calques nervuraires des tegmens droit (D) et gau-
che (G inversé pour faciliter la comparaison). (Gr. = 2,25).
(Système intercalaire non figuré ; voir fig. 5A).

Sans entrer dans le détail fastidieux des comparai-
sons alaires, il faut noter que les fluctuations consta-
tables entre les nervations mésothoraciques d'un même
individu ou d'un individu à l'autre, ne portent que sur
des aspects mineurs ne dénaturant pas le schéma gé-
néral. Elles sont de même nature et au plus de même
importance que celles observables chez *insignis*.

2°) Structures pronotales.

Un pronotum plus large avec échancrure médiane
au bord antérieur distinguerait, selon Brongniart (1893,
Atlas, p. 37), *poiraulti* d'*insignis* (fig. 1, 2, 4).

Handlirsch (1908, p. 280, Pl. XXIX, fig. 21 et 22)
ne fait aucune allusion à cette différenciation. Par
contre, Meunier (1921, p. 76) la retient, en précisant,
curieusement, que l'échancrure indiquée résulte d'une
altération locale du tégument chitineux.

L'observation du fossile montre sans équivoque
que l'inflexion du bord pronotal, telle qu'elle apparaît
sur le cliché de Brongniart (1893, Pl. XLVII, fig. 14)
relatif à la contre-empreinte, résulte d'un défaut de
celle-ci. L'empreinte, considérée comme type de la
variété 2 par Meunier (1921, Pl. IX, fig. 13), con-
firme que le pronotum de *poiraulti* est en tous aspects
(y compris la taille) rigoureusement semblable à celui
du diplotype *insignis*.

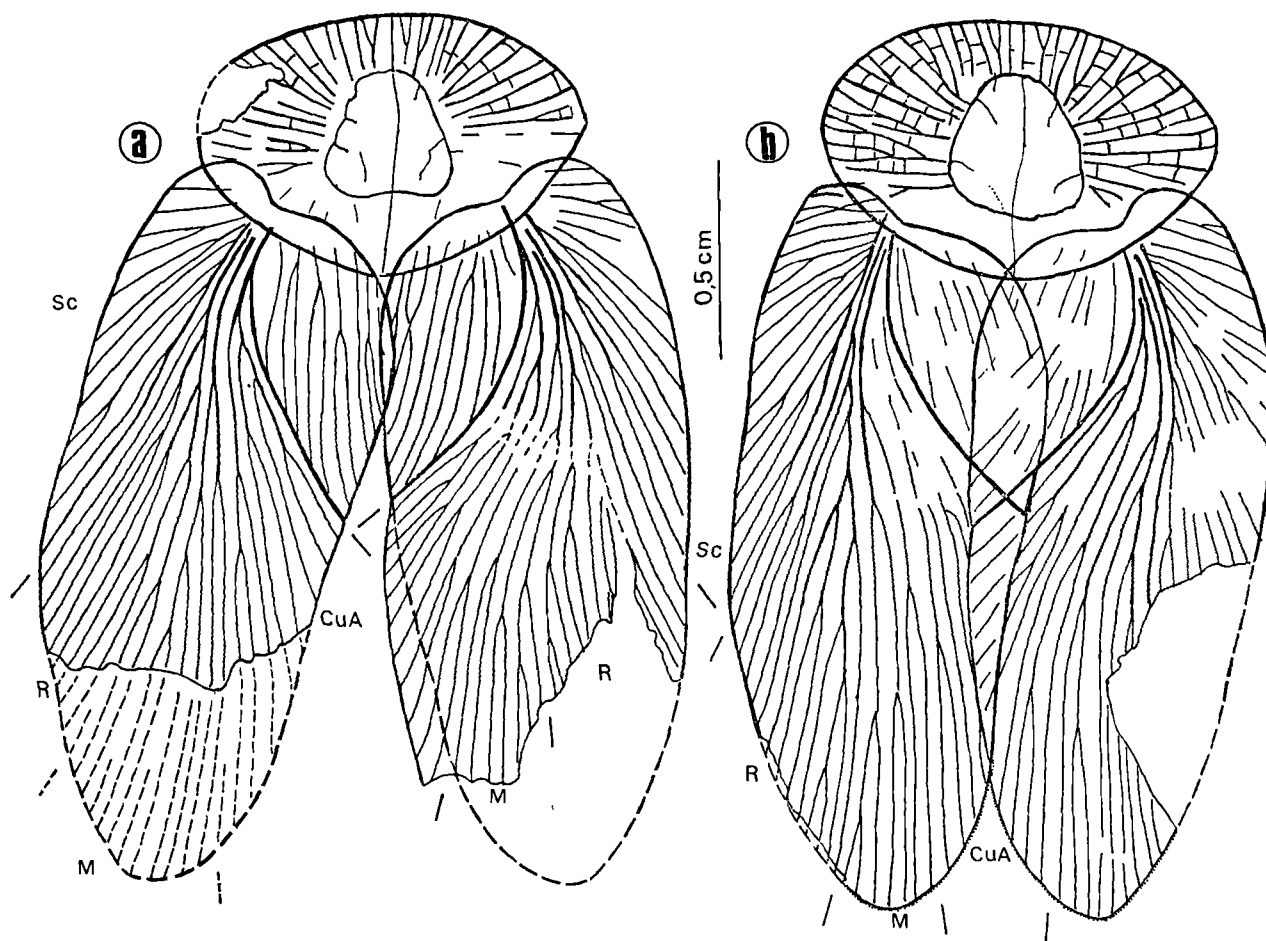


Fig. 4. — *Dictyomylacris poiraulti* Brongniart. 1893. Stéphanien de Commeny: a. holotype (échantillon n° 742. tranchée de Forêt. Gr. = 5; b, type de la variété 1a Meunier. Gr. = 5). Collection Fayol, Muséum Hist. Nat. Paris. (Système intercalaire non figuré; voir fig. 6).

A en juger d'après les dessins que Meunier (1921) a donnés (sans commentaire) des pronotums de *Dictyomylacris*, ceux-ci s'avèreraient très variés par le contour et le rachis — tantôt large, tantôt étroit — et ce pour des échantillons rapportés à la même espèce.

Cette diversité est sans réalité. Les empreintes de *Dictyomylacris* sont toutes d'un unique type pronotal avec des caractéristiques semblables et de même taille, quels que soient les tegmens (*insignis* ou *poiraulti*) associés. Les très minimes écarts sont dus au plus, à l'écrasement du rachis ou au galbe (*in fossile*) du bouclier.

La morphologie de tous ces pronotums est mylacrienne et sans acumination latérale. La courbure antérieure est régulière et douce, les bords latéro-posté-

rieurs assez nettement convergents: dimension axiale 6 à 6,5 mm, largeur maximale (tiers antérieur) 9,5 à 10 mm, soit dans un rapport 3/5.

Trace rachidienne trapézoïdale (largeur basale 3,5 mm), fort reculée du bord pronotal antérieur; plage arrière du bouclier ample.

Aucun reste céphalique certain n'a pu être observé, même sur les fossiles les mieux conservés, ce qui laisse supposer une tête entièrement recouverte et en condition orthognathe.

L'espace pré-rachidien et les limbes latéraux du bouclier sont sillonnés par une innervation forte et régulière qui confère au pronotum des *Dictyomylacris* un aspect très singulier et distinctif.

Le mode de cette innervation est le même dans tous les cas. Les éléments nervuraires, indépendants dès la base, non flexueux, simples ou fourchus, se poursuivent jusqu'au bord pronotal. Il y a là une disposition fort originale, toute autre que celle des nervulations fines et en touffes brèves que montrent d'ordinaire les pronotums des Blattes houillères et paléozoïques.

Cette innervation, très apparente sur les fossiles, devait l'être également sur les insectes vivants (bouclier diaphane?). Aucune trace pigmentaire visible ne la souligne spécialement.

3°) Conclusions systématiques.

L'examen de toutes les empreintes tegminales encore associées au pronotum dictyomylacride caractéristique (voir p. 179) a montré qu'elles se rapportaient, sans exception, soit à *D. insignis*, soit à *D. poiraulti*.

Des calques rigoureux ont été établis (*) d'après des photographies au Gr. = 8, ce qui ne pouvait qu'accroître les dissemblances. Les comparaisons ont été facilitées, dans la pluralité des cas, par superposition des calques obtenus grâce à une remarquable concordance de taille des individus. Cette homogénéité d'une population est a priori étonnante. Toutefois, la petitesse de ces insectes rend négligeable leur fluctuation dimensionnelle en valeur absolue, et ce jusqu'à une limite de grandissement judicieusement choisie.

a) Dans le groupe *insignis*, l'aile est cordiforme (largeur maximale 7,5 mm ; longueur 16 mm). Dans le groupe *poiraulti* elle s'avère subcordiforme (avec bord postérieur droit) et plus longue (largeur maximale 7,5 mm ; longueur 18 mm) (fig. 1, 3, 4).

La divergence des contours tegminaux (fig. 5) ne saurait être imputée à une simple variation individuelle.

b) Il n'apparaît aucune dissemblance fondamentale entre les nervations du type tegminal *insignis* et celles du type *poiraulti*.

Cet exposé n'a été illustré que par quelques exemples, mais les variations constatées entre tous les fossiles examinés sont du même ordre. Leur importance et leur nature ne diffèrent pas, qu'il s'agisse de variations entre tegmens du même insecte (asymétrie alaire) (fig. 3, 4) ou d'individus distincts et indépendamment de leur type tegminal *insignis* ou *poiraulti*.

Aucune différence nervurairer n'est donc susceptible d'être valablement tenue pour significative d'une discrimination spécifique.

(*) Les fig. 1, 3, 4, 5, ont été obtenues par réduction de quelques-uns d'entre eux.

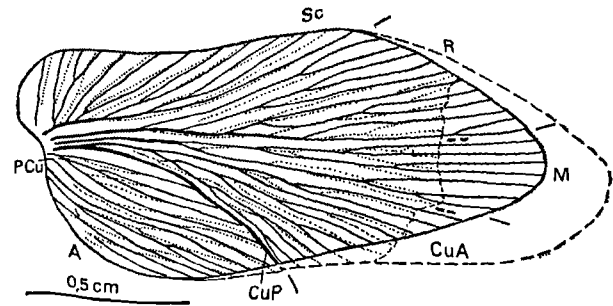


Fig. 5. — Schéma illustrant le dimorphisme sexuel tegminal de *Dictyomylacris insignis* (= *poiraulti*) Brongniart, 1893.

La figure a été obtenue par superposition des calques nervuraires de *D. insignis* Brongniart (échantillon-type de la variété *elegantissima* Meunier ; aile antérieure gauche, voir fig. 2D) et de *D. poiraulti* Brongniart (holotype ; aile antérieure droite inversée, voir fig. 3a ; les éléments non superposables sont indiqués en traits interrompus ou pointillés). (Systèmes intercalaires non figurés).

c) La présence du même type pronotal chez *insignis* et *poiraulti* est un critère probable de leur identité spécifique, mais en l'état des connaissances, il ne peut être avancé comme preuve.

Chez les Blattes houillères, il semble assez bien établi que la forme d'ensemble du pronotum soit corrélatrice de leur lignée. Il est encore difficile toutefois de préciser les modalités de détail significatives des genres ou espèces.

Le galbe pronotal chez *Dictyomylacris*, avec son élargissement transversal, serait surtout conséquent de ses affinités mylacridiennes. Il reste à établir si la singulière ornementation radiante est exclusivement spécifique ou supra-spécifique.

Dimorphisme sexuel.

La morphologie différente des tegmens reste le seul critère différenciant *insignis* et *poiraulti*. Il est improbable qu'elle soit la seule expression d'une discrimination spécifique. Elle est par contre conforme à des modalités ressortant du polymorphisme sexuel.

Chez les Blattes actuelles, la réduction des tegmens, en incidence du dimorphisme sexuel, est très variable, et en général plus sensible pour les ailes de femelles (et jusqu'à l'aptérisme). Il serait purement hypothétique d'extrapoler cette condition au cas de *Dictyomylacris*. La différenciation alaire chez ceux-ci affecte plus la forme de l'aile que sa longueur et on ne peut guère réellement parler de réduction, les deux dimorphes restant normalement ailés et d'habitus très voisins (fig. 6).

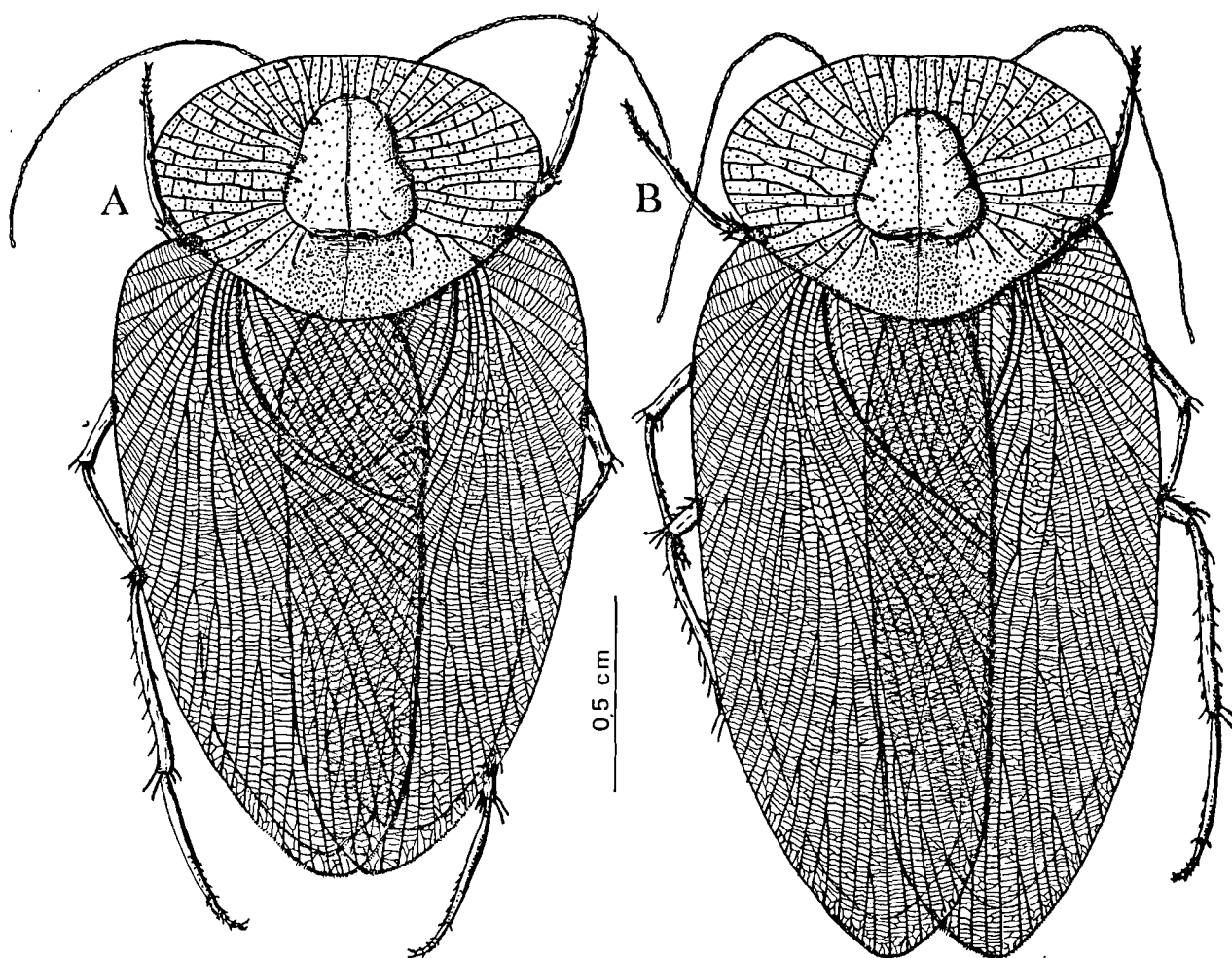


Fig. 6. — Habitus des deux formes illustrant le dimorphisme sexuel de l'espèce *Dictyomylacris insignis* Brongniart, 1893 (Stéphaniens de Commentry (Allier).

A, forme *insignis* (d'après l'échantillon-type de la variété *elegantissima* Meunier).

B, forme *poiraulti* (d'après l'holotype *poiraulti* Brongniart et divers échantillons de la collection Fayol du Muséum d'Histoire Naturelle de Paris).

C'est la première fois qu'un exemple de dimorphisme sexuel peut être reconnu chez les Blattes houillères, sans qu'il n'y ait d'ambiguïté sur l'identité spécifique des formes rapprochées. L'exemple n'est toutefois pas unique. La révision des Blattaires de Commentry nous a conduit à reconnaître qu'il en était de même pour la paire *Anthracoblattina gigantea* Brongn. - *Elaphroblatta ensifera* Brongn., insectes qui doivent s'interpréter comme des dimorphes sexuels d'une même espèce. Leur dimorphisme tegminal est comparable à celui de *Dictyomylacris insignis*, mais la présence de l'ovipositeur permet la détermination de la forme femelle.

Plusieurs empreintes de *Dictyomylacris* ont conservé des traces thoraciques avec restes complets de pattes, mais aucune trace d'abdomen. Dès lors, il serait entièrement hypothétique de prétendre établir une correspondance entre le type tegminal et la condition sexuelle. L'extrapolation du modèle *ensifera-gigantea* à celui de *Dictyomylacris insignis* ne serait guère argumentée, car rien n'implique que les modalités aient été univariantes chez les Blattaires carbonifères et identiques pour les Blattaires archymylacridiens et ceux de lignées mylacridiennes ou dérivées d'elles (*Dictyomylacris*).

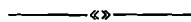
Si la différenciation constatée entre ces deux formes de *Dictyomylacris* est bien intraspécifique et d'origine sexuelle, il n'est pas possible d'affirmer en toute rigueur qu'il s'agisse obligatoirement de dimorphes, l'un mâle, l'autre femelle, bien que cette conclusion reste hautement probable. En effet, il existe chez les Blattes actuelles — en de rares cas, il est vrai — un trimorphisme, un dimorphisme complémentaire se surajoutant dans l'un des deux sexes (mâle ou femelle), et se traduisant par des dissemblances tegminales. Ainsi, *Pycnoscelus surinamensis* (Linné), toujours à ailes bien développées, compte deux types femelles, l'une parthogénétique et macroptère, la seconde bra-

chypère. Chez *Byrsotia fumigata* (Guérin), les femelles ont des ailes réduites et les mâles sont, les uns brachyptères à ailes larges, les autres macroptères, à ailes plus étroites. Roth et Willis (1960, Pl. 6 et 24) ont donné une excellente illustration photographique de ces exemples. Il est évident que dans le cas de fossiles, ce type de dimorphisme n'aurait guère de chance d'être décelé et serait attribué à une différenciation entre mâle et femelle.

L'étude des Blattes fossiles ne peut se restreindre au seul plan morphographique, il lui faut une perspective paléobiologique.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BECKER-MIGDISOVA E. (1962). — Ordre *Blattodea*. *Osnovy Paleontologii, Ak. Nauk. URSS (Neorthroblatinidae)*, p. 98, fig. 213-217.
- 2) BRONGNIART C. (1893). — Insectes fossiles des Temps Primaires. (*Dictyomylacris* : Pl. XLVII, fig. 13-14).
- 3) HANDLIRSCH A. (1908). — Die fossilen Insekten. *Ed. Engelman (Dictyomylacridae)*, p. 280, Pl. XXIX, fig. 21-23).
- 4) HANDLIRSCH A. (1920). — Beiträge zur Kenntnis der palaeozoischen Blattarien. *Sitz. Ak. Wiss. Wien. Math. Nat. Kl., Abt. 1.* 129 B, *Dictyomylacridae*, p. 457.
- 5) LAURENTIAUX D. (1963). — Antiquité du dimorphisme sexuel des Blattes. *C.R. Ac. Sc.*, t. 257, p. 3971-3974, 3 fig.
- 6) MEUNIER F. (1921). — Nouvelles recherches sur les Insectes du terrain houiller de Commentry (Allier). 3^e partie : Orthoptères *Blattidae*. *Ann. Pal.*, t. X (1916-1921), Genre *Dictyomylacris*; p. 76-80, fig. 10-18, Pl. IX, fig. 10-13 et X, fig. 1-5.
- 7) ROTH L.M. et WILLIS E.R. (1960). — The biotic associations of Cockroaches *Smithsonian Miscell. Coll.*, 470 p., 37 pl.



Etude du volcanisme ancien des zones internes helléniques : le volcan d'Atalanti

par Jean-Jacques VERRIEZ (*)

Résumé. — D'importants phénomènes volcaniques se sont développés dans la région d'Atalanti au Permien et (ou) au Trias inférieur. Ils ont donné naissance à un édifice de type stratovolcan. Deux séries sont décrites ; elles montrent une alternance de laves et de pyroclastites. Les roches de compositions basaltiques — olivine, clinopyroxènes, plagioclases — ont été spilitisées par altération hydrothermale et métamorphisme contemporain des déformations alpines. Les études géochimiques montrent que ces basaltes appartiennent à la lignée tholéiitique.

Abstract. — Volcanic phenomena characterise the area of Atalanti. The volcanism is probably Permian and (or) low Triassic and is of strato-volcano type. Two different series are described with alternation of pyroclastites and lavas. The rocks are of basaltic composition — olivine, clinopyroxenes, plagioclases — and are spilitised because of hydrothermal alteration and low metamorphism during alpine deformation. Geochemistry studies show that these basalts are tholeiitic.

I. — INTRODUCTION

Les abords immédiats de la ville d'Atalanti (Locride, Grèce) sont caractérisés par la présence de roches effusives basiques (Verriez, 1971-1976). Les terrains volcaniques sont recouverts par le Trias supérieur dolomitique. Le contact entre éruptif et formations sédimentaires est généralement anormal ; toutefois, dans la partie orientale du massif, les dolomies sont nettement transgressives.

Les lamellibranches découverts à la base des assises sédimentaires transgressives ont permis d'attribuer un âge supérieur aux événements volcaniques décrits : ils sont anté-Carnien inférieur sans plus de précision. Cependant, le contexte géologique m'amène à supposer que le Volcanisme d'Atalanti s'est développé au Permien et (ou) au Trias inférieur (Termier et Verriez, 1973).

Les différentes formations volcaniques rencontrées ont fait l'objet d'une cartographie aussi précise que possible, eu égard à la qualité des fonds topographiques disponibles (fig. 1).

II. — RAPPELS STRATIGRAPHIQUES

En dépit de sa faible superficie, le massif a pu être subdivisé en quatre sous-ensembles possédant leurs caractères propres. Ils se différencient par leur stratigraphie, leur pétrographie et les phénomènes tectoniques dont ils ont été le siège.

(*) Université des Sciences et Techniques de Lille, Laboratoire de Géologie Dynamique. ERA C.N.R.S. 764.

Note présentée le 3 Décembre 1980 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 4 Novembre 1981.

1) Le massif occidental.

Ce massif correspond à la partie occidentale du secteur d'étude. Il se compose d'une colline culminant à 503 m et d'une dépression où affleurent des formations récentes au milieu desquelles apparaissent parfois laves et pyroclastites.

La série occidentale peut être exhaustivement définie sous forme d'une coupe d'orientation N-S qui passe par le point coté 503 m (fig. 2). Il s'agit d'une série riche en pyroclastites (cinérites, tufs et quelques brèches). Les laves n'apparaissent qu'à la partie supérieure et sont peu abondantes.

2) Le Roda.

Il s'agit de la partie essentielle du massif tel qu'il est actuellement observable. La série est complète entre Panagia et Ayos Ioannin (fig. 3). Elle est constituée d'une alternance sensiblement régulière de laves et de pyroclastites. Les brèches et tufs sont dominants à la base alors que les coulées sont de plus en plus nombreuses et abondantes lorsque l'on s'élève dans la série. Il est possible d'y distinguer quatre épisodes volcaniques débutant par des phases explosives suivies d'épanchements laviques.

3) Les « metabasaltes d'Ayos Seraphim ».

Les « metabasaltes d'Ayos Séraphim » (mb_{as}) se singularisent par leur position structurale (fig. 4). Situés au Nord du Roda, ils sont en effet discordants sur les formations du massif principal et ne peuvent donc correspondre qu'à une phase tardive.

L'épaisseur est faible (une vingtaine de mètres) et leur position suppose une fracturation de l'édifice antérieure à leur mise en place.

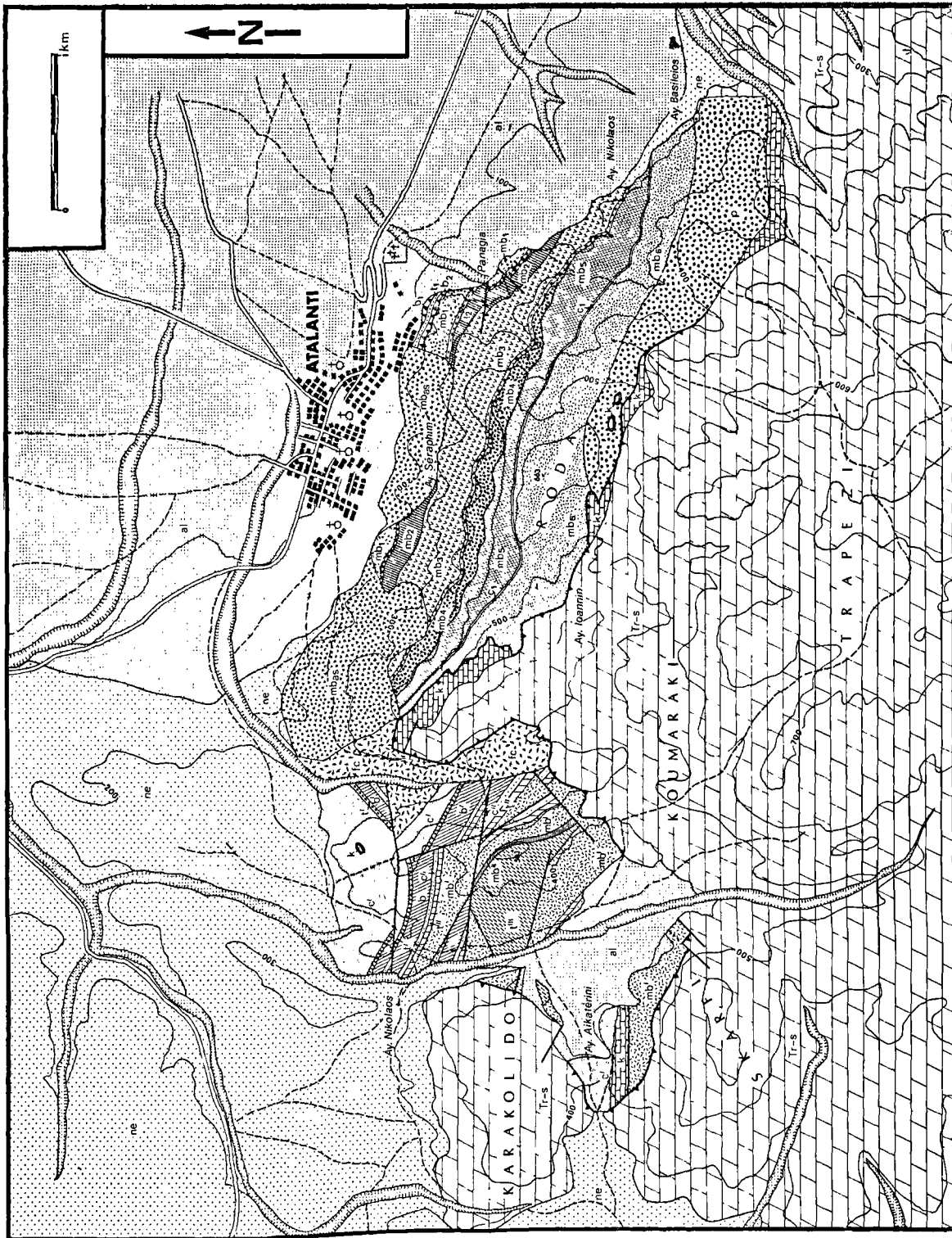
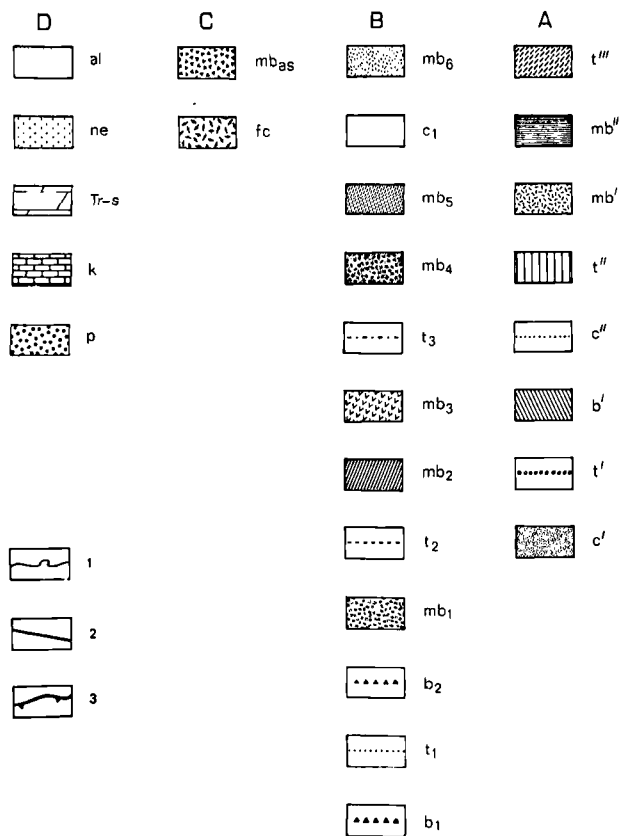


Fig. 1. — Carte géologique d'Atalanti (Locride, Grèce)

Fig. 1
L É G E N D E



A : *Série occidentale* : c', cinérites inférieures. — t', tufs oolitiques. — b', brèches de la série occidentale. — c'', cinérites supérieures. — t'', tufs stratifiés. — mb', metabasaltes de la série occidentale. — mb'', verre basaltique vacuolaire. — t''', tufs feldspathiques.

B : *Série du Roda* : b1, brèches polygéniques inférieures. t1, tufs pyroxéniques. — b2, brèches polygéniques supérieures. — mb1, metabasaltes pyroxéniques. — t2, tufs à billes de verre. — mb2, metabasaltes hyalins. — mb3, metabasaltes amygdalaires. — t3, tufs d'Ayos Nikolaos. — mb4, metabasaltes massifs. — mb5, metabasaltes à amygdales blanches. — c1, cinérites du Roda. mb6, metabasaltes d'Ayos Ioannin.

C : *Autres terrains volcaniques* : fc, formations chaotiques. mb_{as}, metabasaltes d'Ayos Séraphim.

D : *Terrains sédimentaires* : p, poudingue de transgression. — k, calcaires, schistes et grès du Carnien inférieur. — Tr-s, Trias supérieur dolomitique. — ne, Néogène indifférencié. — al, Quaternaire indifférencié.

1, limites géologiques. — 2, failles. — 3, contacts anormaux.

4) Les « formations chaotiques ».

Elles affleurent dans une profonde vallée qui entaille le secteur étudié et sépare le Roda du massif occidental. Leur position singulière a pour effet de rendre totalement indépendantes les séries précédemment décrites, position qui n'a pas permis l'étude des rapports stratigraphiques et structuraux existant entre série occidentale et série du Roda.

Il s'agit de formations extrêmement hétérogènes qui se présentent sous forme de blocs souvent anguleux, de dimensions décimétriques à métriques, au sein desquels on retrouve la plupart des faciès volcaniques. Leur genèse n'a pu se faire que lors d'une phase explosive paroxysmale qui a partiellement démantelé l'édifice. Les brèches grossières sont localement cimentées par un verre volcanique rougeâtre très friable dont les filonnets et vésicules sont remplis de calcite.

III. — TECTONIQUE

Bien que situé dans une zone particulièrement instable, le massif d'Atalanti n'a été que peu tectonisé. Il m'a cependant été possible de distinguer des événements tectoniques anciens liés au volcanisme, puis une phase tantentuelle, enfin les effets d'une tectonique récente d'âge plio-quaternaire.

1) Tectonique syn et tardi-volcanique.

Des accidents cassants syn-volcaniques ont été mis en évidence. Ils correspondent à la mise en place des « metabasaltes d'Ayos Séraphim » (mb_{as}) et à celle des « formations chaotiques » (fc).

A cela s'ajoute une série de failles verticales ou subverticales qui affectent uniquement les terrains volcaniques. Elles ont été observées dans le massif occidental, là où l'abondance de fins niveaux de cinérites, tufs et brèches permet de les mettre en évidence en dépit de leur faible rejet. Ces accidents sont anté-Trias supérieur mais il semble que certains d'entre eux aient pu rejouer après la mise en place des dolomies triasiques, tout au moins au voisinage d'Ayos Aikatérini.

2) Tectonique alpine et mise en place du Trias.

Le secteur étudié n'a été que peu affecté par la tectonique alpine. Ce fait peut s'expliquer par la puissance et la rigidité des formations qui composent le massif et qui tranchent avec les propriétés physiques des terrains sédimentaires encaissants.

Les déformations correspondant aux phases tangentielles Jurassique-Eocène et (ou) Paléocène-Eocène sont limitées à un basculement vers le Sud, basculement lié à l'apparition du vaste synclinal d'Exarchos (Dégardin, 1972), et à un décollement du Trias supérieur dolomitique nettement chevauchant à l'Ouest d'Ayos Ioannin.

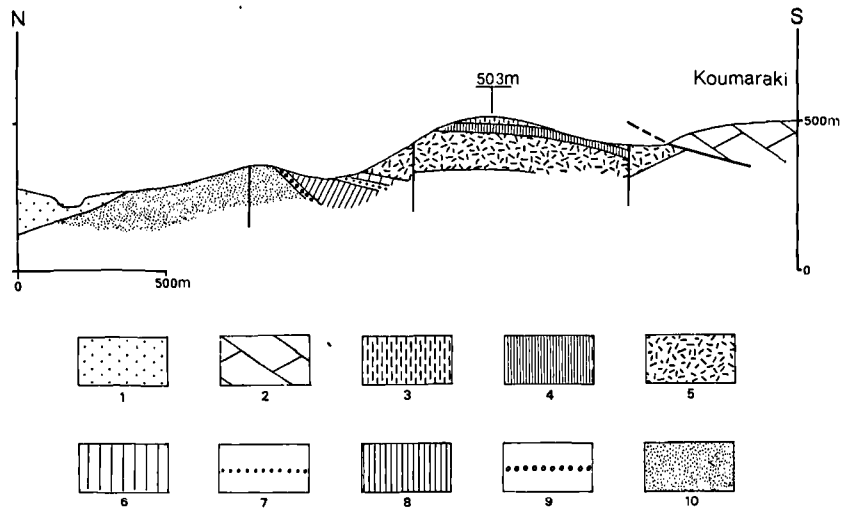


Fig. 2. — Coupe N-S du massif occidental.

1, Néogène. — 2, Dolomies triasiques. — 3, Tufs feldspathiques (t'''). — 4, Verre basaltique vacuolaire (mb''). — 5, Métabasaites de la série occidentale (mb'). — 6, Tufs stratifiés (t''). — 7, Cinérites supérieures (c''). — 8, Brèches de la série occidentale (b'). — 9, Tufs oolitiques (t'). — 10, Cinérites inférieures (c').

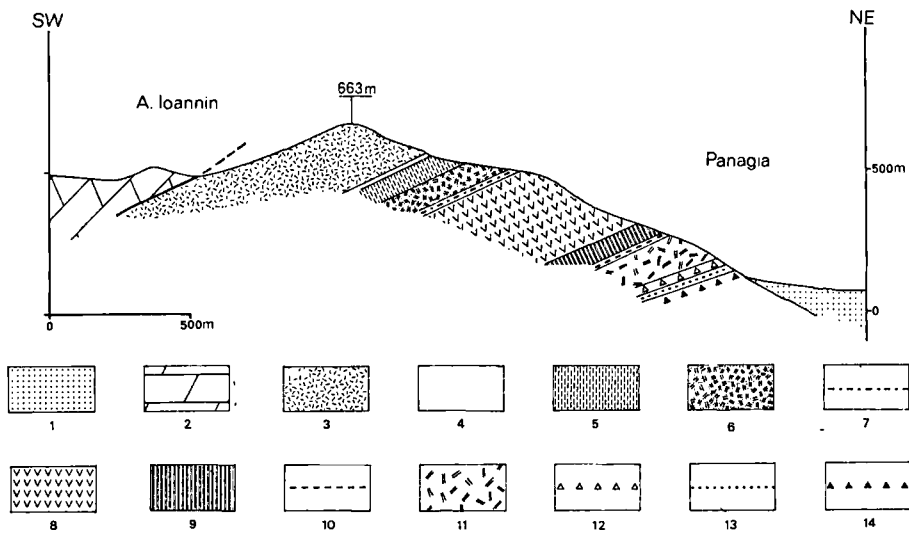


Fig. 3. — Coupe du Roda de Panagia à Ayos Ioannin.

1, Alluvions récentes. — 2, Trias supérieur dolomitique. — 3, Métabasaites d'Ayos Ioannin (mb6). — 4, Cinérites du Roda (c1). — 5, Métabasaites à amygdales blanches (mb5). — 6, Métabasaites massifs (mb4). — 7, Tufs d'Ayos Nikolaos (t3). — 8, Métabasaites amygdalaires (mb3). — 9, Métabasaites hyalins (mb2). — 10, Tufs à billes de verre (t2). — 11, Métabasaites pyroxéniques (mb1). — 12, Brèches polygéniques supérieures (b2). — 13, Tufs pyroxéniques (t1). — 14, Brèches polygéniques inférieures (b1).

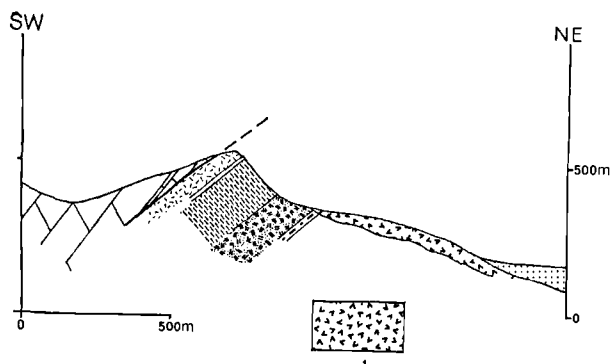


Fig. 4. — Coupe du Roda montrant la position des "métabasaltites d'Ayos Séraphim".

1, Métabasaltites d'Ayos Séraphim (mb_{ua}).
Les autres figurés sont ceux de la fig. 3.

3) Néotectonique.

Philip (1974) et Mercier (1976) notent l'existence de trois phases tectoniques récentes en bordure du canal d'Atalanti :

- la première, en extension, de direction N 120°, d'âge pliocène ;
- la deuxième, en compression, de direction N 155°, d'âge quaternaire ancien ;
- la troisième, en extension, de direction N 160°, d'âge quaternaire post-Tchaudien et anté-Mindel-Riss.

Les effets de ces phases de déformations n'ont pas été observés dans la partie visible du volcan mais elles ont probablement contribué à l'effondrement de la partie septentrionale de l'édifice.

Il est, de plus, intéressant de noter les similitudes de direction existant entre, d'une part, les accidents syn et tardi-volcaniques, d'autre part, les failles récentes.

IV. — CONSIDERATIONS DYNAMIQUES

Les séries décrites précédemment sont typiques d'un édifice de type stratovolcan. A partir des observations de terrain et des données pétrographiques, j'ai tenté de reconstituer l'histoire du volcan d'Atalanti, mais cela suppose de corréliser les deux séries principales. Or, en raison de la présence des "formations chaotiques", toute corrélation s'avère impossible. Toutefois, la grande abondance de pyroclastites à l'Ouest du massif et les évolutions pétrographiques tendent à montrer l'antériorité de la série occidentale sur celle du Roda.

Quatre périodes peuvent être distinguées.

1) Genèse de l'édifice.

La première période correspond à la genèse de l'édifice. Elle débute par d'importants et longs épisodes de caractère explosif qui ont contribué à la constitution de l'épaisse série de cinérites, tufs et brèches du massif occidental (fig. 5a).

Il ne s'agit toutefois que des premiers dépôts observables, car rien ne permet d'affirmer que les "cinérites inférieures" (c') soient les plus anciennes formations d'origine volcanique de ce secteur ; leur base n'est, en effet, pas visible. Cette partie est très intéressante par la présence d'"oolites" qui soulignent le caractère aérien de l'ensemble.

Des épanchements de laves leur font suite. Ils donnent naissance, tout d'abord, à des métabasaltites (mb'), puis à un verre vacuolaire rouge (mb''), peu épais, sporadique. Ce dernier, riche en gaz, s'est refroidi rapidement en prenant un aspect scoriacé assez caractéristique. Il précède une phase clastique peu puissante.

Les faciès du Roda *s. str.* seraient apparus plus tardivement après, peut-être, des phénomènes intermédiaires non observables actuellement (fig. 5b).

Il est possible, dans cette partie du massif, de définir quatre épisodes élémentaires débutant par des pyroclastites et se terminant par des laves. Ils pourraient être interrompus par des périodes de non activité comme le montrent le ravinement et la probable évolution pédogénétique observés au toit des "brèches polygéniques inférieures" (b1).

Les laves sont toujours très épaisses, et ce, d'autant plus que l'on s'élève dans la série. Elles ne peuvent donc provenir que d'une superposition de coulées de moindre puissance qui n'ont pu être distinguées les unes des autres en raison de la constance de leurs caractères pétrographiques.

2) Formation d'une caldera.

L'histoire se poursuit avec l'apparition d'une structure de type caldera. Il faut pour cela supposer un effondrement des parties sommitale et septentrionale de l'édifice qui glissent le long d'un système de failles listriques inclinées vers le Nord (fig. 5c).

Le volume des laves émises étant important, la cause probable de la rupture et de l'effondrement est la vidange du réservoir magmatique. Cependant, la région étant instable, l'intervention de phénomènes tectoniques ne doit aucunement être exclue.

Alors que le compartiment septentrional est actuellement caché par les molasses néogènes et les alluvions récentes de la plaine d'Atalanti, l'une des failles listriques est apparente puisqu'elle a été partiellement occultée par les "métabasaltites d'Ayos Séraphim" (mb_{ua}). Le lieu d'émission de ces laves n'est pas connu. On peut cependant supposer que leur mise en place s'est faite au niveau de la faille (fig. 5d).

3) Explosion latérale.

La troisième période (fig. 5e) correspond à l'apparition des "formations chaotiques" (fc) qui recoupent les précédentes. Leur aspect suggère que la mise en place s'est réalisée lors d'une phase explosive paroxysmale. Une explosion latérale, extrêmement puissante, a eu pour effets de disloquer le flanc sud de la caldera, de provoquer une remontée relative et un basculement de la série occidentale ainsi que de contribuer à la formation de brèches — blocs de laves et de pyroclastites préexistantes — très localement cimentées par un verre volcanique.

4) Evolution post-volcanique.

Les phénomènes volcaniques ayant pris fin, le secteur étudié a évolué lors des phases alpines. Cette évolution post-volcanique est toutefois limitée à la transgression carnienne, au décollement du Trias dolomitique et aux dépôts des formations récentes : molasses et alluvions (fig. 5f).

5) Conclusion.

Cette tentative de reconstitution du dynamisme du volcan d'Atalanti tient compte des faits observés mais est cependant hypothétique. Elle tend à montrer que le massif présente une évolution classique et complexe de strato-volcan, à savoir : édification de l'édifice précédant un stade de caldera puis une phase d'explosions latérales.

V. — CARACTERES PETROGRAPHIQUES

1) Les pyroclastites.

Les pyroclastites d'Atalanti sont, sauf les "tufs stratifiés" (t'), des roches consolidées secondairement qui ont pris naissance par voie explosive. Leur caractéristique essentielle est la finesse générale du grain. En effet, les plus gros éléments des brèches ne dépassent guère 2 cm en dimension.

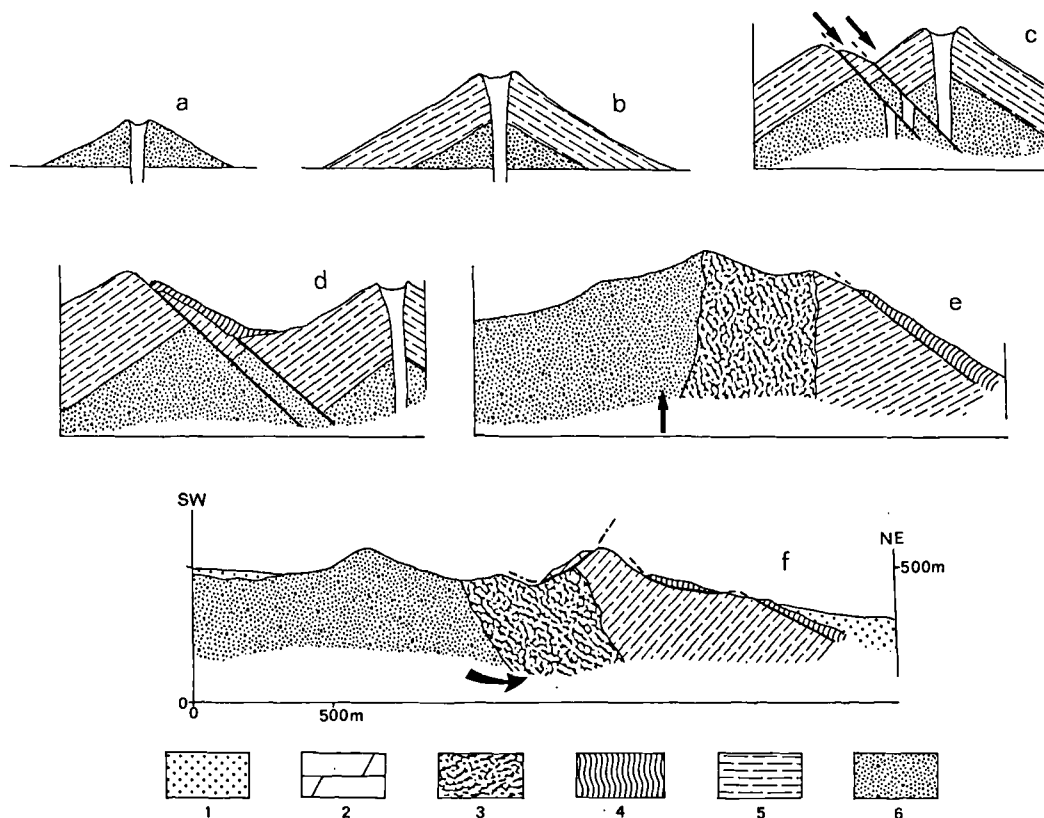


Fig. 5. — Tentative de reconstitution de la dynamique du volcan d'Atalanti.
 1, Alluvions. — 2, Trias supérieur. — 3, "Formations chaotiques". — 4, "Métabasaltes d'Ayos Séraphim". — 5, Série du Roda. — 6, Série occidentale.

Ces formations présentent un litage très net qui correspond à des variations granulométriques à l'échelle du centimètre. Ce litage est le reflet des explosions qui se sont succédé dans le temps.

La structure de ces roches est toujours très hétérogranulaire : à savoir qu'une fraction cendreuse, abondante, constitue une matrice au sein de laquelle sont cimentés les débris plus grossiers. La matrice est donc cryptogranulaire avec développement accentué de minéraux de type chlorite.

Parmi les fragments reconnaissables, il faut distinguer ceux qui proviennent du démantèlement de roches anciennes — il s'agit alors de fragments de laves microlitiques à porphyriques ou de débris de cristaux — de ceux qui sont contemporains des explosions — il s'agit de cristaux subautomorphes entourés d'une pellicule opaque d'oxydes qui ont été éjectés d'un magma en fusion ou d'échardes et de billes de verre actuellement en voie de dévitrification. La présence de ces derniers éléments suggère la permanence d'un lac de lave hors des phases explosives.

Les quatre types de fragments cités ci-dessus sont toujours présents. Les pyroclastites d'Atalanti sont donc de type mixte, elles ne se différencient les unes des autres que par leur granulométrie et l'abondance relative des diverses natures de grain.

2) Les laves.

Les laves du Roda et de la série occidentale sont caractérisées par leur grande homogénéité texturale, structurale et minéralogique.

La texture est amygdalaire ; à savoir que les vacuoles initiales ont été remplies secondairement par des minéraux tels que quartz, feldspaths, épidotes et chlorites granulaires ou fibroradiées.

L'examen des amygdales montre que le remplissage s'est généralement effectué en deux temps : les épontes sont tapissées de quartz et de feldspaths alors que le noyau est constitué de chlorites abondantes associées à quelques épidotes. Les " metabasaltes d'Ayos Séraphim " (mb_{ab}) sont les seules formations qui contiennent des amygdales calcitiques.

Les structures sont hyaloporphyriques à microlitiques porphyriques.

La mésostase représente environ 60 % de la roche totale. Elle se présente sous forme d'une pâte cryptocristalline chloriteuse, de teinte verdâtre, mais elle est parfois colorée en rouge par les oxydes ferriques libérés par altération. Le fond cryptocristallin renferme fréquemment des microlites d'albite ainsi que de minuscules grains de pyroxènes dont la disposition souligne l'aspect fluidal de l'ensemble.

Les phénocristaux sont abondants — 40 % de la roche — eu égard à la vitesse de refroidissement du

magma. Cette abondance montre que la cristallisation a débuté au sein même de la cheminée et au niveau du lac de lave dont la permanence a été démontrée. Nous y distinguerons des plagioclases, des clinopyroxènes et des péridots.

Les phénocristaux de plagioclases, de dimensions voisines du millimètre, sont dominants dans les laves de la série occidentale ainsi que les parties moyenne et supérieure de celle du Roda. En fait, ces plagioclases sont très altérés et ne subsistent souvent que sous forme de fantômes. Des mesures effectuées sur les individus les plus frais ont montré qu'il s'agissait d'albite mâclée Albite ou quelquefois Albite-Ala B.

La nature albitique des plagioclases (*) a été confirmée par quelques analyses effectuées à la microsonde automatisée. Les teneurs en albite sont comprises entre 92 et 98 %.

Les clinopyroxènes (*) — diopside et endodiopside rares, augite fréquente — sont automorphes à subautomorphes avec, toutefois, des golfes de corrosion au contact de la mésostase. Ils sont présents dans toutes les laves mais sont très bien représentés à la base de la série du Roda, à savoir dans les " metabasaltes pyroxéniques " (mb 1) et les " metabasaltes hyalins " (mb 2) où ils atteignent leur maximum de développement puisqu'ils y atteignent des tailles voisines du demi-centimètre.

Les péridots sont sporadiques. Ils n'existent qu'en petites quantités et ne sont, en raison des phénomènes d'épigénie, reconnaissables qu'à leur aspect automorphe. J'ai pu toutefois observer un cristal non altéré : il s'agit d'olivine riche en magnésium (Fo > 80).

Les caractères décrits ci-dessus sont ceux des metabasaltes, or deux coulées ont donné naissance à des verres volcaniques : le " verre basaltique vacuolaire " (mb^v) et le verre des " formations chaotiques ". Ils se caractérisent par leur aspect scoriacé, leur teinte rouge, leur structure hyalo-microlitique (microlites d'albite essentiellement). Les vésicules et filonnets du verre des " formations chaotiques " ont été secondairement remplis de calcite.

3) Les altérations.

Les laves et pyroclastites d'Atalanti sont des roches anciennes qui ont subi depuis leur genèse, de nombreuses transformations. Ces transformations affectent, d'une part, matrices et mésostases, d'autre part, les minéraux.

(*) Les analyses minéralogiques (clinopyroxènes, plagioclases et pumpellyite) ont été effectuées à la microsonde automatisée Camebax des Services communs des Universités de Nancy I, Strasbourg et Besançon. Le détail de ces analyses sera communiqué ultérieurement en collaboration avec H. Lapière (Université de Nancy I).

Les matrices des pyroclastites, qui constituent généralement la majeure partie de la roche, sont toujours cendreuse. Elles ont acquis secondairement des teintes verdâtres ou rougeâtres qui correspondent dans le premier cas, à un développement de minéraux de type chlorite, dans le second, à la présence d'oxydes de fer.

Les mésostases des laves sont initialement vitreuses comme le montrent des reliquats de verre non altéré. Par vieillissement se développe un phénomène très accentué de dévitrification accompagné, comme précédemment, d'un développement de chlorites et d'une hématitisation qui confèrent aux roches leurs teintes actuelles.

L'olivine ($Fo > 80$, B+), peu abondante dans les laves, est caractérisée par de très belles pseudomorphoses.

Plusieurs types d'altération ont été observés :

— les cristaux d'olivine, dont la forme est conservée, sont fréquemment remplacés par de l'iddingsite en bordure et des chlorites au centre ; à cela s'ajoute parfois un liseré d'oxydes opaques sur le pourtour ;

— des minéraux fibreux de type bowlingite peuvent également pseudomorphoser les cristaux d'olivine en mimant leur clivage initial.

Les plagioclases sont très altérés, ils se présentent sous forme de "fantômes", à savoir sous forme d'agrégats microcristallins au sein desquels Lapière et l'auteur ont pu distinguer de rares épidotes, un peu de calcite, des chlorites et de la pumpellyite.

Les parties qui paraissent fraîches correspondent toujours à de l'albite qui ne peut être que secondaire, compte tenu de la minéralogie primaire de la roche.

De plus, l'altération, le développement des minéraux nouveaux, se présentent souvent sous forme de bandes qui miment les mâcles polysynthétiques mais également sous forme concentrique, ce qui suppose un zonage initial des plagioclases.

Les clinopyroxènes sont les éléments figurés les moins transformés. Notons cependant l'apparition de chlorites ainsi que l'existence de facules de quartz secondaire au niveau des craquelures, clivages et golfes de corrosion.

4) Conclusions.

Les laves ont toutes donné naissance à des roches de nature basaltique dont les compositions minéralogiques varient peu (plagioclases, clinopyroxènes, olivine). J'ai noté, de plus, des faciès d'accumulation, de clinopyroxènes à la base de la série, de plagioclases à son sommet, qui montrent l'existence d'une légère différenciation dans la chambre magmatique.

Les phénomènes d'altération observés sont typiques de la spilitisation puisque, sauf dans le cas des clinopyroxènes, les minéraux sont remplacés par leurs

équivalents de basse température. Ceci explique pourquoi le terme de spilite avait été primitivement utilisé par l'auteur pour désigner les faciès du Roda (Verriez, 1976). En fait, si la composition minéralogique actuelle est de nature spilitique, elle n'a été acquise que secondairement. Il faut chercher les causes de cette spilitisation, d'une part, dans l'action hydrothermale des fluides qui accompagnent la mise en place des laves, d'autre part, dans les manifestations d'un léger métamorphisme régional à paragenèse albite-chlorite-pumpellyite définie par Lapière.

VI. — CARACTERES GEOCHIMIQUES

Les différents faciès pétrographiques du massif d'Atalanti, à savoir 10 laves (dont deux verres volcaniques) et 12 pyroclastites, ont été analysés chimiquement. Les résultats obtenus sont reportés dans les tableaux I et II.

La simple lecture des tableaux de résultats m'amène à distinguer, en fonction de leur comportement, deux catégories d'éléments. Les uns (SiO_2 , Fe_2O_3 , MgO , TiO_2 et à un degré moindre Al_2O_3) conservent d'un échantillon à un autre des teneurs analogues. Les autres (Na_2O , K_2O , CaO) présentent des concentrations extrêmement variables. Ce fait n'est que le reflet des intenses altérations précédemment évoquées.

Il en résulte que le traitement des données chimiques nécessite un choix rigoureux des diagrammes utilisés de manière à éliminer l'influence des transformations subies par les roches.

1) Unicité magmatique.

Les paramètres de Niggli ont été systématiquement calculés. Les valeurs du paramètre *si* soulignent le caractère basique des laves d'Atalanti.

Les courbes paramétriques ont été tracées en fonction de *si* (fig. 6). Il apparaît que les diagrammes relatifs aux éléments stables (*al*, *fm*, *mg*, *ti*) montrent de remarquables concentrations ou alignements de points. Ce fait tend à prouver la parenté magmatique des faciès étudiés. Par contre, les points sont très dispersés sur les autres graphes, ce qui souligne à nouveau la grande mobilité des éléments correspondants.

La parenté magmatique de la série est confirmée par le diagramme Al_2O_3/TiO_2 . La figure obtenue (fig. 7) montre en effet une parfaite corrélation de type "sympathique" entre alumine et titane sous sa forme oxydée. Cette représentation simple souligne, de plus, le caractère isotané des roches d'Atalanti. Cela est probablement dû au fait que la majorité des laves se trouve être des basaltes appartenant à une série peu évoluée.

○ METABASALTES PORPHYRIQUES
● VERRES VOLCANIQUES

	Ech.	3-270	3-272	3-273	3-275	3-276	3-278	3-279	3-285	3-286	3-288
		○	○	○	○	○	○	○	○	●	●
Analyses brutes	SiO ₂	54,20	46,10	46,80	49,60	50,70	57,30	50,50	50,50	49,40	40,20
	Al ₂ O ₃	14,47	16,00	16,25	15,80	15,25	15,60	16,85	15,70	17,95	13,05
	Fe ₂ O ₃ t	8,27	10,86	11,53	9,90	9,93	7,37	9,37	9,76	11,63	9,93
	MnO	0,16	0,17	0,21	0,15	0,14	0,12	0,17	0,16	0,28	0,20
	MgO	4,47	4,05	5,67	3,33	3,82	2,81	5,12	4,21	2,18	8,05
	Na ₂ O	2,66	0,50	3,51	0,51	2,01	3,83	3,06	2,15	5,09	2,59
	K ₂ O	1,09	0,33	1,87	0,33	0,62	0,92	0,81	0,62	0,58	1,92
	CaO	7,89	15,81	7,40	14,85	10,98	7,61	8,42	10,62	7,95	12,16
	TiO ₂	1,01	1,33	1,43	1,19	1,18	0,99	1,35	1,38	1,48	1,32
	P ₂ O ₅	0,25	0,23	0,29	0,25	0,22	0,19	0,27	0,29	0,26	0,26
	P. F.	5,00	4,77	3,88	4,81	4,51	3,03	4,35	4,35	3,08	10,56
	Total	99,20	99,92	98,55	100,47	99,14	99,58	100,00	99,45	99,62	99,98
Analyses recalculées	SiO ₂	54,20	46,10	46,80	49,60	50,70	57,30	50,50	50,50	49,40	46,30
	Al ₂ O ₃	14,47	16,00	16,25	15,80	15,25	15,60	16,85	15,70	17,95	15,05
	Fe ₂ O ₃	4,18	9,51	8,12	8,75	7,80	6,47	5,68	8,73	11,60	11,11
	FeO	3,68	1,22	3,17	1,04	1,92	0,81	3,32	0,92	0,03	0,30
	MnO	0,16	0,17	0,21	0,15	0,14	0,12	0,17	0,16	0,28	0,23
	MgO	4,47	4,05	5,67	3,33	3,82	2,81	5,12	4,21	2,18	9,25
	Na ₂ O	2,66	0,50	3,51	0,51	2,01	3,83	3,06	2,15	5,09	2,98
	K ₂ O	1,09	0,33	1,87	0,33	0,62	0,92	0,81	0,62	0,58	2,21
	CaO	7,89	15,81	7,40	14,85	10,98	7,61	8,42	10,62	7,95	5,43
	TiO ₂	1,01	1,33	1,43	1,19	1,18	0,99	1,35	1,38	1,48	1,52
	P ₂ O ₅	0,25	0,23	0,29	0,25	0,22	0,19	0,27	0,29	0,26	0,30
	Total	94,06	95,25	94,72	95,80	94,64	96,65	95,55	95,28	96,80	94,68
Normes CIPW	Q	11,3	5,2		11,8	8,3	11,7	2,5	6,9		
	Or	6,9	2,1	11,8	2,0	3,9	5,7	5,0	3,9	3,6	14,0
	Ab	24,0	4,5	27,1	4,5	18,1	33,7	27,2	19,3	40,2	27,0
	An	25,9	42,8	24,5	41,9	32,7	23,5	31,4	33,3	25,5	22,7
	Ne			2,4						2,6	
	Di	11,7	32,3	10,5	28,4	19,9	12,1	8,9	17,3	12,0	3,6
	Hy	15,3	7,6		6,1	11,9	8,6	19,4	14,3		1,0
	Ol			17,8						10,3	25,6
	Mt	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	Il	2,0	2,7	2,9	2,4	2,4	2,0	2,7	2,0	2,9	3,1
	Ap	0,6	0,5	0,7	0,6	0,5	0,4	0,6	0,7	0,6	0,7
	Paramètres Niggli	si	160,0	109,1	116,0	126,4	136,5	178,4	132,5	133,2	131,8
al		25,1	22,3	23,7	23,7	24,2	28,6	26,0	24,5	28,2	20,9
c		24,9	40,1	19,6	40,6	31,7	25,4	23,7	30,1	22,7	13,7
fm		40,3	36,0	45,3	33,9	37,8	32,6	41,2	39,8	35,0	55,3
alo		9,7	1,6	11,4	1,8	6,3	13,4	9,1	6,6	14,1	10,1
mg		20,7	14,5	21,8	12,8	15,7	13,0	20,0	16,8	8,6	32,4
ti		2,4	2,4	2,8	2,3	2,4	2,3	2,7	2,7	3,0	2,7
m		0,51	0,42	0,49	0,40	0,43	0,43	0,51	0,46	0,27	0,62
k		0,21	0,30	0,26	0,30	0,17	0,14	0,15	0,16	0,07	0,49
c/fm		0,62	1,11	0,43	1,20	0,84	0,78	0,58	0,78	0,65	0,25

Tableau I. — Analyses chimiques de 10 laves du Roda.

▲ BRECHES
 △ TUFFS
 * CINERITES

	Ech.	3-267 ▲	3-268 △	3-269 ▲	3-271 △	3-274 △	3-277 *
Analyses brutes	SiO ₂	65,60	52,20	52,30	52,00	51,50	51,10
	Al ₂ O ₃	15,25	15,45	14,85	15,75	15,65	17,15
	Fe ₂ O ₃ t	4,43	9,39	8,94	9,55	10,84	9,68
	MnO	0,10	0,14	0,16	0,11	0,14	0,18
	MgO	1,33	4,88	7,37	5,64	5,13	2,85
	Na ₂ O	5,56	1,42	1,62	2,48	4,98	3,84
	K ₂ O	2,66	2,47	1,33	3,73	1,79	1,52
	CaO	2,56	7,64	8,03	4,97	4,26	6,45
	TiO ₂	0,67	1,11	1,05	1,07	1,22	1,50
	P ₂ O ₅	0,20	0,25	0,24	0,24	0,30	0,36
	P. F.	1,59	5,15	4,93	4,48	3,25	5,09
	Total	99,95	100,10	100,82	100,02	99,06	99,72
	Analyses recalculées	SiO ₂	65,60	52,20	52,30	52,00	51,50
Al ₂ O ₃		15,25	15,45	14,85	15,75	15,65	17,15
Fe ₂ O ₃		2,81	7,05	5,30	6,96	8,03	8,05
FeO		1,45	2,11	3,27	2,33	2,53	1,47
MnO		0,10	0,14	0,16	0,11	0,14	0,18
MgO		1,33	4,88	7,37	5,64	5,13	2,85
Na ₂ O		5,56	1,42	1,62	2,48	4,98	3,84
K ₂ O		2,66	2,47	1,33	3,73	1,79	1,52
CaO		2,56	7,64	8,03	4,97	4,26	6,45
TiO ₂		0,67	1,11	1,05	1,07	1,22	1,50
P ₂ O ₅		0,20	0,25	0,24	0,24	0,24	0,30
Total		98,19	94,72	95,52	95,28	95,53	94,47
Normes CIPW		Q	15,8	9,1	7,9	0,7	
	Or	16,0	15,5	8,2	23,3	11,1	9,6
	Ab	48,0	12,7	14,3	22,1	44,4	34,6
	An	9,0	30,3	30,8	22,0	15,9	26,7
	Ne						
	Di	2,3	6,9	8,9	2,1	3,7	4,3
	Hy	5,0	20,3	24,9	24,9	4,6	16,2
	Ol					4,8	
	Mt	2,2	2,3	2,3	2,3	2,3	2,3
	Il	1,3	2,3	2,1	2,0	2,5	3,1
	Ap	0,4	0,6	0,6	0,6	0,7	0,8
Cr							
Paramètres Niggli	si	266,5	147,4	136,7	145,4	141,2	148,7
	al	36,5	25,7	22,9	25,9	25,3	29,4
	a	11,1	23,1	22,5	14,9	12,5	20,1
	fm	23,6	42,9	48,3	45,8	45,8	36,9
	alca	28,8	8,3	6,3	13,4	16,4	13,6
	mg	8,1	21,7	29,9	23,7	21,9	12,6
	ti	2,1	2,3	2,1	2,3	2,6	3,3
	m	0,37	0,50	0,59	0,54	0,48	0,36
	k	0,24	0,53	0,35	0,50	0,19	0,21
	a/fm	0,47	0,54	0,46	0,33	0,27	0,54

▲ BRECHES
 △ TUFFS
 * CINERITES

	Ech.	3-280 *	3-281 △	3-282 ▲	3-283 *	3-284 △	3-287 △
Analyses brutes	SiO ₂	56,90	58,00	67,70	52,00	51,20	47,70
	Al ₂ O ₃	15,15	15,30	14,15	15,85	13,30	18,00
	Fe ₂ O ₃ t	7,48	7,80	4,32	9,29	9,61	11,28
	MnO	0,12	0,08	0,07	0,15	0,17	0,21
	MgO	3,60	2,38	1,13	5,51	5,33	5,11
	Na ₂ O	5,04	3,38	5,45	5,18	0,86	3,02
	K ₂ O	1,82	3,85	2,31	1,31	0,52	1,51
	CaO	4,12	2,19	1,62	6,58	12,46	8,66
	TiO ₂	0,89	0,86	0,69	1,09	1,27	1,50
	P ₂ O ₅	0,25	0,22	0,22	0,23	0,24	0,28
	P. F.	4,07	4,91	1,75	3,27	4,87	2,73
	Total	99,44	101,16	99,41	100,46	99,83	100,00
	Analyses recalculées	SiO ₂	56,90	58,00	67,70	52,00	51,20
Al ₂ O ₃		15,15	15,30	14,15	15,85	13,30	18,00
Fe ₂ O ₃		4,54	6,98	2,42	6,13	8,03	5,26
FeO		2,65	0,74	1,71	2,85	1,42	5,42
MnO		0,12	0,08	0,07	0,15	0,17	0,21
MgO		3,60	2,38	1,13	5,51	5,33	5,11
Na ₂ O		5,04	3,38	5,45	5,18	0,86	3,02
K ₂ O		1,82	3,85	2,31	1,31	0,52	1,51
CaO		4,12	2,19	1,62	6,58	12,46	8,66
TiO ₂		0,89	0,86	0,69	1,09	1,27	1,50
P ₂ O ₅		0,36	0,25	0,22	0,23	0,24	0,28
Total		95,08	93,98	97,47	96,88	94,80	96,67
Normes CIPW		Q	5,3	13,2	22,1		12,6
	Or	11,3	24,4	14,0	8,0	3,2	9,2
	Ab	45,0	30,6	47,4	42,3	7,7	26,5
	An	14,0	10,2	6,9	16,7	32,8	32,5
	Ne					1,7	
	Di	4,9			12,9	25,7	8,7
	Hy	14,8	14,8	5,4		12,5	3,7
	Ol				13,5		13,7
	Mt	2,3	2,3	2,2	2,3	2,3	2,3
	Il	1,8	1,8	1,3	2,1	2,6	3,0
	Ap	0,6	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6
Cr		2,2	0,2				
Paramètres Niggli	si	183,3	213,6	303,9	135,9	133,1	116,4
	al	28,7	33,2	37,4	24,4	20,4	25,9
	a	14,2	8,7	7,8	18,4	34,7	22,6
	fm	37,6	37,0	24,5	41,9	41,9	42,0
	alca	19,5	21,1	30,3	15,3	3,0	9,5
	mg	17,4	13,1	7,6	21,6	20,6	18,6
	ti	2,1	2,4	2,3	2,1	2,5	2,7
	m	0,48	0,38	0,34	0,54	0,52	0,47
	k	0,19	0,43	0,22	0,14	0,28	0,25
	a/fm	0,38	0,24	0,32	0,44	0,83	0,54

Tableau II. — Analyses chimiques de 12 pyroclastites du Roda.

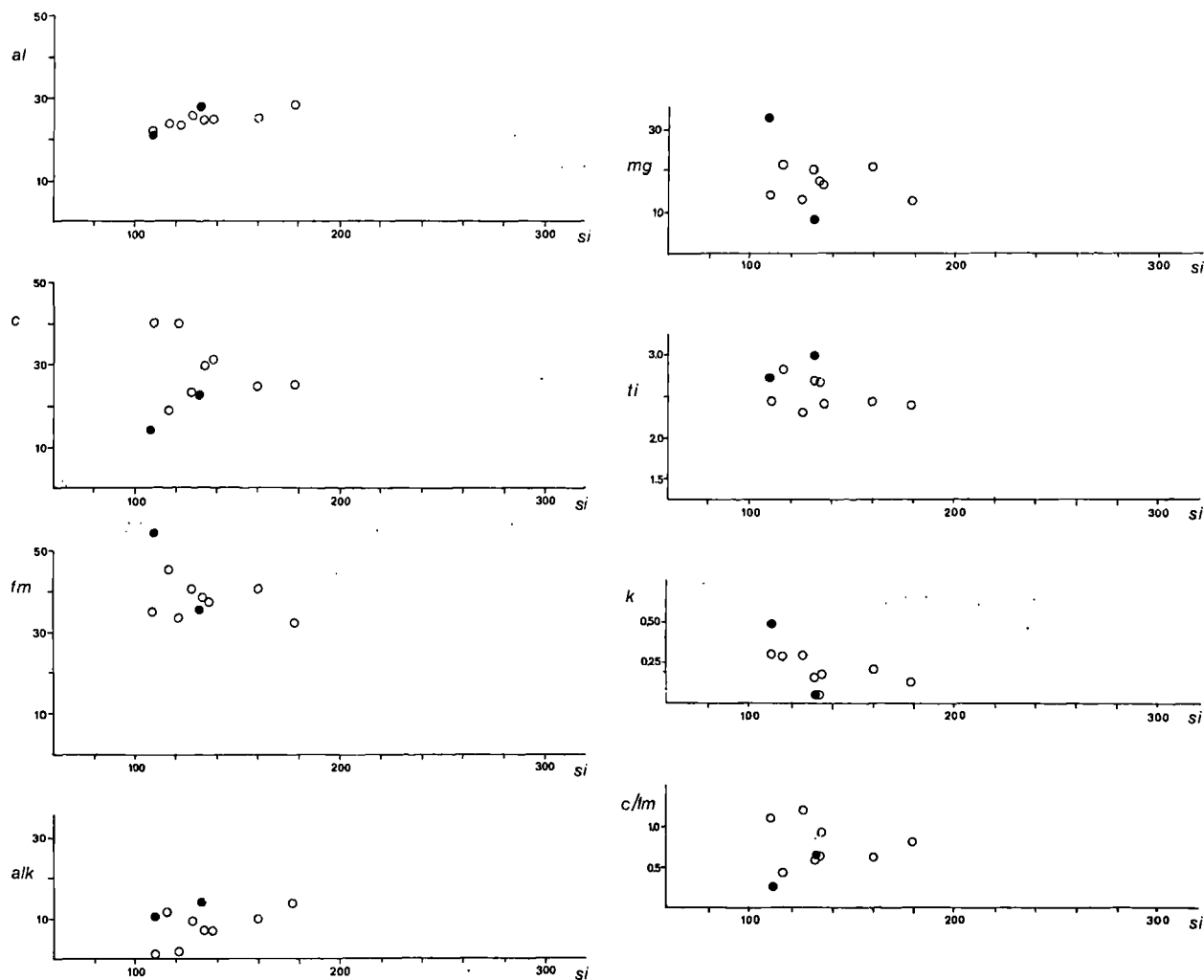


Fig. 6. — Courbes paramétriques de Niggli en fonction du paramètre *si*.
(Cercles : lavas porphyriques. — Cercles pleins : verres volcaniques).

2) Caractérisation de la série d'Atalanti.

Les laves d'Atalanti ont été reportées sur le diagramme triangulaire $Al_2O_3 - Fe_2O_3 - MgO$ (Besson et Fonteilles, 1974). Les points correspondants sont remarquablement groupés. Par leur localisation, ils rappellent sensiblement la série hypersthénique d'Izu Hakone (Kuno, 1968) mais les roches sont plus riches en fer que les lignées calco-alcalines typiques telles celle de Turquie (fig. 8).

Deux points se singularisent par leurs positions : ils correspondent aux deux verres volcaniques de la série occidentale et des "formations chaotiques".

Bien que les limites proposées entre calco-alcalin et tholéitique soient arbitraires, il est possible, à l'aide

de ce diagramme, d'envisager pour les roches d'Atalanti un caractère transitionnel, intermédiaire entre les deux grandes lignées sub-alcalines ; le caractère dominant paraît cependant plus proche des tholéites que du calco-alcalin.

Les études pétrographiques ont montré qu'il y avait eu spilitisation des basaltes du Roda. Le diagramme de De La Roche et Leterrier (1973), particulièrement bien adapté à l'étude des spilites, a donc été utilisé (fig. 9). Il en résulte que la plupart des laves tombent dans le domaine des roches sub-alcalines. Trois points sont toutefois situés dans le champ alcalin : il s'agit des verres volcaniques dont les positions ne sont guère

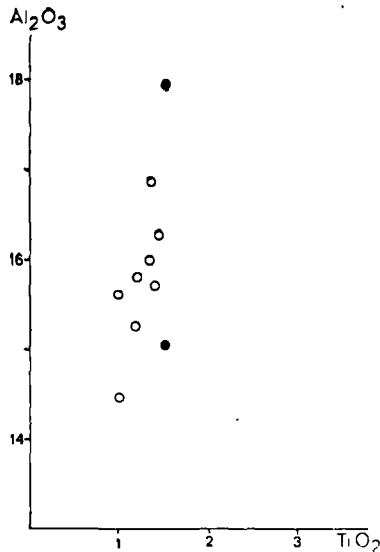


Fig. 7. — Position des laves d'Atalanti sur le diagramme rectangulaire Al_2O_3/TiO_2 .
(La légende est celle de la fig. 6).

significatives et des basaltes amygdalaires dont la situation singulière peut aisément s'expliquer par la présence de grosses amygdales feldspathiques.

Sur les diagrammes $SiO_2 - FeO^+/MgO$ et $FeO^+ - FeO^+/MgO$ (fig. 10), de Miyashiro (1971), les points représentatifs des basaltes étudiés se situent pour la grande majorité d'entre eux, dans le champ tholéiitique. Les deux points qui sortent de ce domaine correspondent aux faciès les plus siliceux caractérisés par une importante accumulation de plagioclases. La figure du titane est moins satisfaisante en raison du caractère isotitané de la série.

3) Caractérisation chimico-minéralogique.

Les compositions minéralogiques virtuelles des laves et pyroclastites d'Atalanti, calculées selon la méthode C.I.P.W. ont été reportées dans les tableaux I et II.

Les normes soulignent, en dépit des transformations qui ont pu affecter leur chimisme, que les roches analysées présentent une parenté magmatique certaine avec apparition de quartz normatif en quantités limitées.

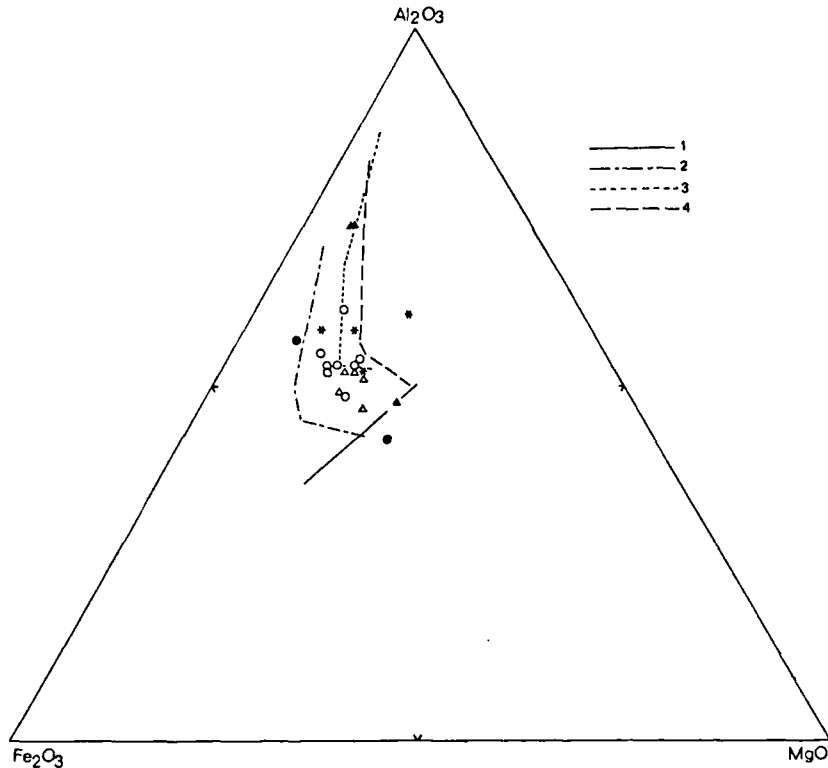


Fig. 8. — Position des roches d'Atalanti sur le diagramme triangulaire $Al_2O_3 - Fe_2O_3 - MgO$ de Besson et Fonteilles.
1, Tholéiites océaniques. — 2, Série pigeonitique d'Izu Hakone. — 3, Série hyperthermique d'Izu Hakone. — 4, Roches calco-alkalines de Turquie.

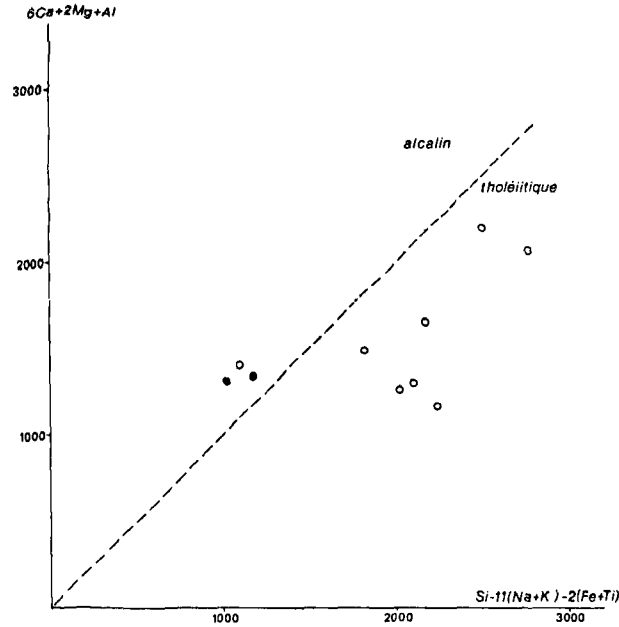


Fig. 9. — Diagramme de De La Roche et Leterrier appliqué aux laves du Roda.

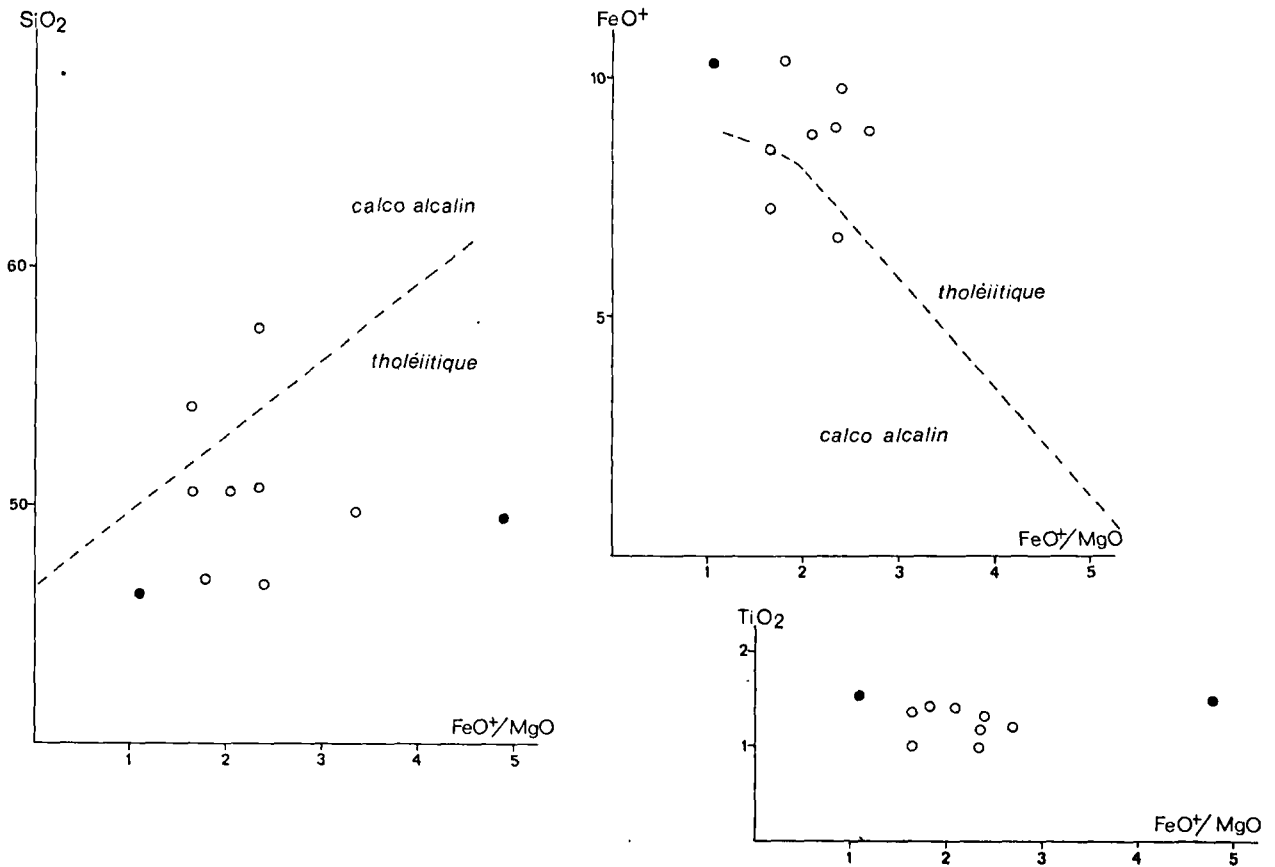


Fig. 10. — Position des laves d'Atalanti sur les diagrammes de Miyashiro.

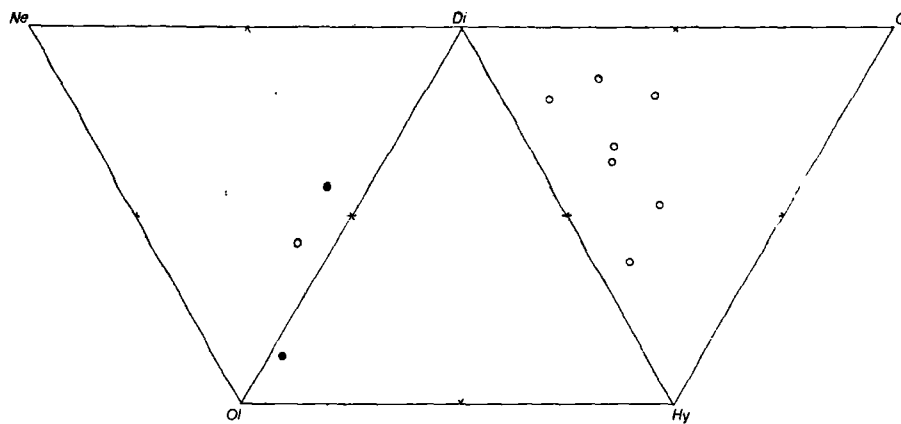


Fig. 11. — Diagramme chimico-minéralogique de Yoder et Tilley.

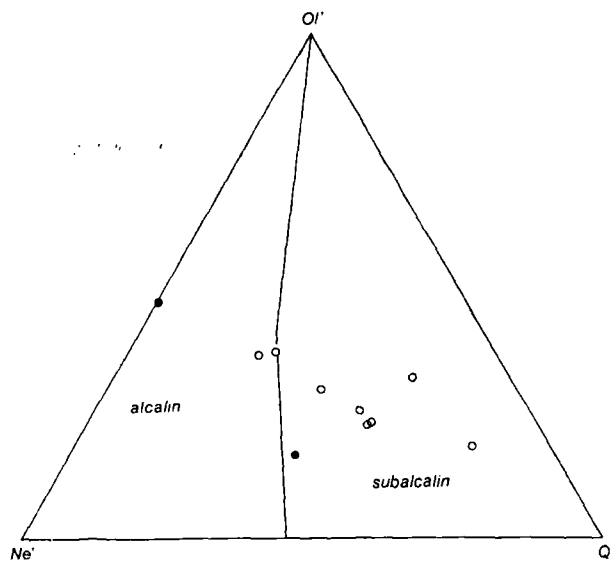


Fig. 12. — Diagramme normatif $Ol' - Ne' - Q'$ appliqué aux laves d'Atalanti.

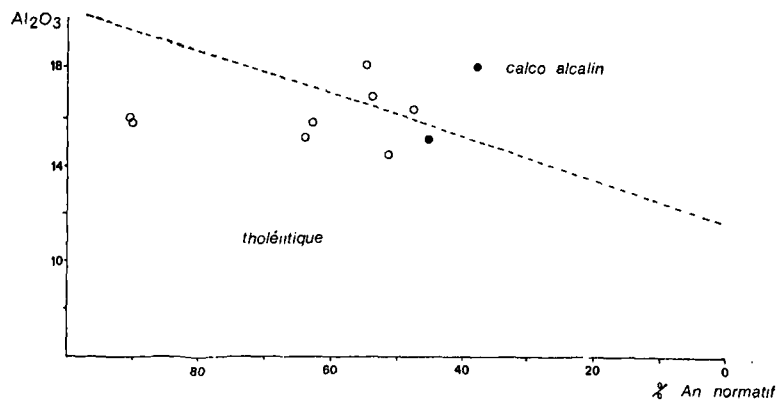


Fig. 13. — Diagramme normatif Al_2O_3/An % normatif.

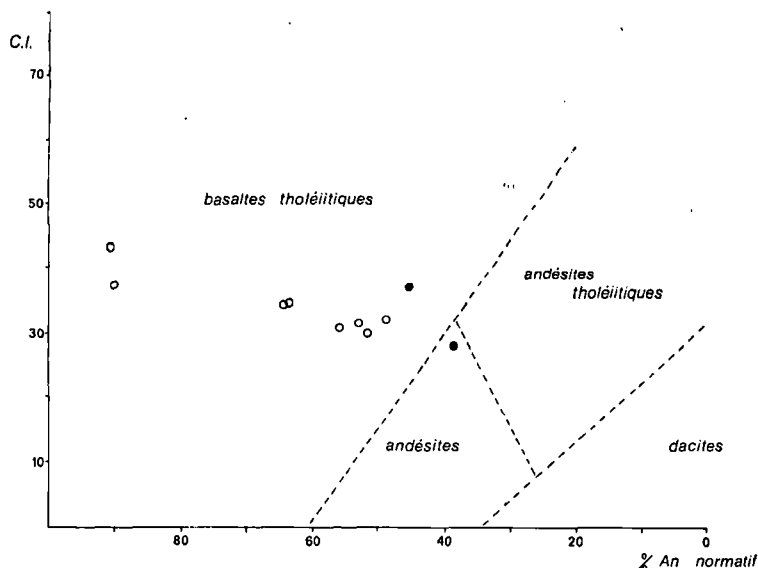


Fig. 14. — Position des laves d'Atalanti sur le diagramme normatif C.I./An % normatif d'Irvine et Baragar.

Les normes ainsi obtenues ont été utilisées dans le cadre de la classification préconisée par Irvine et Baragar (1971).

Le diagramme de Yoder et Tilley (1962) (fig. 11) ainsi que le graphe $Ol' - Ne' - Q'$ (fig. 12) montrent le caractère subalcalin des formations rencontrées près d'Atalanti. La plupart des points sont en effet situés, dans le premier cas, dans le triangle $Q - Di - Hy$, soit donc dans le domaine des tholéiites à quartz. Dans le second cas, ils sont dans le champ des roches subalcalines.

Sur les diagrammes Al_2O_3/An % normatif (fig. 13) et Color Index/ An % normatif (fig. 14), on observe des étirements parallèles à l'axe des abscisses. Ces étirements sont logiques dans la mesure où la spilitisation a été démontrée et qu'elle provoque un déplacement des points vers les faibles valeurs de An % normatif. L'examen de ces figures suggère toutefois que les laves d'Atalanti ont les propriétés des basaltes tholéiitiques.

4) Conclusions.

Les études géochimiques montrent que les laves d'Atalanti sont apparentées, elles dérivent d'un seul et même magma. La série est peu évoluée et les différentes formations présentent des caractères de basaltes

tholéiitiques, bien que ce caractère de tholéiite soit peu marqué.

CONCLUSIONS GENERALES

La région d'Atalanti a été le lieu, au Permien et (ou) au Trias inférieur, de phénomènes volcaniques aériens, très puissants, qui ont permis la genèse d'un édifice de type strato-volcan dont l'histoire, complexe, a été reconstituée.

Les pyroclastites, de type mixte, sont dominantes à la base de la série et sont caractérisées par la finesse de leur grain.

Les laves ont donné naissance à des roches basaltiques remarquables par leur homogénéité minéralogique : olivine altérée, clinopyroxènes, plagioclases très transformés.

L'accumulation de clinopyroxènes à la base, de plagioclases au sommet de la série du Roda est la marque d'une légère différenciation au sein de la chambre magmatique. La spilitisation est évidente ; elle semble due à un métamorphisme initial hydrothermal puis à un léger métamorphisme d'enfouissement.

Un choix rigoureux des diagrammes géochimiques utilisés a permis de montrer l'unicité chimique des laves. Le magma parental est tholéiitique.

* * *

BIBLIOGRAPHIE

- 1) ALBANDAKIS N. (1968). — Nuovi data Stratigrafici sulla regione di Locrida (Grecia). *Boll. Soc. Geol. Ital.*, vol. 87, p. 733-741.
- 2) BEBIEN J. *et al.* (1978). — Le volcanisme triasique des Dinarides en Yougoslavie : sa place dans l'évolution géotectonique péri-méditerranéenne. *Tectonophysics*, vol. 47, p. 159-176.
- 3) BESSON M., FONTEILLES M. (1974). — Relations entre les comportements contrastés de l'alumine et du fer dans la différenciation des séries tholéiitiques et calco-alkaline. *Bull. Soc. Fr. Minéral. Cristallog.*, vol. 97, p. 445.
- 4) BEUGNIES A. (1970). — Les courbes paramétriques de Niggli, un outil pour la pétrographie et la minéralogie des roches magmatiques. *Mém. et Pub. Soc. Sc., Arts, Lett. Hainaut*, vol. 83, p. 71-97
- 5) BROUSSE R. (1964). — Des oolithes volcaniques dans le massif du Mont-Dore. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), t. 6, p. 402-411.
- 6) CELET P. *et al.* (1980). — Tableau des principaux événements tectoniques, métamorphiques et magmatiques dans les Hellénides au cours du cycle alpin. *26^e Cong. Géol. Intern.*, Paris, vol. 5, p. 306-307.
- 7) CLEMENT B. et LAPIERRE H. (1980). — Coulées volcaniques dans le Paléozoïque supérieur des zones internes helléniques (Grèce continentale) ; environnement sédimentaire et caractérisation pétrographique. *Tectonophysics*, t. 70, p. 261-283.
- 8) CROSS W., IDDINGS J.P., PIRSSON L.V., WASHINGTON H.S. (1902). — A quantitative chemico-mineralogical classification and nomenclature of igneous rocks. *Journ. Geol.*, t. 10, p. 555-690.
- 9) DEER W.A., HOWIE R.A., ZUSSMAN J. (1963). — Rock-forming minerals. *Longmans-Green and C^o Ltd*, London.
- 10) DEGARDIN J.M. (1972). — Etude géologique de la région d'Atalanti (Locride, Grèce continentale). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCII, p. 213-220.
- 11) DE LA ROCHE H., LETERRIER J. (1973). — Transposition du tétraèdre de Yoder et Tilley dans un diagramme chimique de classification des roches basaltiques. *C.R. Ac. Sc.*, Paris, D, t. 276, p. 3114-3118.
- 12) FISHER R.V. (1960). — Classification of volcanic breccias. *Geol. Soc. Amer. Bull.*, t. 71, p. 973-982.
- 13) HESS H.H., POLDERVAART A. (1967). — *Basalts*. John Wiley and Sons, Ed., New-York.
- 14) IRVINE T.N., BARAGAR W.R.A. (1971). — A Guide to the Chemical Classification of the Common Volcanic Rocks. *Can. Journ. Earth. Sc.*, t. 8, p. 523-548.
- 15) JOHANNSEN A. (1932-1969). — A descriptive petrography of the igneous rocks. *Univ. Chicago Press*, Ed., Chicago.
- 16) LAPIERRE H. et ROCCI G. (1976). — Le volcanisme alcalin du Sud-Ouest de Chypre et le problème de l'ouverture des régions téthysiennes au Trias. *Tectonophysics*, vol. 30, p. 299-313.
- 17) MERCIER J. *et al.* (1976). — La néotectonique plio-quaternaire de l'arc égéen et ses relations avec la sismicité. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), t. 18, p. 355-372.
- 18) PHILIP H. (1974). — Etude néotectonique des rivages égéens en Locride et en Eubée nord-occidentale (Grèce). *Thèse 3^e cycle*, Montpellier, 78 p. (non publiée).
- 19) RITTMAN A. (1963). — Les volcans et leur activité. *Masson et C^{ie}*, Ed., Paris.
- 20) TERMIER G., VERRIEZ J.J. (1973). — Les Bivalves carniers d'Atalanti (Locride, Grèce). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCIII, p. 157-162.
- 21) VALLANCE T.G. (1969). — Spilites again : some consequences of the degradation of basalts. *Proc. Linn. Soc. N.S. Wales*, vol. 94, p. 8-50.
- 22) VALLANCE T.G. (1974). — Spilitic degradation of a tholeiitic basalt. *Journ. Petrol.*, vol. 15, p. 79-96.
- 23) VERRIEZ J.J. (1976). — Sur les formations volcaniques basiques d'Atalanti (Locride, Grèce). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), t. 18, p. 293-298
- 24) VERRIEZ J.J. (1980). — Contribution à l'étude géologique du volcanisme permotriasique d'Atalanti (Locride, Grèce). *Thèse de spécialité*, Lille, 188 p. (non publiée).
- 25) YODER H.S., TILLEY C.E. (1962). — Origin of basalt magmas : an experimental study of natural and synthetic rock system. *Journ. Petrol.*, vol. 3, p. 342-352.

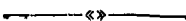


TABLE DES MATIÈRES

1980

TABLE DES MATIERES

Activité de la Société

- Elections pour le renouvellement du Conseil d'Administration, p. 11.
- Elections de nouveaux membres, p. 14, 59, 60, 158.
- Séances ordinaires de la Société : 9 janvier 1980, p. 11 ; 6 février 1980, p. 12 ; 5 mars 1980, p. 14 ; 2 avril 1980, p. 59 ; 7 mai 1980, p. 59 ; 4 juin 1980, p. 60 ; 5 novembre 1980, p. 109 ; 3 décembre 1980, p. 158.
- Assemblées générales extraordinaires : 9 janvier 1980, p. 11 ; 6 février 1980, p. 12 ; 26 novembre 1980, p. 157 ; 3 décembre 1980, p. 157.
- Excursion géologique : 15 juin 1980, p. 109.

Discours

- M. J. SOMMÉ, p. 12.
- M. J. LEPLAT, p. 13.

Stratigraphie et Tectonique

- F. THIEBAULT, P. DE WEVER, J.J. FLEURY et J.P. BASSOULET. — Précisions sur la série stratigraphique de la nappe du Pinde-Olonos de la presqu'île de Koroni (Péloponnèse méridional - Grèce) : l'âge des Radiolarites (Dogger - Crétacé supérieur), p. 91.
- P. BLANQUART. — Etude géologique préliminaire de la haute vallée de l'Esera (Province de Huesca, Espagne), p. 113.

Paléontologie - Palynologie - Micropaléontologie

- F. LETHIERS. — Distribution et variations de *Tchizhovaella regina* (Ostracoda) dans le Famennien de l'Ouest du Canada, p. 15.
- A.V. MUNAUT et E. GILOT. — Recherches palynologiques et datations ¹⁴C dans les régions côtières du Nord de la France. II. — L'Holocène de la Pointe-aux-Oies (Wimereux, Pas-de-Calais), p. 23.
- J. DEUNFF. — Observations préliminaires sur le paléophytoplancton de la coupe de Caffiers (Givétien-Frasnien du Boulonnais, France), p. 65.
- D. LAURENTIAUX et F. LAURENTIAUX-VIEIRA. — Nouveau Pachythylopside (Insecte Protorthoptère) du Westphalien inférieur belge, p. 83.

- J.M. DÉGARDIN. — La faune à Graptolites de type sarde : son extension stratigraphique et sa répartition paléogéographique, p. 119.
- D. BRICE. — Nouvelles observations sur les Orthida et les Rhynchonellida (Brachiopodes) du Frasnien de Ferques (Boulonnais), p. 139.
- D. BRICE, M. COEN, S. LOBOZIAK et M. STREEL. — Précisions biostratigraphiques relatives au Dévonien supérieur de Ferques (Boulonnais), p. 159.
- F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Mise en évidence d'un dimorphisme sexuel chez les Blattes *Dictyomylacris* du Stéphanien de Commentry (Allier), p. 175.

Sédimentologie

- P. BROQUET et N. BEUN. — La sédimentation holocène dans les Bas-Champs de Cayeux (Somme). Evolution des lignes de rivage et du réseau hydrographique, p. 31.
- H. CHAMLEY, E. COLOMB et M.R. ROUX. — Dépôts lacustres à argiles fibreuses dans le Miocène supérieur de la Basse-Durance (Sud-Est de la France), p. 43.
- H. CHAMLEY, M. DEYNOUX, C. ROBERT et B. SIMON. — La sédimentation argileuse du Précambrien terminal au Dévonien dans la région du Hodh (Bassin cratonique de Taoudeni, Sud-est mauritanien), p. 73.

Datation

- A.V. MUNAUT et E. GILOT. — Recherches palynologiques et datations ^{14}C dans les régions côtières du Nord de la France. II. — L'Holocène de la Pointe-aux-Oies (Wimereux, Pas-de-Calais), p. 23.

Hydrogéologie

- P. BROQUET et N. BEUN. — La sédimentation holocène dans les Bas-Champs de Cayeux (Somme). Evolution des lignes de rivage et du réseau hydrographique, p. 31.
- B. BOSCH, P. CAULIER, J. LEPLAT et A. TALBOT. — Un objectif géothermique : le Calcaire carbonifère sous le Bassin Houiller à l'Est de Saint-Amand-les-Eaux, p. 167.

Minéralogie

- G. COURTY. — Présence de berthiérine dans le minerai de fer llanvirnien d'Halouze (Orne), p. 61.

Métamorphisme

- A. BEUGNIES, G. CHAVEPEYER et M. MERCIER. — Sur le métamorphisme de la partie méridionale du Massif cambrien de Rocroi. Les zones à chloritoïde et à ilménite, p. 131.

Volcanisme

- J.J. VERRIEZ. — Étude du volcanisme ancien des zones internes helléniques : le volcan d'Atalanti, p. 183.

Précambrien

- H. CHAMLEY, M. DEYNOUX, C. ROBERT et B. SIMON. — La sédimentation argileuse du Précambrien terminal au Dévonien dans la région du Hodh (Bassin cratonique de Taoudeni, Sud-Est mauritanien), p. 73.

Terrains primaires

- F. LETHIERS. — Distribution et variations de *Tchi zhovaella regina* (Ostracoda) dans le Famennien de l'Ouest du Canada, p. 15.
- G. COURTY. — Présence de berthiérine dans le minerai de fer llanvirnien d'Halouze (Orne), p. 61.
- J. DEUNFF. — Observations préliminaires sur le paléophytoplancton de la coupe de Caffiers (Givétien-Frasnien du Boulonnais, France), p. 65.
- H. CHAMLEY, M. DEYNOUX, C. ROBERT et B. SIMON. — La sédimentation argileuse du Précambrien terminal au Dévonien dans la région du Hodh (Bassin cratonique de Taoudeni, Sud-Est mauritanien), p. 73.
- D. LAURENTIAUX et F. LAURENTIAUX-VIEIRA. — Nouveau Pachythylopside (Insecte Protorthoptère) du Westphalien inférieur belge, p. 83.
- P. BLANQUART. — Etude géologique préliminaire de la haute vallée de l'Esera (Province de Huesca, Espagne), p. 113.
- J.M. DÉGARDIN. — La faune à Graptolites de type sarde : son extension stratigraphique et sa répartition paléogéographique, p. 119.
- A. BEUGNIES, G. CHAVEPEYER et M. MERCIER. — Sur le métamorphisme de la partie méridionale du Massif cambrien de Rocroi. Les zones à chloritoïde et à ilménite, p. 131.
- D. BRICE. — Nouvelles observations sur les Orthida et les Rhynchonellida (Brachiopodes) du Frasnien de Ferques (Boulonnais), p. 139.
- D. BRICE, M. COEN, S. LOBOZIAK et M. STREEL. — Précisions biostratigraphiques relatives au Dévonien supérieur de Ferques (Boulonnais), p. 159.
- F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Mise en évidence d'un dimorphisme sexuel chez les Blattes *Dictyomylacris* du Stéphanien de Commentry (Allier), p. 175.

Terrains secondaires

- F. THIEBAULT, P. DE WEVER, J.J. FLEURY et J.P. BASSOULET. — Précisions sur la série stratigraphique de la nappe du Pinde-Olonos de la presqu'île de Koroni (Péloponnèse méridional - Grèce) : l'âge des Radiolarites (Dogger - Crétacé supérieur), p. 91.

Terrains tertiaires

- A.V. MUNAUT et E. GILOT. — Recherches palynologiques et datations ¹⁴C dans les régions côtières du Nord de la France. II. — L'Holocène de la Pointe-aux-Oies (Wimereux, Pas-de-Calais), p. 23.
- P. BROQUET et N. BEUN. — La sédimentation holocène dans les Bas-Champs de Cayeux (Somme). Evolution des lignes de rivage et du réseau hydrographique, p. 31.
- H. CHAMLEY, E. COLOMB et M.R. ROUX. — Dépôts lacustres à argiles fibreuses dans le Miocène supérieur de la Basse-Durance (Sud-Est de la France), p. 43.

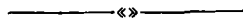


TABLE DES PLANCHES

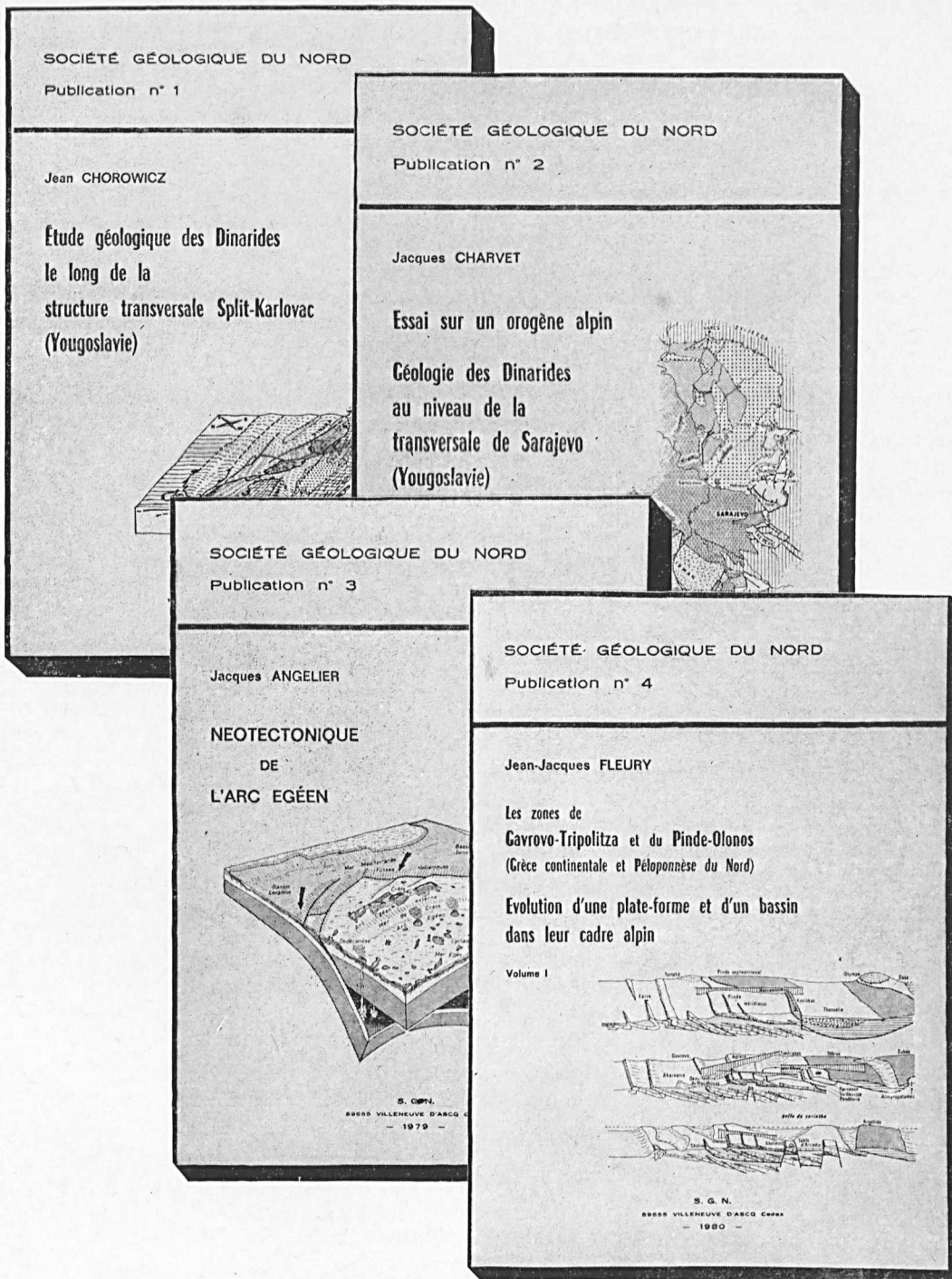
- Pl. I. — Variations de *Tchizhovaella regina* (note de F. LETHIERS, p. 22).
- Pl. II. — Minéraux argileux du Miocène de la Basse-Durance (note de H. CHAMLEY, E. COLOMB et M.R. ROUX, p. 56).
- Pl. III et IV. — Paléophytoplancton du Givétien-Frasnien du Boulonnais (note de J. DEUNFF, p. 72).
- Pl. V. — Minéraux argileux du Précambrien au Dévonien dans le Sud-Est mauritanien (note de H. CHAMLEY, M. DEYNOUX, C. ROBERT et B. SIMON, p. 82).
- Pl. VI et VII. — Orthida et Rhynchonellida du Frasnien du Boulonnais (note de D. BRICE, p. 154).

« »

TABLE ALPHABETIQUE DES AUTEURS

- J.P. BASSOULET. — Voir F. THIEBAULT *et al.*, p. 91.
- A. BEUGNIES, G. CHAVEPEYER et M. MERCIER. — Sur le métamorphisme de la partie méridionale du Massif cambrien de Rocroi. Les zones à chloritoïde et à ilménite, p. 131.
- N. BEUN. — Voir P. BROQUET et N. BEUN, p. 31.
- P. BLANQUART. — Etude géologique préliminaire de la haute vallée de l'Esera (Province de Huesca, Espagne), p. 113.
- B. BOSCH, P. CAULIER, J. LEPLAT et A. TALBOT. — Un objectif géothermique : le Calcaire carbonifère sous le Bassin Houiller à l'Est de Saint-Amand-les-Eaux, p. 167.
- D. BRICE. — Nouvelles observations sur les Orthida et les Rhynchonellida (Brachiopodes) du Frasnien de Ferques (Boulonnais), p. 139.
- D. BRICE, M. COEN, S. LOBOZIAK et M. STREEL. — Précisions biostratigraphiques relatives au Dévonien supérieur de Ferques (Boulonnais), p. 159.
- P. BROQUET et N. BEUN. — La sédimentation holocène dans les Bas-Champs de Cayeux (Somme). Evolution des lignes de rivage et du réseau hydrographique, p. 31.
- P. CAULIER. — Voir B. BOSCH *et al.*, p. 167.
- H. CHAMLEY, M. DEYNOUX, C. ROBERT et B. SIMON. — La sédimentation argileuse du Précambrien terminal au Dévonien dans la région du Hodh (Bassin cratonique de Taoudeni, Sud-Est mauritanien), p. 73.
- H. CHAMLEY, E. COLOMB et M.R. ROUX. — Dépôts lacustres à argiles fibreuses dans le Miocène supérieur de la Basse-Durance (Sud-Est de la France), p. 43.
- G. CHAVEPEYER. — Voir A. BEUGNIES *et al.*, p. 131.
- M. COEN. — Voir D. BRICE *et al.*, p. 159.
- E. COLOMB. — Voir H. CHAMLEY *et al.*, p. 43.
- G. COURTY. — Présence de berthiérine dans le minerai de fer llanvirnien d'Halouze (Orne), p. 61.
- J.M. DÉGARDIN. — La faune à Graptolites de type sarde : son extension stratigraphique et sa répartition paléogéographique, p. 119.
- J. DEUNFF. — Observations préliminaires sur le paléophytoplancton de la coupe de Caffiers (Givétien-Frasnien du Boulonnais, France), p. 65.
- P. DE WEVER. — Voir F. THIEBAULT *et al.*, p. 91.
- M. DEYNOUX. — Voir H. CHAMLEY *et al.*, p. 73.
- J.J. FLEURY. — Voir F. THIEBAULT *et al.*, p. 91.
- E. GILOT. — Voir A.V. MUNAUT et E. GILOT, p. 23.
- D. LAURENTIAUX et F. LAURENTIAUX-VIEIRA. — Nouveau Pachythylopside (Insecte Protorthoptère) du Westphalien inférieur belge, p. 83.
- D. LAURENTIAUX. — Voir F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX, p. 175.
- F. LAURENTIAUX. — Voir D. LAURENTIAUX et F. LAURENTIAUX-VIEIRA, p. 83.

- F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Mise en évidence d'un dimorphisme sexuel chez les Blattes *Dictyomyllacris* du Stéphanien de Commentry (Allier), p. 175.
- J. LEPLAT. — Voir B. BOSCH *et al.*, p. 167.
- F. LETHIERS. — Distribution et variations de *Tchizhovaella regina* (Ostracoda) dans le Famennien de l'Ouest du Canada, p. 15.
- S. LOBOZIAK. — Voir D. BRICE *et al.*, p. 159.
- M. MERCIER. — Voir A. BEUGNIES *et al.*, p.131.
- A.V. MUNAUT et E. GILOT. — Recherches palynologiques et datations ¹⁴C dans les régions côtières du Nord de la France. II. — L'Holocène de la Pointe-aux-Oies (Wimereux, Pas-de-Calais), p. 23.
- C. ROBERT. — Voir H. CHAMLEY *et al.*, p. 73.
- M.R. ROUX. — Voir H. CHAMLEY *et al.*, p. 43.
- B. SIMON. — Voir H. CHAMLEY *et al.*, p. 73.
- M. STREEL. — Voir D. BRICE *et al.*, p. 159.
- A. TALBOT. — Voir B. BOSCH *et al.*, p. 167.
- F. THIEBAULT, P. DE WEVER, J.J. FLEURY et J.P. BASSOULET. — Précisions sur la série stratigraphique de la nappe du Pindé-Olonos de la presqu'île de Koroni (Péloponnèse méridional - Grèce) : l'âge des Radiolarites - (Dogger - Crétacé supérieur), p. 91.
- J.J. VERRIEZ. — Etude du volcanisme ancien des zones internes helléniques : le volcan d'Atalanti, p. 183.



Ces fascicules sont en vente (*) au Siège de la Société Géologique du Nord,
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex

Publication n° 1. — J. Chorowicz	130,00 F.
Publication n° 2. — J. Charvet	150,00 F.
Publication n° 3. — J. Angelier	140,00 F.
Publication n° 4 (2 volumes). — J.J. Fleury	175,00 F.
Publication n° 5 (2 volumes). — M. Cousin	175,00 F.

(*) Les membres abonnés de la S.G.N. bénéficient d'une réduction de 20 % sur un exemplaire de chacune de ces publications.

Sont en vente au Siège de la Société :

MEMOIRES

Tome I , n° 1. - Ch. BARROIS, <i>Recherches sur le terrain crétacé 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.
Tome IV , n° 1. - J. GOSSELET, <i>Etudes sur les variations du Spirifer Verneuilli</i> , 1894, 63 p., 7 pl.	90,00 F.
Tome VI , n° 1. - 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, Ch. BARROIS, M. LERICHE, A. CREPIN, P. PRUVOST, G. DUBOIS, <i>Faune silurodévonienne de Liévin</i> , 1912-1920. (Fasc. 1 épuisé). 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.
Tome VII , n° 1. — P. BERTRAND, <i>Etude des Stipes d'Asterochloena laxa</i> Stenzel, 1911, 72 p., 6 pl.	102,00 F.
Tome VIII , n° 2. — Ed. LEROUX, <i>Le tunnel de l'Ave Maria. Observations géologiques et hydrologiques sur le plateau et la falaise au Sud de Boulogne-sur-Mer</i> , 1929, 50 p., 5 pl.	120,00 F.
Tome IX , n° 1. - G. DUBAR, <i>Etude sur le Lias des Pyrénées françaises</i> , 1925, 332 p., 7 pl.	432,00 F.
n° 2. - Dom Grégoire FOURNIER et P. PRUVOST, <i>Description des poissons élasmodontes du marbre noir de Denée</i> , 1926, 23 p., 6 pl.	96,00 F.
Tome X , n° 2. - J.W. LAVERDIERE, <i>Contribution à l'étude des terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales</i> , 1931, 132 p., 8 pl.	180,00 F.
Tome XII . — D. LE MAITRE, <i>Etude sur la Faune des Calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis</i> , 1934, 263 p., 18 pl.	336,00 F.
Tome XIII . — P. BRICHE, P. DANZE-CORSIN et J.P. LAVEINE, <i>Flore infraliasique du Boulonnais (Macro- et Microflore)</i> , 1963, 145 p., 11 pl.	252,00 F.
Tome XIV . — G. WATERLOT, <i>Les Gigantotrachés du Siluro-Dévonien de Liévin</i> , 1966, 23 p., 5 pl.	84,00 F.
Tome XV . — J. MANIA, <i>Gestion des Systèmes aquifères. Applications au Nord de la France</i> , 1978, 228 p.	180,00 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.

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.
<hr/>	
<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)

Série I. — Paysages du Nord de la France au cours des temps géologiques	30,00 F.
Série II. — Aperçu sur les microfaciès de la craie	30,00 F.
Série III. — Les Nannofossiles calcaires de la craie	30,00 F.
Série IV. — Pétrographie des Houilles	30,00 F.
Série V. — La flore houillère. 1° les plantes à feuilles de Fougères	30,00 F.
Série VI. — Les étapes de la Préhistoire	30,00 F.
Série VII. — Reconstitution de Vertébrés sans mâchoires (« Agnathes ») du Primaire	30,00 F.
Série VIII. — Le gisement paléolithique de Biache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais). - 1) Les fouilles et le cadre stratigraphique	35,00 F.
Série IX. — Le gisement paléolithique de Biache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais). - 2) Les vestiges humains, l'industrie lithique et la grande faune	35,00 F.

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.

SOMMAIRE

Tome C

1980

4^{me} trimestre

	pages
D. BRICE, M. COEN, S. ŁOBOZIAK et M. STREEL. Précisions biostratigraphiques relatives au Dévonien supérieur de Ferques (Boulonnais) ..	159
B. BOSCH, P. CAULIER, J. LEPLAT et A. TALBOT. Un objectif géothermique : Le Calcaire carbo- nifère sous le Bassin Houiller à l'Est de Saint- Amand-les-Eaux	167
F. LAURENTIAUX-VIEIRA et D. LAURENTIAUX. — Mise en évidence d'un dimorphisme sexuel chez les <u>Blattes</u> <i>Dictyomylacris</i> du Stéphaniens de Commeny (Allier)	175
J.J. VERRIEZ. — Etude du volcanisme ancien des zones internes helléniques : le volcan d'Atalanti	183

© 1981, 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)