

SOCIÉTÉ  
GÉOLOGIQUE  
DU  
NORD

---

ANNALES

Tome CI

1981

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

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD  
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

# SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

## Extraits des Statuts

### Article 2.

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

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

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

### Article 5.

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

## Extraits du Règlement Intérieur

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

§ 13. — Seuls les membres ayant acquitté leurs 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<sup>er</sup>-1-1981)

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

Abonnement des non-membres : FRANCE : 240,00 F H.T. — 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 H.T.  
Tomes LXXX à XCV (manque XCI) ..... 220,00 F H.T.  
Tomes XCVI et suivants ..... 240,00 F H.T.

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

(2) Les étudiants qui en font la demande annuelle peuvent, par décision du Conseil, bénéficier d'un tarif préférentiel sur l'abonnement (58,00 F).  
IRIS - LILLIAD - Université Lille 1

SOCIÉTÉ  
GÉOLOGIQUE  
DU  
NORD

---

ANNALES

Tome CI

1981

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

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD  
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1981 —

<i>Président</i> .....	M. J. LEPLAT
<i>Premier Vice-Président</i> .....	M. J. CHARVET
<i>Vice-Présidents</i> .....	M <sup>lle</sup> D. BRICE M. M. WATERLOT
<i>Secrétaire</i> .....	M. J.M. DÉGARDIN
<i>Secrétaire-Adjoint</i> .....	M. B. HOYEZ
<i>Directeur de la Publication</i> .	M <sup>me</sup> Paule CORSIN
<i>Trésorier</i> .....	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Archiviste-Bib'iothécaire</i> ....	M. J.L. MANSY
<i>Conseillers</i> .....	M. B. CLÉMENT J. CHALARD H. CHAMLEY M. J.M. CHARLET M. J. SOMMÉ M. P. CELET

COMITE DE LECTURE

— 1981 —

M<sup>me</sup> 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

**SEANCE ORDINAIRE DU 2 DECEMBRE 1981**

Présidence de M. J. LEPLAT, Président

---

Monsieur le Président ouvre la séance en faisant procéder à l'élection de nouveaux membres :

- M<sup>lle</sup> Sylvie CRASQUIN, étudiante 3<sup>e</sup> Cycle, Laboratoire de Paléobotanique, Université de Lille I, présentée par MM. F. Lethiers et J.L. Mansy.
- M<sup>lle</sup> Naïma HAMOUMI, étudiante 3<sup>e</sup> Cycle, Laboratoire d'Océanologie et de Géodynamique, Université de Brest, présentée par M<sup>me</sup> A. Pelhate et M. Cl. Babin.
- M<sup>me</sup> Claudine BERQUER-GABOREAU, étudiante 3<sup>e</sup> Cycle, Laboratoire de Géologie régionale, Université de Lille, présentée par MM. Ch. Delattre et J.L. Mansy
- M. Jean-François DECONINCK, étudiant 3<sup>e</sup> Cycle, Laboratoire de Sédimentologie-Géochimie, Université de Lille I, présenté par MM. J.M. Dégardin et H. Chamley.
- M. Henri DECOMMER, étudiant 3<sup>e</sup> Cycle, Laboratoire de Paléobotanique, Université de Lille I, présenté par MM. R. Coquel et S. Loboziak.
- M. Marc LEQUIN, étudiant 3<sup>e</sup> Cycle, Laboratoire de Géologie fondamentale, Université de Lille I, présenté par MM. M. Waterlot et J.M. Dégardin.
- M. Hugues ACCARIE, étudiant 2<sup>e</sup> Cycle, Université de Lille I, à 62230 Outreau, présenté par MM. J. Leplat et J.P. Colbeaux.
- M. Jacek REWERSKI, étudiant 3<sup>e</sup> Cycle, U.E.R. de Géographie, Université de Lille, présenté par M<sup>lle</sup> Y. Battiau et M. J.L. Mansy.
- M. Richard PLANTEVOET, Enseignant, 68. rue de la Fontaine, à Lauwin-Planque 59500 Douai, présenté par MM. J. Leplat et J.M. Dégardin.
- M. Pascal MICONNET, étudiant 3<sup>e</sup> Cycle, Laboratoire de Géologie dynamique, Université de Lille I, présenté par MM. P. Celet et B. Clément.
- M. Georges KATSIKATSOS, Institut Géologique, Chef du Service de la Carte de Grèce, présenté par MM. P. Celet et B. Clément.
- M. Eric PETIT, étudiant, 29. rue de Verdun, à Gruson 59125 Chérens, présenté par MM. J. Leplat et B. Clément.

**Communications orales**

- B. CLEMENT et G. KATSIKATSOS. — Etude géologique d'un secteur des zones internes des Hellénides : l'Attique septentrionale (Grèce continentale) (\*).
- J.C. ROHART. — *Phillipsastraeidae* (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). 2. - *Scruttonia boloniensis* (M.E. et H., 1851) (\*\*).
- F. AMEDRO et F. MAGNIEZ-JANNIN. — Corrélations lithologiques et biostratigraphiques (ammonites, foraminifères) dans l'Albien du Boulonnais (\*\*).

**Communications écrites**

- G. KATSIKATSOS, G. MIGIROS et M. VIDAKIS. — La structure géologique de la région de Thessalie orientale (Grèce).
- H. DECOMMER. — Etude palynoplantologique et cadre sédimentologique du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France.

---

(\*) Note parue dans le fascicule n° 2, tome CI.

(\*\*) Note parue dans le fascicule n° 3, tome CI.



## L'œuvre de Gérard WATERLOT

(1904-1982)

par Charles DELATTRE

Le 24 avril 1982, la Société Géologique du Nord perdait, en son Président d'Honneur Gérard Waterlot, un savant dont l'activité et la renommée scientifique demeureront celles d'un des géologues les plus marquants de sa génération. Professeur honoraire de l'Université des Sciences et Techniques de Lille, ancien Président de la Société

Géologique du Nord puis de la Société Géologique de France, il a contribué efficacement au développement de la science géologique à laquelle il s'est entièrement consacré au cours de sa longue carrière.

Gérard Waterlot est né à Pont-à-Vendin, petite cité minière du Pas-de-Calais, le 14 octobre 1904. Sa jeunesse fut fortement marquée par les jours sombres de la grande guerre de 1914-1918 et, confronté dès l'enfance aux difficultés, il aiguisa très tôt son caractère en apprenant à dominer les événements. D'une intelligence très vive et tournée vers l'effort, il envisage, sur les conseils de ses maîtres, une carrière d'enseignant : il entre dès 1921 à l'École Normale de Douai. Ses professeurs, qui décèlent en lui des dons remarquables, l'incitent à entreprendre des études supérieures à la Faculté des Sciences de Lille où il obtient tous les certificats composant la Licence ès Sciences Naturelles avec la mention Très Bien. Ces excellents résultats l'autorisaient alors à envisager une carrière de chercheur qui, on le comprend, aurait pu s'engager avec succès dans les différentes disciplines des Sciences Naturelles. Sa rencontre avec Charles Barrois et Pierre Pruvost fut à ce moment déterminante et c'est à la Géologie qu'il se consacra. En 1929, il entre à la Faculté des Sciences pour y remplir les fonctions d'Assistant. Sa carrière s'accomplira entièrement à l'Université de Lille où il franchira régulièrement les échelons de la hiérarchie de l'enseignement supérieur. Chargé d'enseignement à la Faculté des Sciences dès 1944, il est nommé Maître de Conférences en 1947 ; en 1950, avec le titre de Professeur, il accède à la chaire de Géologie Houillère et, en 1960, succédant à A. Duparque, il devient titulaire de la Chaire de Géologie et Minéralogie. Onze ans plus tard, en octobre 1971, il va quitter l'Université à laquelle il aura consacré plus de quarante années de sa vie, une Université qui vient de traverser une crise grave dont il redoute, à juste titre, certains bouleversements. La longue liste de ses travaux s'achèvera en cet automne 1971 et depuis cette époque, un état de santé précaire le tiendra éloigné de nos séances en nous privant de sa présence, de l'aide de sa remarquable érudition et des ressources de sa grande culture. Aujourd'hui, plus de dix années plus tard, nous rendons hommage à son œuvre de paléontologiste, de stratigraphe, d'hydrogéologue. Ce recul nous permet d'en apprécier la solidité, de mieux comprendre la valeur du patrimoine scientifique que nous a légué cet homme aux qualités exceptionnelles et de mieux apprécier combien est persistante la marque de ses efforts.

\*  
\*\*

Lorsqu'en 1929, Gérard Waterlot fut attaché comme Assistant au laboratoire de Géologie de Lille, d'importantes collections paléontologiques provenant de plusieurs gisements houillers français étaient rassemblées dans le Musée créé en 1907 par Charles Barrois et l'on assistait au développement croissant de la géologie houillère au sein d'un laboratoire lillois qui jouissait d'un grand renom. Par ailleurs, la direction des exploitations de la totalité du bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine avait été confiée, au lendemain

de la première guerre mondiale et jusqu'en 1935, à des ingénieurs français. C'est alors que les membres de l'école géologique lilloise, à l'instigation de Charles Barrois et de Pierre Pruvost, furent sollicités d'apporter aux exploitants l'aide précieuse de leur connaissance des problèmes de paléontologie et de stratigraphie houillères comme cela avait été pour le gisement carbonifère du Nord de la France. Dans cet ensemble de recherches où travaillèrent, chacun dans sa spécialité, Pierre Pruvost, Paul Bertrand et son continuateur Paul Corsin, Gérard Waterlot s'est vu confier l'étude d'une faune continentale fossile abondante et imparfaitement connue. Il mit alors tout son talent et son ardeur à l'accomplissement de cette tâche et, prenant les recherches de P. Pruvost comme modèle, il présente, dès 1934, un travail monumental sur cette question dans la collection dite des *Gîtes minéraux de la France*, publiée par le Ministère des Travaux publics. Parmi la centaine de formes fossiles appartenant aux groupes les plus divers, G. Waterlot fixe en particulier les affinités des Arthropleuridés qui appartiennent à un type plus archaïque encore que les Trilobites. Il donne de ces êtres une description détaillée et en dessine une reconstitution complète désormais classique. Ce travail constituait une part importante de l'œuvre accomplie sur le terrain houiller sarro-lorrain par la brillante équipe géologique de Lille couronnée, dès 1935, par l'Académie des Sciences qui lui accordait le prix Henry Wilde.

L'auteur n'était d'ailleurs pas aux prises pour la première fois avec un travail délicat de reconstitution précise et de classement des espèces fossiles. En effet, en 1931, il avait déjà publié des dessins et un diagramme expliquant la structure externe et l'organisation des plaques de *Scyphocrinus elegans* Zenker, Crinoïde connu déjà en Bohême mais retrouvé dans un très bon état de conservation dans les terrains du Silurien supérieur des Pyrénées orientales. Un an plus tard, en 1932, il s'intéressait à des Spongidés appelés *Receptaculites* qui forment la trame des calcaires d'âge dévonien exploités entre Trélon et Givet et que l'on retrouve un peu plus haut dans les schistes de la Famenne. L'examen de plaques minces et de surfaces polies lui permit de mettre en évidence la structure de ces organismes et de montrer qu'il s'agissait d'un groupe très primitif d'Hexactinellidés plus simple que l'Euplectelle actuelle mais d'un type comparable.

Au cours de cette même année 1932, reprenant l'étude des Productidés du Houiller, G. Waterlot démontre que les coquilles des espèces à ornements pustuleux ont une évolution rapide et, par conséquent, peuvent servir à situer un niveau avec précision et à suivre ce niveau à travers l'immense masse des terrains houillers en permettant même des corrélations d'un bassin à l'autre. Il faut signaler à ce sujet que, formé à l'école de Ch. Barrois et de P. Pruvost, G. Waterlot considérait avant tout la paléontologie comme un instrument précieux pour le stratigraphe et à l'instar de ses Maîtres, il s'est toujours préservé de la tendance qui consiste à pulvériser les espèces en submergeant les non spécialistes sous une pléthore de distinctions souvent tellement subtiles qu'elles deviennent inapplicables. Il aura fréquemment l'occasion de le rappeler lorsqu'il dirigera les travaux de ses élèves ou lors de ses interventions au cours de soutenances de thèses ou de diplômes. Son œuvre paléontologique demeurera pour cela un outil de choix pour les géologues. Il suffit, pour illustrer ceci, de rappeler l'important travail qu'en 1947 il consacrait aux Graptolites du terrain silurien du Maroc. Dans un volume de 112 pages illustré de 482 figures, ses déterminations et études systématiques accompagnées de tableaux permettront aux jeunes géologues des équipes marocaines et algériennes alors naissantes de se guider et de situer avec certitude les niveaux-repères dans le tracé des cartes géologiques. Ces études servent d'ailleurs encore de références aux stratigraphes spécialistes de l'Ordovicien et du Silurien.

Au cours de sa longue carrière de paléontologiste, G. Waterlot va aborder, toujours avec le même soin scrupuleux, l'étude de nombreuses faunes ; c'est à la Société Géologique du Nord qu'il confia ses derniers grands travaux dans ce domaine sous forme d'un mémoire consacré aux *Gigantotrachés du Siluro-Dévonien de Liévin* et publié en 1966.

La maîtrise de G. Waterlot dans le domaine de la paléontologie est démontrée par sa participation aux grands traités de Zoologie et de Paléontologie. Dans le *Traité de Zoologie* de P.P. Grassé, publié en 1949, les articles sur les Arthropleuridés et les Arachnides fossiles, celui sur les Graptolites portent sa signature. Il rédige également les chapitres consacrés aux Arthropleuridés, aux Mérostomes, aux Arachnides, aux Ptérobranches, aux Graptolites dans le célèbre *Traité de Paléontologie* publié en 1953 sous la direction de J. Piveteau.

\*  
\*\*

Dès son entrée dans la brillante équipe lilloise animée par Ch. Barrois et P. Pruvost, il se sentit attiré par le terrain et les études stratigraphiques. Sa thèse achevée, il va, et ce jusqu'à la fin de sa carrière, se passionner pour ces problèmes. Son apprentissage, il le fit, comme beaucoup de géologues lillois, aux

côtés de P. Pruvost qui l'emmena tout d'abord sur les routes de Bretagne où il participa au levé de la feuille de Saint-Brieuc. Puis, entreprise audacieuse, il va se lancer sur les traces du Maître Jules Gosselet et s'attaquer à un problème objet de discussion depuis près d'un siècle, celui de la structure du massif de Rocroi considéré alors comme l'un des plus difficiles à résoudre. Il effectue pour cela un travail d'analyse détaillée, progressant pas à pas sur un terrain disloqué, plissé, considéré à cette époque comme dépourvu de fossiles qui puissent servir de guide, mais où il réussit cependant à reconnaître et à définir la position des éléments principaux en utilisant comme repères les filons de roches éruptives. Il offrait enfin des solutions durables aux problèmes posés et élucidait la structure du massif de Rocroi. Les conclusions de cette analyse, présentées dans un magnifique mémoire paru en 1937 dans le *Bulletin de la Carte géologique de la France*, assurent immédiatement à son auteur une notoriété qui résistera à l'épreuve du temps. En quelques années, G. Waterlot avait démontré qu'il était capable d'aborder ou de résoudre les problèmes les plus variés des Sciences géologiques, mais l'enthousiasme et l'attrait qu'il avait éprouvés pour les études de stratigraphie et le levé des cartes géologiques allaient être déterminants. Ces dons de stratigraphe avisé, il allait en administrer bien d'autres preuves, notamment dans les travaux qu'il effectuera pour le Service de la Carte Géologique de la France, en Bretagne, où il collabora avec P. Pruvost, dans l'étude des terrains secondaires du bord septentrional du bassin d'Aquitaine, dans le Saumurois et le Poitou, dans la description des terrains quaternaires du Marais poitevin et dans le Paléozoïque de l'Ardenne. Cette activité inlassable déployée pour le Service de la Carte géologique lui vaut de figurer en 1947 parmi les collaborateurs principaux de ce service.

En 1938, à une époque où l'on admettait peu encore de se déplacer pour de longues missions à l'étranger, il accepte, par un ardent désir de connaissances et la volonté d'agrandir encore le champ déjà si vaste de ses recherches, de partir au Maroc pour y étudier les terrains siluriens. L'année suivante, il est chargé, par le Service des Mines de la région de Tunis, d'une mission de prospection géologique orientée vers la recherche de combustibles solides et son rapport d'étude sur les lignites du Cap Bon constituera une contribution importante à la connaissance de ces gisements. D'autres missions en Afrique du Nord lui furent d'ailleurs confiées par la suite en 1948 par la Société chérifienne des Pétroles dans la région de Rabat et de Tiflet.

\*

\*\*

En 1939, à trente-cinq ans, G. Waterlot avait déjà réuni et exploité une abondante moisson de faits lorsque la seconde guerre mondiale se déchaîne. Il participe, sous la direction de P. Pruvost, au service géologique aux armées dans la région du Nord puis la débâcle le conduit momentanément à Poitiers quelques mois plus tard tandis que les géologues allemands occupent le laboratoire de Lille. Il fallait cependant que ce laboratoire puisse survivre et toujours sous la direction de P. Pruvost, nommé alors Doyen de la Faculté des Sciences de Lille, G. Waterlot sera l'un de ceux qui vont entretenir la flamme au cours des années pénibles de l'occupation. Dans ce laboratoire démuné de tout moyen, alors qu'il n'était plus question de procéder à des campagnes de levés sur le terrain, il va poursuivre l'exploitation des nombreux documents accumulés quelques années plus tôt. Cette méditation allait déboucher sur une réussite remarquable dans le domaine de la géologie structurale. La longue et minutieuse analyse stratigraphique des séries paléozoïques ardennaises va aboutir à une représentation de l'évolution de l'Ardenne au cours des différentes phases des plissements calédoniens et hercyniens. Cette importante synthèse édiflée grâce à un faisceau de preuves harmonieusement utilisé va projeter une clarté remarquable sur l'enchaînement des faits. Publiée dès 1945 par la Société Géologique de France, cette reconstitution désormais classique sera évoquée régulièrement dans les travaux concernant le Paléozoïque ardennais. Elle servira de modèle pédagogique et figurera dans les traités de stratigraphie et de géologie régionale. G. Waterlot était, dès lors, considéré comme le spécialiste incontesté du Paléozoïque de l'Ardenne et du Nord de la France et il le demeura jusqu'à la fin de sa carrière.

\*

\*\*

A partir de 1942, G. Waterlot va encore élargir le champ de ses études et aborder un troisième domaine dans lequel il va acquérir, là aussi et très vite, une grande notoriété, celui de l'hydrogéologie. Il y vint par le biais de l'enseignement. C'est en effet en cette année 1942 que lui est confié le cours d'hydrogéologie générale et régionale privé momentanément de son titulaire. Il est même chargé officiellement des fonctions de Directeur du laboratoire d'hydrogéologie fondé par Louis Dollé. Il voit alors tout l'intérêt

que peut représenter pour notre région les études systématiques des ressources aquifères ; il estime que l'Université peut collaborer efficacement avec les techniciens de l'eau à qui il offre ses services très vite appréciés puis fréquemment sollicités. Après la fin des hostilités, il est nécessaire de prévoir de nouveaux équipements et il sera chargé, par le Service de la Carte géologique de la France, de la direction des enquêtes géologiques officielles sur les projets d'adduction d'eau potable des nombreuses communes du Nord de la France. Les multiples observations effectuées à ce sujet lui permettront d'acquérir une expérience incontestée dans le domaine de l'eau et elles feront l'objet de communications importantes comme celle relative aux ressources hydrogéologiques de la région du Nord de la France ou celle sur le chimisme des eaux du calcaire carbonifère de Lille-Roubaix-Tourcoing ou celle encore concernant l'abaissement de la pluviométrie dans la région de Lille. Il effectuera pour le Bureau de Recherches Géologiques et Minières à Paris, en collaboration avec son personnel à la formation duquel il a grandement contribué, de très nombreuses études. Les archives de cet organisme recèlent, de 1952 à 1964, soixante-cinq rapports à l'élaboration desquels G. Waterlot a participé.

Si à l'heure actuelle on possède une bonne connaissance de la répartition des ressources aquifères et des qualités des eaux du Nord de la France, connaissance indispensable au développement de notre région, le point de départ en est le patient archivage et le travail inlassable effectué par G. Waterlot.

\*  
\*\*

De cette expérience, de ce savoir, G. Waterlot a su faire profiter, avec un talent exceptionnel, ses jeunes disciples et, au cours de sa vie universitaire, pendant près d'un demi-siècle, il s'est voué sans restriction à sa mission d'enseignant qu'il considérait à juste titre comme le complément de celle de chercheur, voulant communiquer à ses élèves son enthousiasme et sa satisfaction de la découverte et de la connaissance scientifique. Il sera amené, en raison des circonstances, à participer aux enseignements les plus divers concernant les Sciences de la Terre, Minéralogie, Pétrographie, Géographie physique, Paléontologie, mais c'est sans doute au cours de Stratigraphie, discipline alors à l'honneur, largement enseignée et qu'il professait depuis 1950, date du départ de P. Pruvost pour la Sorbonne, qu'il attachait, avec une sorte de passion, le plus d'importance. Son enseignement précis et lumineux tant en salle que sur le terrain était particulièrement apprécié des étudiants. Il avait la volonté d'intéresser son auditoire sans rechercher les artifices ou le langage précieux et parfois hermétique de certains conférenciers. Il savait, dans un faisceau d'observations, saisir le fait essentiel qui frappe l'esprit et la mémoire et parfois rehausser le récit par des anecdotes pleines d'humour. Ce sens de la pédagogie ne s'exerçait pas uniquement dans les limites strictes des horaires d'enseignement ; il accueillait toujours avec une grande courtoisie les étudiants, les écoutait avec patience, les guidait et les encourageait tout au long de leurs études en leur offrant ce qu'il y avait de plus précieux en sa pédagogie, l'exemple de son enthousiasme et de sa foi en la Science.

\*  
\*\*

La renommée de G. Waterlot, chercheur et enseignant, était grande dans les milieux scientifiques et universitaires. Ses mérites ont été reconnus et sanctionnés tout au long de sa carrière par des récompenses enviées, comme le Prix Henry Wilde de l'Académie des Sciences en 1935, le Prix Gosselet de la Société des Sciences de Lille en 1937, et le Prix Kuhlmann de la même Société en 1953, le Prix Gosselet de la Société Géologique de France en 1955. Chevalier du Mérite Agricole depuis 1957, il devenait Officier dans l'Ordre National du Mérite en 1968 et Commandeur dans l'Ordre des Palmes Académiques en 1970.

En France, l'hommage de ses pairs le porta à la Vice-Présidence de la Société Géologique de France en 1949 puis à la Présidence en 1959. La Société Géologique du Nord qui l'avait élu Président en 1951 en fit, en 1970, son Président d'Honneur et, en 1963, la Société Géologique de Belgique l'éluait membre correspondant.

Gérard Waterlot, maintenant disparu, laisse le souvenir d'un homme intelligent, cultivé, travailleur infatigable, enseignant et scientifique exemplaire. Il nous lègue les fruits d'une vie entièrement vouée à la Science : c'est-à-dire une œuvre vaste dépourvue des artifices menant à une gloire éphémère mais riche des résultats durables d'un labeur fécond et qui demeurera un modèle pour les chercheurs épris de connaissance et de vérité.

## LISTE DES TRAVAUX ET PUBLICATIONS

de Gérard WATERLOT

---

1931

- 1) Description d'un *Scyphocrinus elegans* Zenker, Crinoïde du Silurien supérieur des Pyrénées orientales. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LVI, p. 49-62, Pl. VI.
- 2) Observations sur la position des calcaires à *Scyphocrinus elegans* Zenker des Pyrénées orientales. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LVI, p. 174-180.
- 3) Analyse de la thèse de Doctorat de H. Besairie : "Recherches géologiques à Madagascar. Contribution à l'étude des ressources minérales". *Revue de l'Industrie minière*, n° 253, p. 226-227.

1932

- 4) Structure et position systématique du *Receptaculites neptuni* DeFrance. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LVII, p. 2-21, Pl. I.
- 5) Les *Productus* du Terrain houiller du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LVII, p. 145-176, Pl. II à IV.

1934

- 6) Etude de la Faune continentale du Terrain houiller sarro-lorrain (Thèse de Doctorat). *Gîtes minéraux de la France* : Bassin houiller de la Sarre et de la Lorraine, t. II, Faune fossile, 320 p., 25 pl.
- 7) Paléozoologie du Bassin de la Sarre. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LIX, p. 201-213.

1935

- 8) A propos des *Arthropleura* du Terrain houiller de la Sarre et de la Lorraine. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LX, p. 17-19.
- 9) Sur la tectonique du bord Nord-Est du Marais poitevin. *C.R. Ac. Sc.*, t. 201, n° 27, p. 1495-1497.

1936

- 10) Les constituants de la houille comparés aux végétaux actuels. *Bull. Assoc. amicale des anc. élèves de l'École des Mines de Douai*, 28<sup>e</sup> année, n° des 25 Janv. et 10 Fév. 1936, p. 161-180 et 188-209.

- 11) Plis et dislocations du Jurassique sur la bordure Nord-Est du Marais poitevin. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXI, p. 2-27, 1 carte géol.
- 12) Observations sur les grès d'Erquy et du Cap Fréhel (en collaboration avec P. Pruvost). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXI, p. 156-186.

1937

- 13) Structure du Massif cambrien de Rocroi. *C.R. Ac. Sc.*, t. 204, n° 2, p. 139-141.
- 14) Sur l'âge des plis et accidents du Massif cambrien de Rocroi. *C.R. Ac. Sc.*, t. 204, n° 4, p. 281-283.
- 15) Sur le Gothlandien du Haut-Atlas à l'Est de Marrakech (en collaboration avec E. Roch). *C.R. Ac. Sc.*, t. 205, n° 15, p. 620-621.
- 16) Sur la stratigraphie et la tectonique du Massif cambrien de Rocroi. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, n° 195, t. 39, p. 77-131. 2 pl.

1938

- 17) Sur la structure et l'origine du Marais poitevin. *C.R. Ac. Sc.*, t. 206, n° 14, p. 1130-1132.
- 18) Structure du Briovérien (feuille de Saint-Brieuc au 80.000<sup>e</sup>). (en collaboration avec Ch. Barrois et P. Pruvost). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1937, t. 39, n° 197, p. 6-10.
- 19) Jurassique et Quaternaire de la feuille de Fontenay-le-Comte. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. Collab. pour 1937, t. 39, n° 197, p. 31-33.
- 20) Tectonique du Marais poitevin. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXIII, p. 16-38, 2 cartes.
- 21) Affaissement et comblement du Marais poitevin. *71<sup>e</sup> congrès Soc. savantes à Nice*, Section des Sciences, p. 221-225.
- 22) Les cordons littoraux du Marais poitevin. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXIII, p. 51-55.
- 23) *Feuille de Givet* (n° 15), 2<sup>e</sup> édition 1938 de la *Carte géologique détaillée de la France* au 80.000<sup>e</sup>, pour les terrains cambriens, avec la notice descriptive correspondante. Feuille distribuée en Mars 1939.

1939

- 24) *Feuille de Fontenay-le-Comte*, 2<sup>e</sup> édition 1939 de la *Carte géologique détaillée de la France* au 80.000<sup>e</sup>. pour les terrains secondaires et quaternaires, avec notice descriptive correspondante. Feuille distribuée en Janvier 1940.
- 25) Les parcours des bandes de phanite graphiteux dans la région briovérienne de Binic (feuille de Saint-Brieuc au 80 000<sup>e</sup>). (en collaboration avec Ch. Barrois et P. Pruvost). *Bull. Serv. Carte géol. France*, C.R. des Collab. pour 1938, t. 40, n° 199, p. 41-47.
- 26) Rapport d'études sur les lignites du Cap-Bon (Tunisie du Nord), remis au *Service des Mines de la Régence de Tunis*, à la suite d'une mission de recherches effectuée en Février et Mars 1939; 11 pages, 9 coupes géologiques, une carte géologique au 20.000<sup>e</sup>.
- 27) Rapport d'études sur le Djebel-el-Haïrech (région de Souk-el-Arba, Tunisie) remis au *Service des Mines de la Régence de Tunis*, à la suite d'une mission de recherches de combustibles solides, effectuée en Avril 1939; 10 pages. 7 figures, une carte géologique au 20.000<sup>e</sup>.

1940

- 23) Structure du flanc septentrional du Bassin de Château-lin, au Sud de Quintin (feuille de Saint-Brieuc au 80 000<sup>e</sup>). (en collaboration avec P. Pruvost). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1939, t. 42, n° 203, p. 35-42.
- 29) Esquisse géologique sur la feuille de Fontenay-le-Comte (en collaboration avec G. Mathieu). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1939, t. 42, n° 203, p. 49-75.
- 30) Feuille de Nantes au 320.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique de la France*: partie Est de la feuille, pour les terrains secondaires et tertiaires. Feuille parue en 1940.

1941

- 31) Sur les directions de plissement affectant la bordure septentrionale du Bassin d'Aquitaine. *C.R. Ac. Sc.*, t. 212, p. 278-281.
- 32) Le Tarannon au Sud du Djebel Bani (Maroc) *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, p. 63-64.
- 33) Les niveaux stratigraphiques des phanites à Graptolites du Maroc. *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.* p. 77-79.

1942

- 34) L'anticlinal du Loudunais aux environs de Montreuil-Bellay (feuille de Saumur au 80.000<sup>e</sup>). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1941, t. 43, n° 211, p. 61-82, Pl. I.

- 35) *Feuille de Saint-Brieuc*, 2<sup>e</sup> édition 1942 de la *Carte géologique détaillée de la France*, au 80 000<sup>e</sup> avec notice explicative correspondante (en collaboration avec P. Pruvost).

1943

- 36) Résultats stratigraphiques et hydrogéologiques des forages du Pont de Lavaud, près de La Couture (Vendée) (feuille de Fontenay-le-Comte au 80.000<sup>e</sup>) (en collaboration avec G. Mathieu). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour la campagne 1942, t. 44, n° 212, p. 167-178.
- 37) Le Bassin carbonifère de Morlaix (feuille de Brest-Lorient au 320 000<sup>e</sup>) (en collaboration avec P. Pruvost et P. Comte). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1942, t. 44, n° 212, p. 63-74.
- 38) Observations géologiques aux environs de Thouars et de Loudun (feuille de Saumur au 80 000<sup>e</sup>). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1942, t. 44, n° 212, p. 113-118.

1944

- 39) *Feuille de Brest-Lorient* au 320.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique de la France* (en collaboration avec P. Pruvost et P. Comte). Feuille parue en 1944.
- 40) Sur l'extension au Pays Basque de la grande faune graptolitique de Sardaigne. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1943, t. 55, n° 216, p. 255-254.

1945

- 41) Les Graptolites du Maroc. 1<sup>re</sup> partie: Généralités sur les Graptolites. *Notes et Mémoires* n° 63 du *Service géologique du Maroc*, 112 p., 50 tableaux.
- 42) L'évolution de l'Ardenne au cours des diverses phases des plissements calédoniens et hercyniens. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 5<sup>e</sup> série, t. 15, p. 3-44.
- 43) *Feuille de Rethel* au 80.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique de la France*, 2<sup>e</sup> édit. (pour les terrains primaires de la feuille).
- 44) Hydrogéologie de la région Sud-Est de Valenciennes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXV, p. 65-73.
- 45) Résultats géologiques et hydrogéologiques des puits et forages communaux de Le Quesnoy (Nord). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXV, p. 137-146.

1946

- 46) Les formations tertiaires continentales (meulière et sidérolithique) de la région d'Airvault (Deux-Sèvres). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXVI, p. 171-179.

- 47) Les éponges réticulées des Psammites du Condroz (Famennien supérieur). Description de deux espèces nouvelles. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXVI, p. 271-305, Pl. V à VIII.
- 48) Présentation de la deuxième édition de la feuille de Mézières au 320.000°. *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1944 et 1945, t. 46, n° 221, p. 1-10.

1947

- 49) L'anticlinal d'Eteignières et ses rapports avec la région de Rimogne (Massif Cambrien de Rocroi). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXVII, p. 87-107.
- 50) Le Massif Cambrien de Rocroi et l'hypothèse du charriage. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXVII, p. 107-125.
- 51) Découverte de deux fragments de patte-mâchoire d'*Arthropleura* (Archéocrustacé) du terrain houiller sarro-lorrain. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXVII, p. 183-195, Pl. VI.

1948

- 52) Sur la présence d'un noyau anticlinal devillien près de Neuve-Forge, dans le Massif Cambrien de Rocroi. *C.R. Ac. Sc.*, t. 226, n° 4, p. 349-350.
- 53) La faune graptolitique spéciale à la mésogée occidentale. *C.R. Ac. Sc.*, t. 226, n° 8, p. 681-683.
- 54) Les Graptolites. *Traité de Zoologie* publié sous la direction de P.P. Grassé. Masson et C<sup>ie</sup> édit., t. XI, p. 500-510.
- 55) Le Cambrien du Massif de Rocroi dans le secteur de Bourg-Fidèle, les Mazures et Rimogne (feuilles de Rocroi et de Renwez au 50.000°). *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1946 et 1947, t. 47, n° 225, p. 19-24, 1 fig.
- 56) Le fossé d'effondrement de Saint-Pierre-de-Maillé (Vienne) (feuille de Châtelleraut au 80.000°). (en collaboration avec G. Lecointre). *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1946 et 1947, t. 47, n° 225, p. 93-95, 3 fig.
- 57) A propos d'affaissements actuels du sol: quelques précisions dans la vallée de la Haine française. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXVIII, p. 2-12.
- 58) Le Turonien et le Cénomaniens dans quelques forages de la région d'Etrœungt, La Capelle. Le Nouvion et Landrecies (Nord). Hydrogéologie (en collaboration avec F. Joly). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXVIII, p. 76-89.
- 59) Rapport d'études géologiques sur la région de Tiffet (Maroc) remis à la *Société Chérifienne des Pétroles*, à la suite d'une mission effectuée en Septembre-Octobre 1948.

1949

- 60) Les Arthropleuridés. *Traité de Zoologie* publié sous la direction de P.P. Grassé. Masson et C<sup>ie</sup> éditeurs, t. VI, p. 211-216.
- 61) Les Arachnides fossiles. *Traité de Zoologie* publié sous la direction de P.P. Grassé. Masson et C<sup>ie</sup> éditeurs, t. VI, p. 893-905.
- 62) Révision de la notice explicative de la feuille de Brest au 80.000° de la *Carte géologique détaillée de la France*, 2<sup>e</sup> édition dont les levés sont dus à Ch. Barrois.
- 63) Révision de la notice explicative de la feuille de Quimper au 80.000° de la *Carte géologique détaillée de la France*, 2<sup>e</sup> édition dont les levés sont dus à Ch. Barrois.
- 64) Révision de la notice explicative de la feuille de Vannes au 80.000° de la *Carte géologique détaillée de la France*, 2<sup>e</sup> édition dont les levés sont dus à Ch. Barrois.
- 65) Révision de la notice explicative de la feuille de Châteaulin au 80.000° de la *Carte géologique détaillée de la France*, 2<sup>e</sup> édition dont les levés sont dus à Ch. Barrois.
- 66) Révision de la notice explicative de la feuille de Saint-Nazaire au 80.000° de la *Carte géologique détaillée de la France*, 2<sup>e</sup> édition dont les levés sont dus à Ch. Barrois.
- 67) Rapport au Bureau des Recherches Géologiques et Géophysiques (B.R.G.G.) à Paris (n° K 32 de ce service) sur " L'étude géologique du canal d'amenée d'eau depuis le barrage de la Vicille-Forge jusqu'à l'Usine de Witaker de l'Electricité de France. Région de Bourg-Fidèle et les Mazures (Ardennes) ", avec une carte au 50.000°.
- 68) Rapport à la Société d'Etudes et d'Explorations Minières (S.E.T.E.M.) à Paris sur " L'étude géologique du Bassin de La Prugne-Charrier (Allier) ", avec 2 cartes géologiques.
- 69) Les alluvions de la Meuse et leur substratum dans l'Île-à-Bord et les environs immédiats (commune de Chooz, Ardennes). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXIX, p. 198-206.
- 70) Résultats géologiques et hydrogéologiques du forage de Warcove, commune d'Audembert (Pas-de-Calais). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXIX, p. 278-282.
- 71) Sur l'abaissement de la pluviométrie à Lille dans ses rapports avec les nappes aquifères, au cours du dernier quart de siècle. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXIX, p. 351-355.

1950

- 72) La brèche de la Fouillouse (Stéphanien inférieur) à Saint-Martin-en-Coailleux (Loire) (en collaboration avec P. Pruvost et A. Bonte). *C.R. somm. Soc. Géol. Fr.*, p. 25-26.
- 73) Etude sur l'abaissement de la pluviométrie dans la région de Lille-Douai et sur ses rapports avec les nappes aquifères au cours du dernier quart de siècle. *Le Génie Rural*, Revue mensuelle d'Agriculture, 43<sup>e</sup> année, n° 6, p. 221-223.

- 74) *Feuille de Saumur*, 2<sup>e</sup> édition de la *Carte géologique détaillée de la France* au 80.000<sup>e</sup>, pour les terrains jurassiques et quaternaires, avec notice explicative.
- 75) Rapport sur "Les ressources en eau souterraine du Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais", remis aux Houillères du Bassin du Nord et du P.-de-C.
- 76) Effets des plissements anté-cénomaniens dans le Jurassique de La Rochelle (feuille de La Rochelle au 80.000<sup>e</sup>). *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1949, t. 48, n° 231, p. 91-97.
- 77) L'évolution du chimisme des eaux du calcaire carbonifère de Lille-Roubaix-Tourcoing et régions limitrophes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXX, p. 79-109.
- 78) Nouveaux Dictyospongiés dans les Psammites fameniens de Bouisgnies-sur-Roc. près de Cousolre (Nord). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXX, p. 155-159.

1951

- 75) La géologie de l'ardoise du massif ancien ardennais (Cambrien de Rocroi). *La Grive*, revue ardennaise, n° 69, 23<sup>e</sup> année, supplément, p. 1-7.
- 80) Les ressources hydrogéologiques de la région du Nord de la France. *Bull. anc. élèves Ecole de Brasserie de Nancy*, n° 8, p. 180-191.
- 81) Le Dévonien rencontré par forage à Lomme (Nord). Stratigraphie du Dévonien supérieur du sous-sol de Lille, d'après les forages de Lille, Lomme et Haubourdin (en collaboration avec C. Chartiez). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXI, p. 124-128.
- 82) Observations géologiques dans le secteur de Montalembert (feuille de La Rochelle au 320.000<sup>e</sup> et de Saint-Jean-d'Angély au 80.000<sup>e</sup>) (en collaboration avec J. Polvéche). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1950, t. 49, n° 232, p. 109-116.

1952

- 83) Livret-guide de l'excursion géologique inter-universitaire (21 au 28 sept. 1952) dans le Boulonnais et l'Ardenne, Faculté des Sciences de Lille.
- 84) Un aven fossile sous revêtement crétacé dans le calcaire carbonifère du Nouvion-en-Thiérache (Aisne). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXII, p. 3-13.
- 85) Phénomènes périglaciaires dans le Nord de la France : un exemple de craie solifluée dans la vallée de la Sensée. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXII, p. 136-139.
- 86) Observations sur les divisions du Jurassique supérieur, le Sidérolithique et la presle quaternaire du quart NE de la feuille de La Rochelle au 80.000<sup>e</sup> (en collaboration avec J. Polvéche). *Bull. Serv. Carte Géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1951, t. 50, n° 277, p. 117-124.

1953

- 87) *Feuille de Châtelleraut*, 2<sup>e</sup> édition de la *Carte géologique détaillée de la France*, au 80.000<sup>e</sup>, pour les terrains jurassiques, avec notice explicative.

- 88) *Feuille de Mézières*, 2<sup>e</sup> édition de la *Carte géologique de la France* au 320.000<sup>e</sup>, avec le concours de M<sup>me</sup> Basse de Ménorval pour le Grand-Duché du Luxembourg.
- 89) L'influence des plissements post-jurassiques en Aunis, (en collaboration avec J. Polvéche). *C.R. Ac. Sc.*, t. 236, n° 7, p. 726-728.
- 90) Généralités sur les Arthropodes. *Traité de Paléontologie*, publié sous la direction de J. Piveteau, Masson et C<sup>ie</sup> édit., Paris, t. 3, p. 11-24.
- 91) Les Arthropleuridés. *Traité de Paléontologie*, publié sous la direction de J. Piveteau, Masson et C<sup>ie</sup> édit., Paris, t. 3, p. 247-254.
- 92) Les Mérostomes. *Traité de Paléontologie*, publié sous la direction de J. Piveteau, Masson et C<sup>ie</sup> édit., Paris, t. 3, p. 529-554.
- 93) Les Arachnides. *Traité de Paléontologie*, publié sous la direction de J. Piveteau, Masson et C<sup>ie</sup> édit., Paris, t. 3, p. 555-584.
- 94) Les Ptéroranches. *Traité de Paléontologie*, publié sous la direction de J. Piveteau, Masson et C<sup>ie</sup> édit., Paris, t. 3, p. 963-967.
- 95) Les Graptolites. *Traité de Paléontologie*, publié sous la direction de J. Piveteau, Masson et C<sup>ie</sup> édit., Paris, t. 3, p. 968-997.
- 96) Sur la terminaison occidentale des bandes devilliennes du Massif cambrien de Rocroi. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXIII, p. 56-70.
- 97) Structure géologique de l'Aunis (feuille de La Rochelle au 80.000<sup>e</sup>) (en collaboration avec J. Polvéche). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1952, t. 51, n° 239, p. 59-105.

1954

- 98) Les terrains crétacés sous recouvrement tertiaire dans les environs de Vieux-Reng. Boussois et La Longueville (feuille de Maubeuge au 50.000<sup>e</sup>). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1953, t. 52, n° 241, p. 1-10.
- 99) Sur l'importance de la masse de craie solifluée dans la vallée de la Sensée. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXIV, p. 160.

1955

- 100) Les relations entre les zones d'anomalies magnétiques positives et les émissions magmatiques dans le Massif cambrien de Rocroi. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXV, p. 16-22.
- 101) La position des sills de roches éruptives et des roches métamorphiques du Massif cambrien de Rocroi comparée aux zones d'anomalies magnétiques positives et aux anomalies de Bouguer. 80<sup>e</sup> Congrès national des Sociétés savantes, Lille, p. 103-108.
- 102) Remarque sur les phénomènes accompagnant les échanges de bases dans le réseau aquifère captif du calcaire carbonifère à Cobrieux (Nord). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXV, p. 173-181.

1956

- 103) Le Cambrien de l'Ardenne. 20<sup>e</sup> Congrès géol. intern., Mexico, t. 1, p. 161-183.
- 104) *Lexique stratigraphique international*: direction de la rédaction du Vol. 1, Europe, fasc. 4 a 1, Antécambrien. Paléozoïque inférieur et rédaction personnelle de 87 articles sur divers étages et assises. *Publication du C.N.R.S.*, Paris.
- 105) Révision de la *Feuille de Morlaix* au 80.000<sup>e</sup>. Région de Callac (Côtes-du-Nord), (en collaboration avec Ch. Delattre et P. Pruvost). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1955, t. 54, n<sup>o</sup> 250, p. 55-61.

1957

- 106) Les ressources hydrogéologiques du Nord de la France. *Le Monde Industriel* (Soc. indust. du N de la France, Lille), 83<sup>e</sup> année, n<sup>o</sup> 532, p. 5-27.
- 107) Le compartiment affaissé du Mirebalais. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 6<sup>e</sup> Série, t. VII, p. 215-220.
- 108) Le toit des sables landéniens en Flandre dans la région comprise entre Saint-Omer et Lille. Remarques sur la nature des sables et leur hydrologie. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXVII, p. 74-82, Pl. V.
- 109) Le nouveau forage effectué à l'Etablissement thermal de Saint-Amand-les-Eaux (Nord) en 1954 (en collaboration avec G. Minoux et J. Ricour). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXVII, p. 219-235, Pl. XVI.
- 110) Briovérien et Dévonien au sud de Belle-Isle-en-Terre (feuille de Morlaix au 80.000<sup>e</sup>), (en collaboration avec Ch. Delattre et P. Pruvost). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1956, t. 55, n<sup>o</sup> 252, fasc. A, p. 9-14.

1958

- 111) *Feuille de La Rochelle* au 80.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France*, 2<sup>e</sup> édition, avec notice explicative correspondante (en collaboration avec J. Polvéche).
- 112) *Feuille de Saint-Omer* au 80.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France*, 3<sup>e</sup> édition, avec notice explicative.
- 113) Variation du niveau des nappes aquifères du Nord de la France (en collaboration avec E. Leroux et J. Ricour). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 6<sup>e</sup> Série, t. VIII, p. 191-206.
- 114) Remarques sur les variations du chimisme des eaux profondes de la craie. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXVIII, p. 234-243.
- 115) Le Dévonien de la région de Saint-Michel-en-Grève (feuille de Lannion au 80.000<sup>e</sup>) (en collaboration avec Ch. Delattre et P. Pruvost). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1957, t. 56, n<sup>o</sup> 255, p. 49-53.
- 116) Le Dévonien de la région de Scignac (feuille de Morlaix au 80.000<sup>e</sup>) (en collaboration avec Ch. Delattre). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1957, t. 56, n<sup>o</sup> 255, p. 55-60.

- 117) Extension de l'étage devillien au N d'Hirson (feuille d'Hirson au 50.000<sup>e</sup>) (en collaboration avec Ch. Delattre). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1958, t. 56, n<sup>o</sup> 257, p. 13-17.
- 118) Les formations rouges et vertes de Bréhec et Plourivo (feuille de Tréguier au 80.000<sup>e</sup>) (en collaboration avec Ch. Delattre). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1958, t. 56, n<sup>o</sup> 257, p. 53-62.
- 119) Observations sur les nappes aquifères de la craie du Nord de la France. *Assoc. Internat. des Hydrogéologues* (Congrès géol. intern., Liège, 1958). Mémoire, t. 2, p. 129-134.

1959

- 120) *Feuille de Bressuire* au 80.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France*, 2<sup>e</sup> édition (moitié Est de la feuille, pour les terrains secondaires et tertiaires, avec notice explicative).
- 121) Sur la présence d'un galet de schiste à Dichograptidé (*Tetragraptus*) dans les alluvions de la Meuse, à Mézières (Ardennes) et sur la possibilité de l'appartenance du Massif de Givonne à l'Ordovicien inférieur. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXIX, p. 6-13, Pl. I.
- 122) Sur l'âge des formations de Bréhec et Plourivo (en collaboration avec Ch. Delattre). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXIX, p. 23-28.
- 123) Sur la présence de *Pterygotus* sp. dans l'arkose d'Haybes, à Fépin (Gédinnien inférieur de l'Ardenne). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXIX, p. 87-88.
- 124) Allocution de début de mandat de Président de la Société Géologique de France. *C.R. somm. Soc. Géol. France*, fasc. 1, p. 5-6.
- 125) Rapport moral sur l'activité de la Société Géologique de France au cours de l'année 1959. *C.R. somm. Soc. Géol. France*, fasc. 6, p. 125-126.
- 126) *Feuille de Renwez* au 50.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France*, pour les terrains primaires de la feuille.
- 127) Le problème de l'eau dans la région du Nord. *Bull. Soc. Géographie de Lille*, n<sup>o</sup> 3, p. 22-40.
- 128) Présence de *Pterygotus* dans le Gothlandien de l'Atlas de Demnate (en collaboration avec P. Levêque). *C.R. Ac. Sc.*, t. 251, n<sup>o</sup> 6, p. 889-890.

1960

- 129) Allocution de fin de mandat de Président de la Société Géologique de France. *C.R. somm. Soc. Géol. France*, fasc. 1, p. 4-5.
- 130) Rapport sur la dynamique de la nappe aquifère de la craie. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXX, p. 225-226.
- 131) La surface piézométrique de la nappe du Crétacé du Nord de la France, ses variations naturelles et artificielles. Les diverses zones de perméabilité (en collaboration avec E. Leroux et J. Ricour). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXX, p. 234-239, Pl. XVI et XVII.
- 132) Rapport sur la chimie de l'eau de la craie. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXX, p. 283-284.

- 133) Sur les variations du chimisme de l'eau de la craie du Nord de la France dans les zones de recouvrement tertiaire. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXX, p. 311-318.
- 134) La nappe aquifère de la craie dans la vallée de la Haute-Deûle ; structure géologique du sous-sol de la vallée. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXX, p. 329-334.
- 1961
- 135) Carte géologique des départements du Nord et du Pas-de-Calais au 400.000<sup>e</sup> accompagnée d'une note intitulée " Considérations géologiques sur la région du Nord de la France ". *Atlas du Nord de la France*. Berger-Levrault, Paris.
- 136) Carte des nappes aquifères des départements du Nord et du Pas-de-Calais au 400.000<sup>e</sup> accompagnée d'une note intitulée " Considérations sur les ressources hydrogéologiques souterraines du Nord de la France ". *Atlas du Nord de la France*. Berger-Levrault, Paris.
- 137) Les matériaux éruptifs du Nord de la France. *Revue Routes et Carrières*, du syndicat national des producteurs de matériaux d'origine éruptive, n° 3, p. 35-42.
- 138) Trias du Bassin de Paris (Rapport). Colloque sur le Trias de la France et des régions limitrophes. *C.R. du Congrès des Soc. savantes*, Montpellier, 1961 et *Mém. du Bureau de Rech. Géol. et Min.*, n° 15, p. 73-77.
- 139) Les ondulations jurassiques du SW du massif ardennais, répliques posthumes des orogènes calédonienne et hercynienne. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXI, p. 149-151.
- 140) Les alluvions de la Meuse, de l'Aisne et de quelques-uns de leurs affluents dans le département des Ardennes. Aperçu de leurs nappes aquifères. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXI, p. 221-231.
- 1962
- 141) *Feuille de Morlaix* au 80.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France*, 2<sup>e</sup> édition, pour la région de Callac et Belle-Isle-en-Terre (partie Est de la feuille), (en collaboration avec Ch. Delattre et P. Pruvost).
- 142) Méthodes d'études et de recherches des nappes aquifères : Mise au point sur les besoins et les ressources en eau de la région du Nord (en collaboration avec E. Leroux et J. Ricour). *Bull. B.R.G.M.*, n° 4, p. 105-128.
- 1963
- 143) *Feuille de Rocroi* au 50.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France*, pour les terrains primaires et tertiaires de la feuille (en collaboration avec A. Beugnies pour les terrains cambriens).
- 144) Quelques données sur les couches tertiaires et crétacées de la feuille " Le Quesnoy " au 50.000<sup>e</sup>. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIII, p. 197-200.
- 145) L'alimentation en eau des régions de Lille et Dunkerque. In " Images du Nord ", *Revue géogr. et industr. de France*, p. 112.
- 146) Le Crétacé de la région N et NE de Maubeuge. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIII, p. 265-274.
- 1964
- 147) Le Dévonien inférieur et ses limites dans le Nord de la France (en collaboration avec Ch. Delattre et D. Le Maître). Colloque de Rennes 1964, *Mém. B.R.G.M.*, n° 33, p. 25 (résumé de la note).
- 148) Carte hydrogéologique de Douai au 50.000<sup>e</sup> (en collaboration avec A. Bonte et le B.R.G.M.).
- 1965
- 149) *Feuille de Saint-Jean-d'Angély* au 80.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France* (en collaboration avec A. Brillanceau, Fradin, J. Gabilly et J. Polvêche).
- 1966
- 150) Les Gigantotraccés du Siluro-Dévonien de Liévin. *Mém. Soc. Géol. Nord*, t. XIV, p. 1-23, Pl. I à V.
- 151) *Feuille de Fumay* au 50.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France* et notice explicative (en collaboration avec A. Beugnies).
- 152) *Feuille de Tréguier* au 80.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France* (en collaboration avec P. Pruvost et Ch. Delattre) (2<sup>e</sup> édition).
- 153) La tourbière du vallon du Schoubrouck, affluent de l'Aa, rive droite (cuvette de Clairmarais). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXVI, p. 135-137.
- 154) Les terrains primaires et crétacés du sous-sol du Boussois (Nord) (en collaboration avec P. Pruvost). *Bull. Serv. Carte géol. Fr.*, C.R. des Collab. pour 1965, t. 61, n° 279, p. 1-5.
- 1967
- 155) *Feuille de Lannion* au 80.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France* (en collaboration avec Ch. Delattre, P. Pruvost, A. Sandréa) (2<sup>e</sup> édition).
- 156) *Feuille de Maubeuge* au 50.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France*, avec notice explicative (en collaboration avec A. Beugnies et I. Godfriaux).
- 157) *Feuille d'Hirson* au 50.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France*, avec notice explicative (en collaboration avec A. Bonte, Ch. Delattre et J.N. Hatrival).
- 158) *Feuille d'Avesnes* au 50.000<sup>e</sup> de la *Carte géologique détaillée de la France*, avec notice explicative (avec le concours de B. Waterlot pour les terrains secondaires).
- 159) Aperçu de la structure des terrains carbonifères de l'Avesnois (en collaboration avec Ch. Delattre, J. Polvêche et B. Waterlot). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXVII, p. 203-209.

1968

- 160) *Feuille de Douai* au 80.000° de la *Carte géologique détaillée de la France* (3<sup>e</sup> édition). Implantation de 337 sondages avec répertoire des terrains traversés.
- 161) *Feuille de Cassel* au 50.000° de la *Carte géologique détaillée de la France*, avec notice explicative.
- 162) *Feuille de Lille, Halluin, Leers, Tournai* au 50.000° de la *Carte géologique détaillée de la France* (collaboration de G. Waterlot à la feuille dressée par P. Sangnier du B.R.G.M.).
- 163) Pierre Pruvost (1890-1967), notice nécrologique (en collaboration avec P. Routhier). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7<sup>e</sup> Série, t. 10, p. 519-534.
- 164) Trois forages au Primaire au N de Lille (en collaboration avec A. Bonte). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXVIII, p. 83-88.

1969

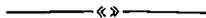
- 165) *Feuille de Lille* au 80.000° de la *Carte géologique détaillée de la France* (4<sup>e</sup> édition). avec notice explicative.
- 166) *Feuille de Trélon* au 50.000° de la *Carte géologique détaillée de la France*, avec notice explicative (en collaboration avec Ch. Delattre et avec le concours de J. Polvêche et J.N. Hatrival).
- 167) Le Paléozoïque en Ardenne française. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIX, p. 5-22.
- 168) Aperçu géologique de la région de Lille. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIX, p. 67-77.
- 169) Sur la poche de dissolution dans le Paléozoïque de Don (Nord). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIX, p. 175-176.
- 170) Vie et œuvre de Pierre Pruvost (en collaboration avec Ch. Delattre). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIX, p. 285-298.
- 171) *Feuille de Givet* au 50.000° de la *Carte géologique détaillée de la France*, et notice explicative (en collaboration avec A. Beugnies, A. Bonte, Ch. Delattre, J. Ricour).

1970

- 172) Nouvelles précisions sur l'âge des schistes à Graptolites du Fenouillet (massif des Maures. Var) (en collaboration avec S. Gueirard, M. Samat, A. Gherzi). *C.R. Ac. Sc.*, t. 270. série D. p. 661-662.
- 173) Sur la présence de Mérostomes dans le Gédinnien inférieur de l'Ardenne française (en collaboration avec J. Paquet). *C.R. Ac. Sc.*, t. 270, série D, p. 1885.
- 174) La faille de Vireux à l'est de la Meuse (en collaboration avec A. Beugnies, A. Bonte, P. Dumont, J. Parent). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XC, p. 9-14.
- 175) Découverte d'un Euryptéridé (*Euriopterus brewsteri*) dans l'arkose d'Haybes, à Fépin (Gédinnien inférieur de l'Ardenne) (en collaboration avec J. Paquet). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XC, p. 45-48, Pl. IV.
- 176) La situation en eau potable dans le Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XC, p. 430-432.
- 177) Sur l'âge llandovérien supérieur à tarannonien inférieur des schistes à Graptolites du Fenouillet (Massif des Maures. Var) (en collaboration avec S. Gueirard, A. Gherzi, M. Samat). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, 7<sup>e</sup> série, t. 12, p. 195-199, Pl. IX.
- 178) Guide "Ardenne-Luxembourg" (en collaboration avec A. Beugnies, J. Bintz, et avec le concours de A. Bonte, J.M. Charlet, P. Corsin, A. Hary, A. Muller). Collection des guides géologiques régionaux, sous la direction de Ch. Pomerol, Masson et C<sup>ie</sup> édit., 205 p. (paru en 1973).
- 179) Le Paléozoïque du Nord de la France et de la Belgique. Collection de la *Géologie de la France* sous la direction de J. Debelmas, Doin édit., vol. 1, p. 42-62 (paru en 1974).

1971

- 180) Deux exemples de l'évolution du chimisme de l'eau artésienne dans la nappe de la gaize oxfordienne et celle des sables verts albiens, en Ardenne. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCI, p. 25-29.





# Étude palynoplantologique et cadre sédimentologique du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France

par Henri DECOMMER (\*)  
(Planches XI et XII)

**Résumé.** — L'étude palynologique et sédimentologique des sédiments jurassiques et crétacés de cinq sondages du Nord de la France a permis, d'une part, l'établissement d'une zonation palynologique de caractère régional, d'autre part, l'esquisse des grands traits climatiques, tectoniques et paléogéographiques ayant prévalu sur le Nord de la France au Secondaire. Des relations entre les résultats apportés par les deux méthodes sont mises en évidence.

**Abstract.** — The palynological and sedimentological study of Jurassic and Cretaceous sediments from five boreholes from the Northern France permitted: the establishment of a palynological zonation of regional character, and also the outline of climatic, tectonic and paleogeographic conditions that were predominant on the Northern France during the Mesozoic. Correlations between the results brought by the two methods are showed.

## AVANT-PROPOS

Cette étude, qui constitue une contribution à la connaissance de la palynoplantologie et de la minéralogie argileuse du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France, avait pour objectifs principaux :

— l'observation systématique des éléments palynologiques continentaux et marins dans le but d'établir une zonation palynostratigraphique synthétique et régionale ;

— l'étude de la fraction minéralogique argileuse contenue dans les sédiments, pour tenter de cerner les conditions climatiques, tectoniques et paléogéographiques ayant prévalu sur le Nord de la France au Secondaire ;

— l'étude des relations pouvant exister entre les résultats de la Palynologie et ceux de la Sédimentologie.

## I. — GENERALITES

### A) LES SONDAGES ET LA SERIE ETUDIEE.

Cinq sondages ont été étudiés (fig. 1).

Trois d'entre eux ont été forés par les H.B.N.P.C. : le sondage de Thivencelles (1921), le sondage de Wavans (1954), le sondage de Vermandovillers (1958).

(\*) Laboratoire de Paléobotanique de l'Université des Sciences et Techniques de Lille.

Note présentée par écrit le 2 Décembre 1981 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 2 Juin 1982.

Le sondage APO 1 bis a été réalisé dans le port de Boulogne-sur-Mer (1960-1961) pour le compte des Acéries Paris-Outreau.

Le sondage de Bellonne a été effectué par le B.R.G.M. (1961).

Parmi ces cinq sondages, deux présentent des sédiments d'âge jurassique : APO 1 bis (Lias à Kimméridgien) et Vermandovillers (Bajocien à Kimméridgien)

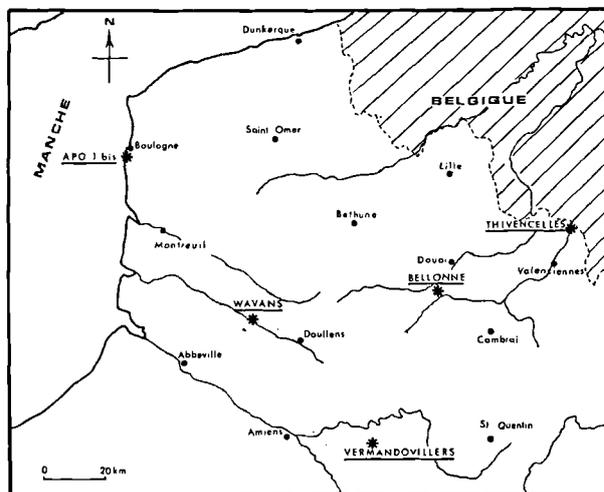


Fig. 1. — Cadre géographique. Situation des sondages.

(fig. 2). Le sondage de Wavans montre à sa base une série d'âge bathonien-callovien inférieur, directement surmontée par une série crétacée (Albien à Turonien). Enfin, les sondages de Thivencelles et de Bellonne sont constitués par des sédiments d'âge crétacé (Albien à Sénonien) (fig. 3).

## B) LES ECHANTILLONS ET LES TECHNIQUES UTILISEES.

160 échantillons, prélevés dans les cinq sondages, ont fait l'objet d'une étude palynologique (108 carottes et 52 cuttings). Ils ont été soumis aux traitements chimiques classiques. Les préparations obtenues ont fait l'objet, soit d'un comptage systématique des éléments palynologiques, soit d'un recensement de ces éléments lorsqu'ils étaient trop peu abondants.

107 échantillons, choisis parmi ceux ayant servi à l'étude palynologique, ont été étudiés du point de vue de leur composition minéralogique argileuse. Ils ont été préparés selon la méthode des pâtes ou agrégats orientés. Ils ont pour cela été broyés, décalcifiés puis déflocculés par centrifugation et mixage. Les préparations sont soumises à l'action des rayons X. Les diagrammes obtenus permettent une estimation semi-quantitative des proportions des différents minéraux argileux.

## II. — ETUDE PALYNOLOGIQUE (\*)

### A) RAPPEL DES TRAVAUX ANTERIEURS.

Si la documentation palynologique concernant le Jurassique et le Crétacé est très abondante, les études ayant trait au Nord de la France sont plus rares et plus ponctuelles.

En ce qui concerne les spores et grains de pollen du Jurassique, les premières études datent de 1962-1963 (Bonte et Laveine, 1962 ; Danzé et Laveine, 1963 ; Briche, Danzé-Corsin et Laveine, 1963) et ont essentiellement porté sur le Lias. Levet-Carette avait entrepris une étude palynologique d'ensemble du Jurassique et du Crétacé de nos régions, mais l'a abandonnée après quelques publications (Levet-Carette, 1963, 1964a, 1964b).

Quant aux dinoflagellés du Jurassique et du Crétacé, les premières études sont dues à Deflandre, qui publia par la suite de nombreux articles, aussi bien sur le Jurassique que sur le Crétacé.

Plus récemment, plusieurs auteurs ont publié sur le Crétacé du Bassin de Paris avec quelques mentions particulières sur le Nord de la France [Foucher (1971,

1972, 1974, 1976), sur le Crétacé supérieur de la Somme et du Pas-de-Calais ; Foucher et Taugourdeau (1975), Verdier (1975), Fauconnier (1975), sur l'Albo-Cénomaniens de Wissant ; Davey et Verdier (1976), sur le Crétacé supérieur du Douaisis ; Davey (1969, 1970), sur le Cénomaniens du Boulonnais].

### B) ANALYSE PALYNOLOGIQUE - ZONATION.

En plus de la matière organique amorphe et des débris de cuticules et trachéides, les sédiments étudiés ont livré des dinoflagellés, des acritarches, des spores, des grains de pollen, des microforaminifères chitineux, des tasmanacées, des botryococcacées.

Il faut également signaler la présence accidentelle dans nos sédiments de formes du Paléozoïque remaniées (spores, acritarches et chitinozoaires).

Au total, 52 genres et 90 espèces de dinoflagellés ont été déterminés ainsi que 32 genres et 39 espèces de spores et pollens.

Les sédiments jurassiques (sondages APO 1 bis, Vermandovillers, base du sondage de Wavans) ont livré de nombreux spores et pollens qui ont fait l'objet d'un comptage systématique. Les dinoflagellés n'y deviennent abondants qu'à partir du Callovien supérieur.

Les sédiments crétacés (sondage de Thivencelles, Bellonne, partie supérieure du sondage de Wavans) ont, en général, livré des associations riches en dinoflagellés. Les organismes d'origine continentale (spores et pollens), s'y sont révélés très rares à partir du Cénomaniens et n'ont de ce fait pas pu être étudiés de manière approfondie du point de vue systématique.

La répartition quantitative et qualitative des différents genres et espèces de spores, pollens et de dinoflagellés a permis de distinguer 9 zones et 11 sous-zones (tabl. I et II) numérotées et décrites du bas vers le haut. Certaines formes observées en abondance tout au long du Jurassique n'ont pas été figurées sur les tableaux, en particulier : *Cyathidites* Couper, *Alisporites* (Daugherty) Nilsson et *Classopollis* (Pflug) Reyre.

### ZONATION PALYNOSTRATIGRAPHIQUE

Les principales formes recueillies ont été figurées Planches XI et XII.

#### Zone I : Lias.

*APO 1 bis* : 324 m à 297,20 m.

Cette zone est définie uniquement par les spores et grains de pollen. Les organismes marins, peu abondants, sont représentés par des acritarches du type *Mychrystridium* (Deflandre) Sarjeant.

(\*) Effectuée au Laboratoire de Paléobotanique de l'U.E.R. des Sciences de la Terre, Université des Sciences et Techniques de Lille.

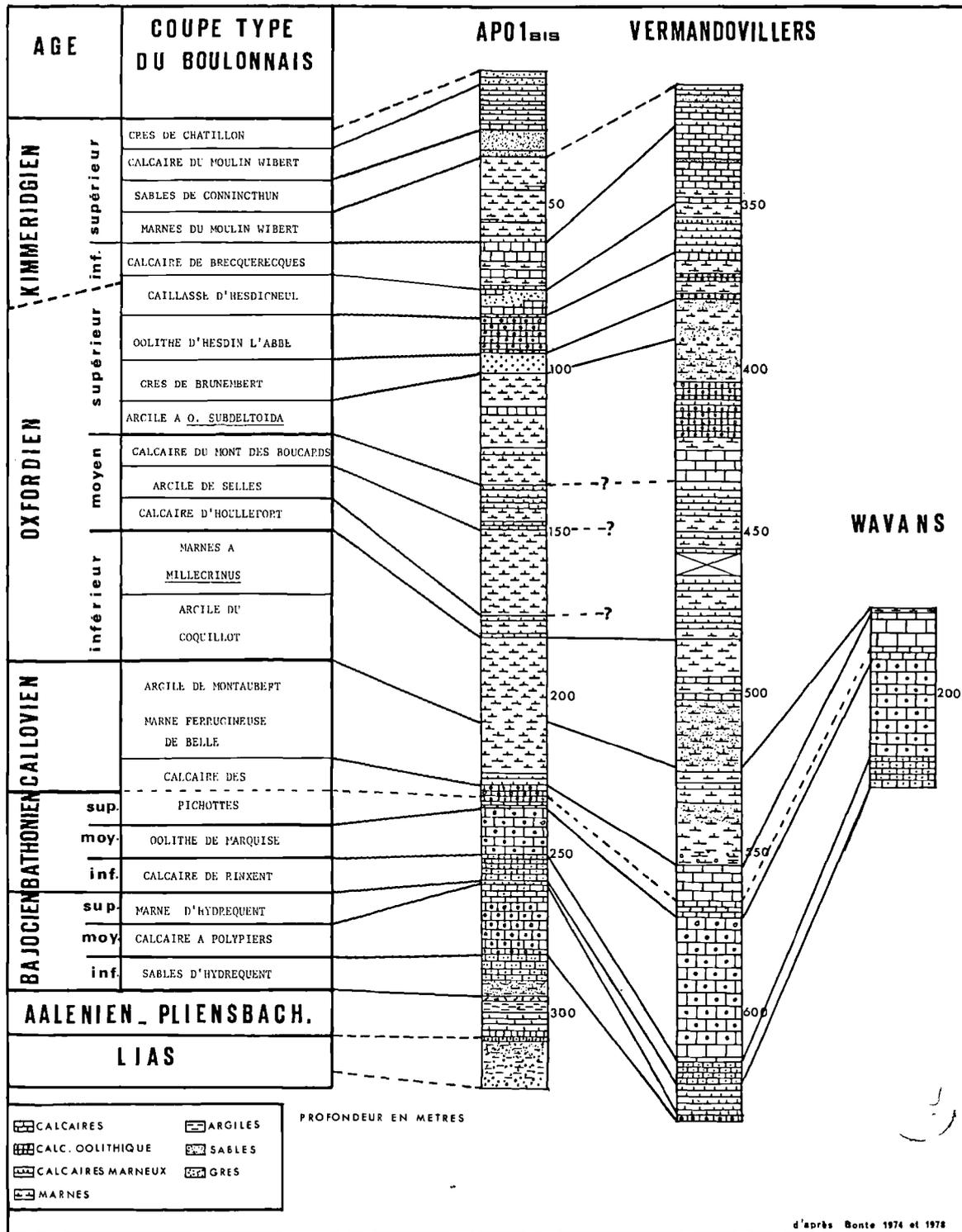


Fig. 2. — Coupes et corrélations lithologiques entre les sondages d'âge jurassique.

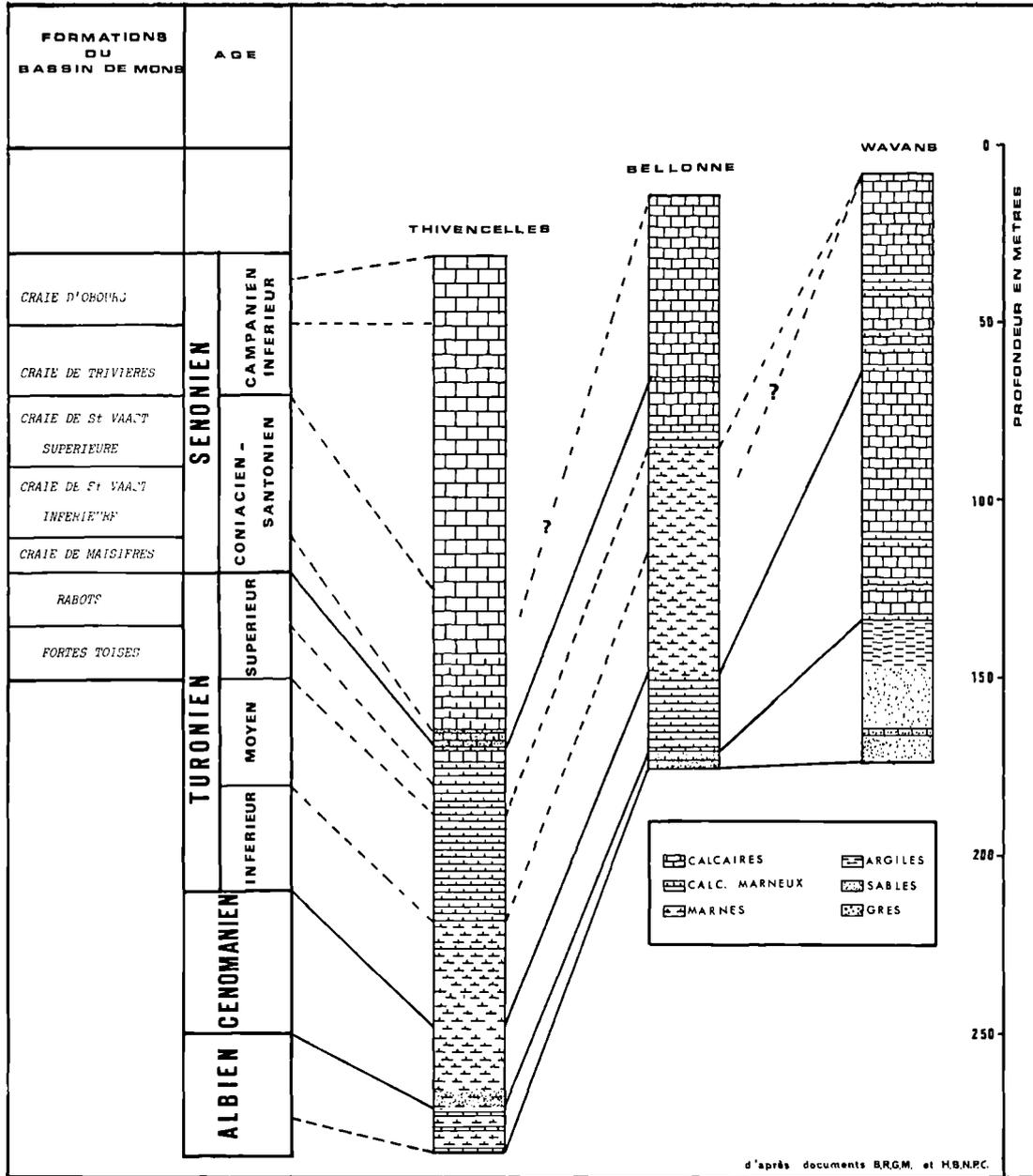


Fig. 3. — Coupes et corrélations lithologiques entre les sondages d'âge crétacé.

Les formes caractéristiques sont : *Gyngoretectina* sp., *Chasmatosporites major* Nilsson, *Lycopodiacidites cerniidites* Ross, *Tsugaepollenites mesozoicus* Couper, *Contignisporites problematicus* (Couper) Döring et *Ischyosporites variegatus* (Couper) Schulz.

Deux sous-zones ont été reconnues :

1° *Sous-Zone Ia.* - Elle correspond à l'intervalle stratigraphique occupé par *Gyngoretectina* sp. Les pollens du genre *Classopollis* (Pflug) Reye représentent 30 % à 65 % des assemblages. On n'a observé aucune forme caractéristique du Rhétien et de l'extrême base du Lias (*Rhaetipollis* Schulz, *Riciisporites* Lundblad, *Ovalipollis* Krutzsch).

ETAGES	DINOFLAGELLES		SPORES ET POLLENS		ZONATION
KIMMERIDGIEN	- S. c f. JURASSICA - C. GRANULATA - S. AREOLATA - H. ORBIFERA - S. LURIDUM - S. PILOSUM - STEPHANOLITRON SPP. - C. SCARBURGHENSIS - W. FIMBRIATA - C. POLONICUM - S. GROSSI - S. VALENSIS - A. AENCLUM - S. GALERITUM RETICULATUM - C. GHYTHOIDEUS - A. CAULLERYI - G. JURASSICA - CHLADNODORHALLA SP. - S. VILLESSENSI - C. ORNATUM - P. CERATOPHORA		- S. ROTALIS - TYBEROSITRILETES SP. - N. GRISTHORPENSIS - C. CONSPICIENDUS - P. ENICOPATICUS - S. CAMINUS - R. BREVITRUNCATUS - L. ARGENTAEFORMIS - N. TRUNCATA - C. CEREBROIDES - CALLIALASPORITES SPP. - L. SALEBROSACCA - I. VARIICATUS - C. PROBLENTICUS - L. CERVIIDITES - P. ELATOIDES - I. MESOZOICUS - C. VALOR - GYNGORTECTISA SP.		v
OXFORDIEN	sup.				b
	moy.				a
	inf.				IV
CALLOVIEN					c
					b III
BATHONIEN	sup.				a
	moy.				
	inf.				
BAJOCIEN	sup.				
	moy.				
	inf.				II
AALÉNIEN - TOARCIEN					b
LIAS		abondant commun rare			a I

Tableau I. — Zonation palynostratigraphique du Jurassique.

La présence de *Tsugaepollenites mesozoicus* Couper en nombre important (9 %) dès la base de cette sous-zone et l'apparition de *Ischyosporites variegatus* (Couper) Schulz dans sa partie supérieure lui donnent un âge sinémurien à pliensbachien (Schulz, 1967).

2° Sous-Zone Ib. - Elle est caractérisée à sa base par l'apparition de *Lycospora salebrosacca* (Maljavkina) Schulz. Dans cette sous-zone, nous avons observé les premières formes du genre *Callialasporites* Dev, elles demeurent rarissimes.

Selon Hengreen et De Boer (1974), ce genre débute au Toarcien terminal, alors que selon Schulz (1967), il apparaît au Toarcien supérieur. Par suite de la présence de *Dactylioceras tenuicostatum* du Toarcien inférieur, à la base de cette sous-zone (Bonte, 1974), on peut attribuer à cette dernière un âge toarcien inférieur à supérieur.

La Zone I n'a été observée qu'à APO 1 bis, le seul sondage ayant livré des sédiments liasiques.

**Zone II : Toarcien supérieur-Aalénien à Bathonien.**

APO 1 bis : 297,20 m à 232 m.

Vermandovillers : 632 m à 566,60 m.

Wavans : 225,30 m à 185,90 m.

Dans cette zone, les spores et grains de pollen dominant largement les dinoflagellés et acritarches. Les formes typiques sont *Callialasporites* spp., les spores à bacules *Neoraistrickia truncata* (Cookson) Potonié, *Neoraistrickia gristhorpensis* (Couper) Tralau et *Raistrickia brevitrunctus* Levet-Carette, *Gleicheniidites conspiciendus* (Bolchovitina) Krutzsch et *Uvaesporites argentaeformis* (Bolchovitina) Schulz.

ETAGES		ZONATION																																	
		D. EUCLAENSIS	C. MADURA	S. RHOMBICUM	OVODINIUM SP.	C. TRUNCIGERUM	C. TRIPARTITA	I. ACUMINATA	H. OVUM	D. DENTICULATUM	S. ? TORULOSA	S. ROTUNDATA	S. FEROX	SUBTILISPHAEA SP.	P. INFUSORIOIDES	X. CERATOIDES	A. SACENA	K. READEI	C. SPERRASTIPHORUM	L. CHLAMYDATA	L. SIPHONIPHORUM	L. DEFLOCCATA	C. ORLIQUISTATUM	E. SPINOSA	C. GRANULATUM	H. ARUNDUM	S. CHETACEA	O. PULCHERRIMUM	S. RAHOSUS RAMOSUS	C. DISTINCTUM	C. HUCONLOTTI	C. ASYMETRICUM	C. CASSIDATA	C. EDWARDSI	C. NYEI
SARONNIEN	CAMPANIEN	[Stratigraphic chart showing presence/absence of taxa]																				b													
	SANTONIEN	[Stratigraphic chart showing presence/absence of taxa]																				a IX													
	CONIACIEN	[Stratigraphic chart showing presence/absence of taxa]																				a IX													
TURONIEN	supérieur	[Stratigraphic chart showing presence/absence of taxa]																				b VIII													
	moyen	[Stratigraphic chart showing presence/absence of taxa]																				b VIII													
	inférieur	[Stratigraphic chart showing presence/absence of taxa]																				b VIII													
CENOMANIEN		[Stratigraphic chart showing presence/absence of taxa]																				a VII													
ALBIEN		[Stratigraphic chart showing presence/absence of taxa]																				VI													

Tableau II. — Zonation palynostratigraphique du Crétacé.

En ce qui concerne les dinoflagellés, on note *Pareodinia ceratosphora* (Deflandre) Gocht, *Ctenidodinium ornatum* (Eisenack) Deflandre et *Sensutidinium viller-sense* (Sarjeant) Sarjeant et Stover.

La limite inférieure de cette zone est caractérisée par la présence de *Circularesporites cerebroides* Danz et Laveine en quantité importante (15 à 20 %). Cette forme est probablement liée à des conditions locales particulières.

La limite supérieure de la Zone II correspond à la disparition de *Raistrickia brevitruncatus* Levet-Carette.

Cette zone n'est complète qu'à APO 1 bis puisque, à Vermandovillers, les premiers sédiments sont d'âge bajocien et, à Wavans, d'âge bathonien.

**Zone III : Callovien.**

APO 1 bis : 232 m à 205-206 m.

Vermandovillers : 566,60 m à 523,45 m

Wavans : 185,90 m à 173,80 m.

C'est dans cette zone que se produit l'explosion des dinoflagellés. Ce phénomène, que l'on observe dans de nombreuses régions à peu près à la même époque, est peut-être ici encore renforcé par un approfondissement du milieu de dépôt ou par son éloignement du rivage, comme le laisse penser l'étude sédimentologique (cf. 3<sup>e</sup> partie).

Les spores et pollens restent abondants mais peu diversifiés. On note les apparitions de *Tuberositriletes* sp., *Gonyaulacysta jurassica* (Deflandre) Norris et Sarjeant, *Scriniodinium galeritum reticulatum* Klement, *Adnatosphaeridium aemulum* (Deflandre) Williams et Downie, *Compositosphaeridium polonicum* (Erkmen et Sarjeant) et *Systematophora valensii* (Sarjeant) Downie et Sarjeant.

Trois sous-zones ont été distinguées :

1<sup>o</sup> *Sous-Zone IIIa* (base du Callovien). - Sa limite inférieure est marquée par l'extinction de *Raistrickia brevitruncatus* Levet-Carette et sa limite supérieure par celle de *Gleicheniidites conspiciendus* (Bolchovitina) Krutzsch.

2<sup>o</sup> *Sous-Zone IIIb* (Callovien inférieur à moyen). - A sa base débutent les biozones de *Gonyaulacysta jurassica* (Deflandre) Norris et Sarjeant, *Adnatosphaeridium*

caullery (Deflandre) Williams et Downie et *Tuberosi-triletes* sp.

3° *Sous-Zone IIIc* (Callovien moyen à supérieur). - Sa base est définie par les apparitions de *Adnatosphaeridium aemulum* (Deflandre) Williams et Downie, *Compositosphaeridium polonicum* Erkmen et Sarjeant et *Systematophora valensii* (Sarjeant) Downie et Sarjeant. *Gonyaulacysta jurassica* (Deflandre) Norris et Sarjeant est abondante. A son sommet disparaît *Chlamydophorella* sp.

La Zone III n'a été observée dans sa totalité qu'à Vermandovillers. A Wavans, nous avons reconnu la Sous-Zone IIIa ainsi que l'extrême base de la Sous-Zone 3b. A APO 1 bis, il existe une lacune de la Sous-Zone IIIa puisque nous observons dans le même échantillon : *Raistrickia brevitrunctus* Levet-Carette, *Gleicheniidites conspicendus* (Bolchovitina) Krutzsch et *Gonyaulacysta jurassica* (Deflandre) Norris et Sarjeant.

#### **Zone IV : Oxfordien inférieur à base de l'Oxfordien supérieur.**

*APO 1 bis* : 205-206 m à 88,60-89,60 m.

*Vermandovillers* : 523,45 m à 364,65 m.

Dans cette zone, les spores et pollens restent peu diversifiés alors que l'on observe les apparitions de nombreuses espèces de dinoflagellés, en particulier : *Wanea fimbriata* Sarjeant, *Gonyaulacysta scarburghensis* Sarjeant, *Scriniodinium luridum* (Deflandre) Klement, *Stephanolytron* (Sarjeant) Stover, Sarjeant et Drugg, *Hystrichosphaera orbifera* (Klement) Stover et Evitt, *Systematophora areolata* Klement et *Gonyaulacysta granulata* (Klement) Sarjeant.

Deux sous-zones ont été distinguées :

1° *Sous-Zone IVa* (Oxfordien inférieur et moyen). - Elle est bien définie à sa base par la présence de *Wanea fimbriata* Sarjeant, marqueur de la base de l'Oxfordien en Europe (Sarjeant, 1961, 1968, 1976, 1979 ; Raynaud, 1978).

Avec cette forme apparaissent également : *Gonyaulacysta scarburghensis* Sarjeant, limitée à l'Oxfordien inférieur, *Scriniodinium luridum* (Deflandre) Klement et *Stephanolytron* (Sarjeant) Stover, Sarjeant et Drugg.

La limite supérieure de la Sous-Zone IVa correspond à la fin de la biozone de *Systematophora valensii* (Sarjeant) Downie et Sarjeant.

2° *Sous-Zone IVb* (base de l'Oxfordien supérieur) : - On y observe les extinctions de *Compositosphaeridium polonicum* Erkmen et Sarjeant et *Sensutidinium villersense* (Sarjeant) Sarjeant et Stover, alors qu'apparaissent *Systematophora areolata* Klement et *Gonyaulacysta granulata* (Klement) Sarjeant.

*Remarque* : A partir du Callovien inférieur à moyen (Sous-Zone IIIb), on a compté un nombre croissant de tests de microforaminifères chitineux. Les pourcentages les plus importants ont été déterminés pour les sédiments de l'Oxfordien moyen (11 à 27 %, Sous-Zone IVa).

La Zone IV est complète à APO 1 bis et à Vermandovillers. Dans ce dernier sondage, la présence de *Wanea fimbriata* Sarjeant permet de préciser la cote de la limite Callovien-Oxfordien. Celle-ci, définie à 522,60 m par Bonte (1978), se situerait entre 523,45 m et 528,10 m.

#### **Zone V : Oxfordien terminal à Kimméridgien.**

*APO 1 bis* : 88,60-89,60 m à 9,30-10 m.

*Vermandovillers* : 364,65 m à 314,80 m.

La base de cette zone correspond à l'apparition de *Senoniasphaera* cf. *jurassica* (Gitmez et Sarjeant) Lentin et Williams. Les dinoflagellés sont moins abondants et moins diversifiés que dans les Zones III et IV. On observe les disparitions de *Scriniodinium galeritum reticulatum* Klement, *Scriniodinium luridum* (Deflandre) Klement et *Systematophora areolata* Klement.

La Zone V a été déterminée à APO 1 bis et à Vermandovillers.

Entre la Zone V et la Zone VI, existe un hiatus important, puisque nous n'avons étudié ni le Portlandien, ni les premières assises du Crétacé.

#### **Zone VI : Albien moyen à supérieur.**

*Wavans* : 162 m à 133,10 m.

*Thivencelles* : 276 m à 277 m.

*Bellonne* : 175,35 m à 171,20 m.

Cette zone est caractérisée par la présence de nombreux taxons de dinoflagellés.

*Chlamydophorella nyei* Cookson et Eisenack et *Cribooperidinium edwardsi* (Cookson et Eisenack) Davey sont limitées à la Zone IV et en sont les marqueurs. D'autres espèces à extension plus longue montrent des pourcentages importants, en particulier *Cleistosphaeridium hugoniotti* (Valensi) Davey, *Spiniferites ramosus ramosus* (Ehrenberg) Loeblich et *Cyclonephelium distinctum* Deflandre et Cookson.

Au sommet de cette zone, on note l'apparition de nombreuses formes qui permettent de fixer la limite Albien supérieur - Vraconien. En effet, d'une part *Systematophora cretacea* Davey, *Hystrichosphaeridium arundum* Eisenack et Cookson et *Carpodinium granulatum* (Cookson et Eisenack) Leffingwell et Morgan

sont limitées à la Zone VI et n'atteignent pas le Vraconien d'après les données connues (Verdier, 1975 ; Fauconnier, 1975 ; Foucher et Verdier, 1976 ; Davey, 1979). D'autre part, *Litosphaeridium siphoniphorum* (Cookson et Eisenack) Davey et Williams, *Achomosphera sagena* Davey et Williams, *Kleithrasphaeridium readei* (Davey et Williams) Davey et Verdier et *Palaeohystrichophora infusorioides* Deflandre n'apparaissent qu'au Vraconien (Davey et Verdier, 1971 ; Foucher et Verdier, 1976).

La Zone VI n'est complète qu'à Wavans. A Bellonne et Thivencelles, elle est limitée au Vraconien.

#### **Zone VII : Cénomaniens inférieur à Cénomaniens moyen-supérieur.**

Wavans : 133,10 m à 66 m.

Thivencelles : 276-277 m à 260,50 m.

Bellonne : 171,20 m à 159,30 m.

La base de cette zone correspond aux disparitions de *Chlamydophorella nyei* Cookson et Eisenack et *Cribroperidinium edwardsi* (Cookson et Eisenack) Davey. Elle est également marquée par le début de l'épibole de *Palaeohystrichophora infusorioides* Deflandre, qui peut constituer jusqu'à 70 % des associations. Les autres formes abondantes sont *Spiniferites ramosus ramosus* (Ehrenberg) Loeblich et *Cleistosphaeridium hugoniotti* (Valensi) Davey.

Dans cette zone disparaissent *Epelidosphaeridia spinosa* (Cookson et Hughes) Davey et *Carpodinium obliquistatum* (Cookson et Hughes) Leffingwell et Morgan. Son sommet est défini par l'arrivée des premières *Silicisphaera ferox* (Deflandre) Davey et Verdier.

La Zone VII est complète à Wavans et Bellonne. A Thivencelles, les disparitions à la base de la série cénomaniens de *Litosphaeridium siphoniphorum* (Cookson et Eisenack) Davey et Williams, *Epelidosphaeridia spinosa* (Cookson et Hughes) Davey et *Gonyaulacysta cassidata* (Eisenack et Cookson) Sarjeant permettent de penser qu'il existe dans ce sondage une lacune du Cénomaniens inférieur.

#### **Zone VIII : Cénomaniens terminal à Turonien.**

Wavans : 66 m à 16,90-18,30 m.

Thivencelles : 260,50 m à 164 m.

Bellonne : 159,30 m à 66 m.

Les deux marqueurs de cette zone sont *Silicisphaera ferox* (Deflandre) Davey et Verdier et *Senoniasphaera rotundata* Clarke et Verdier. *Palaeohystrichophora infusorioides* Deflandre demeure très abondante dans la

partie inférieure de la zone puis diminue sensiblement, en représentant cependant encore 8 % à 28 % des assemblages.

Deux sous-zones ont été distinguées :

1° *Sous-Zone VIIIa* (Cénomaniens terminal à ? base du Turonien). - Elle est caractérisée à sa base par l'apparition de *Silicisphaera ferox* (Deflandre) Davey et Verdier et à son sommet par celle de *Senoniasphaera rotundata* Clarke et Verdier. Cette dernière, qui débute à la base du Turonien à Thivencelles, n'est observée qu'à partir du milieu du Turonien inférieur à Wavans et Bellonne.

Au sommet de cette sous-zone, les pourcentages de *Cleistosphaeridium hugoniotti* (Valensi) Davey, importants jusque-là, diminuent nettement et cette espèce devient sporadique dans les sédiments sus-jacents.

2° *Sous-Zone VIIIb* (Turonien). - Sa limite inférieure est caractérisée par les premières *Senoniasphaera rotundata* Clarke et Verdier. On note dans cette sous-zone les extinctions de *Litosphaeridium siphoniphorum* (Cookson et Eisenack) Davey et Williams et *Leberidocysta chlamydata* (Cookson et Eisenack) Stover et Evitt, ainsi que l'apparition dans sa partie supérieure de *Silicisphaera ? torulosa* Davey et Verdier.

Il faut d'autre part noter qu'à partir du Turonien terminal, les dinoflagellés deviennent beaucoup moins abondants que dans les niveaux sous-jacents. Ce phénomène se prolonge au Sénonien. Les spores et pollens restent, quant à eux, très rares.

La Zone VIII est complète à Thivencelles et à Bellonne. A Wavans, seule sa partie inférieure a été observée. Elle correspond aux derniers sédiments crétacés dans ce sondage. L'absence de *Silicisphaera ? torulosa* Davey et Verdier dans ces derniers dépôts permet de leur attribuer un âge sommet du Turonien inférieur à base du Turonien moyen (Foucher et Verdier, 1976).

#### **Zone IX : Coniacien à Campanien inférieur.**

Thivencelles : 164 m à 31,65-31,75 m.

Bellonne : 66 m à 17,80-17,90 m.

La base de cette zone est nettement marquée par des formes qui n'ont pas été observées dans la Zone VIII : *Dinogymnium denticulatum* (Alberti) Evitt et al., *Hystrichosphaeropsis ovum* Deflandre, *Isabelidinium acuminata* (Cookson et Eisenack) Stover et Evitt, *Chatangiella tripartita* (Cookson et Eisenack) Lentin et Williams, *Cordosphaeridium truncigerum* (Deflandre) De Coninck, *Ovoidinium* sp. et *Spinidinium rhombicum* (Cookson et Eisenack) Stover et Evitt.

Son sommet correspond aux niveaux les plus élevés de la colonne stratigraphique étudiée.

Deux sous-zones ont été définies :

1° *Sous-Zone IXa* (Coniacien à base du Campanien). - Elle est caractérisée à sa base par les taxons cités précédemment, alors que son sommet l'est par l'apparition de *Dinogymnium euclaensis* (Cookson et Eisenack), ainsi que par la présence à Thivencelles de *Chatangiella madura* Lentin et Williams.

Dans cette sous-zone s'éteignent *Silicisphaera ? torulosa* Davey et Verdier, *Subtilisphaera* sp. et *Kleithriasphaeridium readei* (Davey et Williams) Davey et Verdier.

2° *Sous-Zone IXb* (Campanien inférieur). - Elle est définie à sa base par les premières formes de *Dinogymnium euclaensis* Cookson et Eisenack.

Toutes les espèces marquant la base de la Zone IX régressent pour disparaître dans la Sous-Zone IXb. C'est également le cas de *Callaiosphaeridium asymmetricum* (Deflandre et Courteville) Davey et Williams, *Achomosphaera sagera* Davey et Williams, *Xenascus ceratioides* (Deflandre) Lentin et Williams et *Senoniasphaera rotundata* Clarke et Verdier.

La Zone IX n'est complète qu'à Thivencelles. A Bellonne, seule la partie inférieure de la Sous-Zone IXa a été mise en évidence. Elle correspond aux derniers dépôts crétacés dans ce sondage, que nous datons Coniacien à Santonien inférieur.

*Remarque* : Nous avons observé dans le sondage APO 1 bis des spores, grains de pollen et acritarches du Primaire remaniés. Ils se répartissent de la manière suivante :

- vers 324 m (Lias), ils sont peu nombreux ;
- vers 297 m - 297,30 m, ces éléments représentent 10 % à 20 % de l'association ;
- à 296,90 m (Toarcien supérieur - Aalénien), on trouve 40 % de spores du Primaire ;
- à 19,20 m - 20 m (Kimméridgien), les formes remaniées constituent 20 % à 30 % de l'association.

Ces éléments du Primaire ont montré des états de fossilisation très différents. On a relevé :

— Des spores et acritarches à forte carbonisation et souvent cassés. Nous n'avons pu les identifier. Il est probable qu'ils correspondent à des échantillons de la microflore dévonienne. Il faut noter que l'étude du Jurassique du sondage de Wissant, dont les résultats ne sont pas donnés ici à cause de nombreuses retombées, avait montré dans les échantillons de nombreux chitinozoaires alors que ceux-ci sont rares dans les formations dévoniennes du Boulonnais ;

— des spores et grains de pollen correctement fossilisés ; nous avons pu identifier en particulier *Lycospora pusilla* (Ibrahim) Schopf, Wilson et Bentall, *Densosporites anulatus* (Loose) Schopf, Wilson et Bentall, *Cirratiradites saturni* (Ibrahim) Schopf, Wilson et Bentall, *Crassispora kosankei* (Potonié et Kremp) Bharadwaj et des *Florinites* sp., spores et grains de pollen classiques du Carbonifère.

## C) COMPARAISONS AVEC LES REGIONS VOISINES.

Une comparaison de nos résultats a été effectuée avec ceux obtenus dans les régions voisines : Allemagne (Schulz et Mai, 1966 ; Schulz, 1967 ; Döring, 1966), Pays-Bas (Herngreen et De Boer, 1974), Bassin Parisien (Foucher et Verdier, 1976 ; Foucher, 1979), Europe du Nord-Ouest (Raynaud, 1978 ; Sarjeant, 1979). Elle a montré quelques petites différences dans l'extension stratigraphique de taxons particuliers. Par exemple, *Lycospora salebrosacca* (Maljavkina) Schulz, observée seulement à partir du Toarcien dans notre étude, est présente dès le Sinémurien en Allemagne (Schulz, 1967). De même, *Litosphaeridium siphoniphorum* (Cookson et Eisenack) Davey et Williams, présente jusqu'au Turo-nien inférieur dans nos sondages, ne dépasse pas le Cénomaniens dans le reste du Bassin Parisien (Foucher, 1979). Cependant, de par leur composition générale, nos assemblages se sont révélés proches de ceux observés dans ces régions.

## III. — ETUDE SEDIMENTOLOGIQUE (\*)

### A) INTRODUCTION.

La fraction argileuse des sédiments étudiés a livré les espèces minéralogiques suivantes : chlorite, illite, minéraux interstratifiés irréguliers (illite-smectite, illite-vermiculite, chlorite-smectite, chlorite-vermiculite, vermiculite-smectite), vermiculite, smectite, kaolinite, attapulgite (ou palygorskite), sépiolite.

En ce qui concerne les minéraux associés aux minéraux argileux, nous avons trouvé le quartz, les feldspaths, l'opale, la goethite, les zéolites et du gypse.

### B) ORIGINE DES MINERAUX ARGILEUX.

Selon Millot (1964), les sédiments argileux marins peuvent être produits par trois mécanismes au cours de la sédimentation et de la diagenèse :

— l'héritage, qui est le phénomène le plus important. Les minéraux sont dans ce cas issus du continent, soit par l'érosion des roches, soit à partir des produits d'altération du continent, soit à partir des néoformations de la pédogenèse (sols) ;

— les transformations, mécanismes donnant naissance à de nouvelles associations minérales par réarrangement structural de minéraux pré-existants ;

— les néoformations, à partir de solutions ioniques et dans des conditions particulières de chimisme.

Nous verrons par la suite que les associations minérales argileuses étudiées n'ont pas montré de relation avec la lithologie et que, par ailleurs, elles n'ont pas subi de diagenèse appréciable avec l'enfouissement.

(\*) Effectuée au Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie de l'U.E.R. des Sciences de la Terre. Université des Sciences et Techniques de Lille.

L'ensemble de ces observations plaide pour une origine essentiellement détritique des minéraux argileux observés.

### C) RESULTATS ET INTERPRETATIONS.

Nous nous limiterons aux résultats de l'étude des sédiments jurassiques (sondages APO 1 bis et de Vermandovillers).

En ce qui concerne le sondage APO 1 bis, 21 échantillons prélevés dans la série (Lias à Kimméridgien) ont été étudiés. En ce qui concerne le sondage de Vermandovillers, 23 échantillons (Bajocien à Kimméridgien) ont été étudiés (fig. 4 et 5).

Dans l'ensemble, les associations minéralogiques argileuses se sont révélées assez diversifiées. D'autre part, elles n'ont montré qu'une relation lâche avec la lithologie et sont indépendantes, dans l'abondance relative et l'état cristallin des espèces étudiées, de la profondeur d'enfouissement. Elles ont donc une origine essentiellement détritique et peuvent de ce fait tenir lieu de témoins des conditions régnant sur le continent proche de leur milieu de dépôt au moment de leur formation.

Les associations minéralogiques argileuses sont très comparables à APO 1 bis et Vermandovillers. On peut distinguer deux grands ensembles :

#### 1) Du Lias à la base du Callovien.

La majeure partie de la fraction argileuse est constituée par les minéraux primaires (chlorite, illite), les minéraux interstratifiés irréguliers et la kaolinite. Ces associations traduisent, sur le continent, une érosion active affectant des pentes à forte déclivité et se produisant sous un climat chaud, avec une pluviométrie marquée par de faibles contrastes saisonniers (Millot, 1964). L'altération concerne à la fois les roches cristallines, les roches sédimentaires anciennes et les sols déjà évolués qui les recouvrent.

Il faut noter, pour le sondage APO 1 bis, que la chlorite est toujours associée à l'illite et qu'elle représente 5 % à 10 % de la fraction argileuse. Pour le sondage de Vermandovillers, elle reste rare et seulement présente sous forme de traces : cela peut traduire des particularités locales dans la nature des roches continentales et dans les modalités de l'altération.

On observe également un peu de vermiculite du Bajocien terminal à la base du Callovien. Celle-ci provient d'une dégradation un peu plus accentuée des minéraux simples que ce qu'indiquent les interstratifiés irréguliers, et peut refléter les conditions d'hydrolyse légèrement plus favorables durant ces périodes.

#### 2) Du Callovien inférieur à moyen au Kimméridgien.

On observe, associée aux espèces précédentes, de la smectite. Sa présence, grossièrement en rapport avec le développement des dépôts marins du large, semble

être plutôt due à un approfondissement du milieu de sédimentation et/ou à un éloignement de la ligne du rivage qu'à des changements majeurs des conditions climatiques sur le continent. A cette évolution morphologique et bathymétrique sous-marine pourrait en outre correspondre à terre une atténuation des reliefs à la suite de l'érosion affectant des paysages stables. Ceci aurait favorisé la naissance pédologique des minéraux de milieux mal drainés. On relève quelques différences entre les deux sondages :

1° La chlorite, déjà présente à APO 1 bis de manière significative durant le Dogger, l'est toujours au Jurassique supérieur. En revanche, à Vermandovillers, elle reste pratiquement toujours à l'état de traces, sauf au sommet du sondage (Kimméridgien inférieur) où son augmentation est liée à celle de l'illite. Ceci pourrait être dû à plusieurs phénomènes : nature différente des roches-mères, conditions d'altération différentes (la chlorite s'altère par hydrolyse un peu plus facilement que l'illite, Millot, 1964) ou encore conditions de sédimentation différentes (la chlorite, en arrivant en mer, se dépose généralement plus tôt que l'illite, Chamley, 1971).

2° La smectite représente en moyenne 43 % des assemblages argileux à Vermandovillers et seulement 24 % à APO 1 bis. Cette observation plaide en faveur d'un milieu de sédimentation plus profond ou plus ou moins propice aux décantations à Vermandovillers que dans le Boulonnais durant le Jurassique supérieur. En effet, de par sa petite taille et sa floculation difficile, la smectite est préférentiellement transportée au large par rapport à la kaolinite (Porrenga, 1967 ; Chamley et Masse, 1975 ; Gibbs, 1977). Ceci peut également expliquer l'absence de chlorite à Vermandovillers, qui serait donc essentiellement due à son dépôt avant d'arriver au site du sondage.

Enfin, durant cette période, on observe des épisodes pour lesquels les proportions de minéraux primaires et de kaolinite augmentent au détriment de celles de la smectite. Ces épisodes traduisent une reprise de l'activité tectonique sur le continent, conduisant à une accentuation des reliefs côtiers, une érosion plus vive, voire un rapprochement de la ligne de rivage.

### IV. — CORRELATIONS ENTRE LES RESULTATS PALYNOLOGIQUES ET SEDIMENTOLOGIQUES

Il est intéressant de voir s'il existe des relations entre les données apportées par l'étude de la fraction argileuse des sédiments et leur contenu palynologique. En effet, nous avons observé, au cours de la troisième partie de cette étude, que la majeure partie des minéraux argileux présents dans le milieu de sédimentation est d'origine détritique. Si les éléments marins (dinoflagellés, acritarches et microforaminifères chitineux) contenus dans les sédiments étudiés sont autochtones, les spores et grains de pollen proviennent, comme la

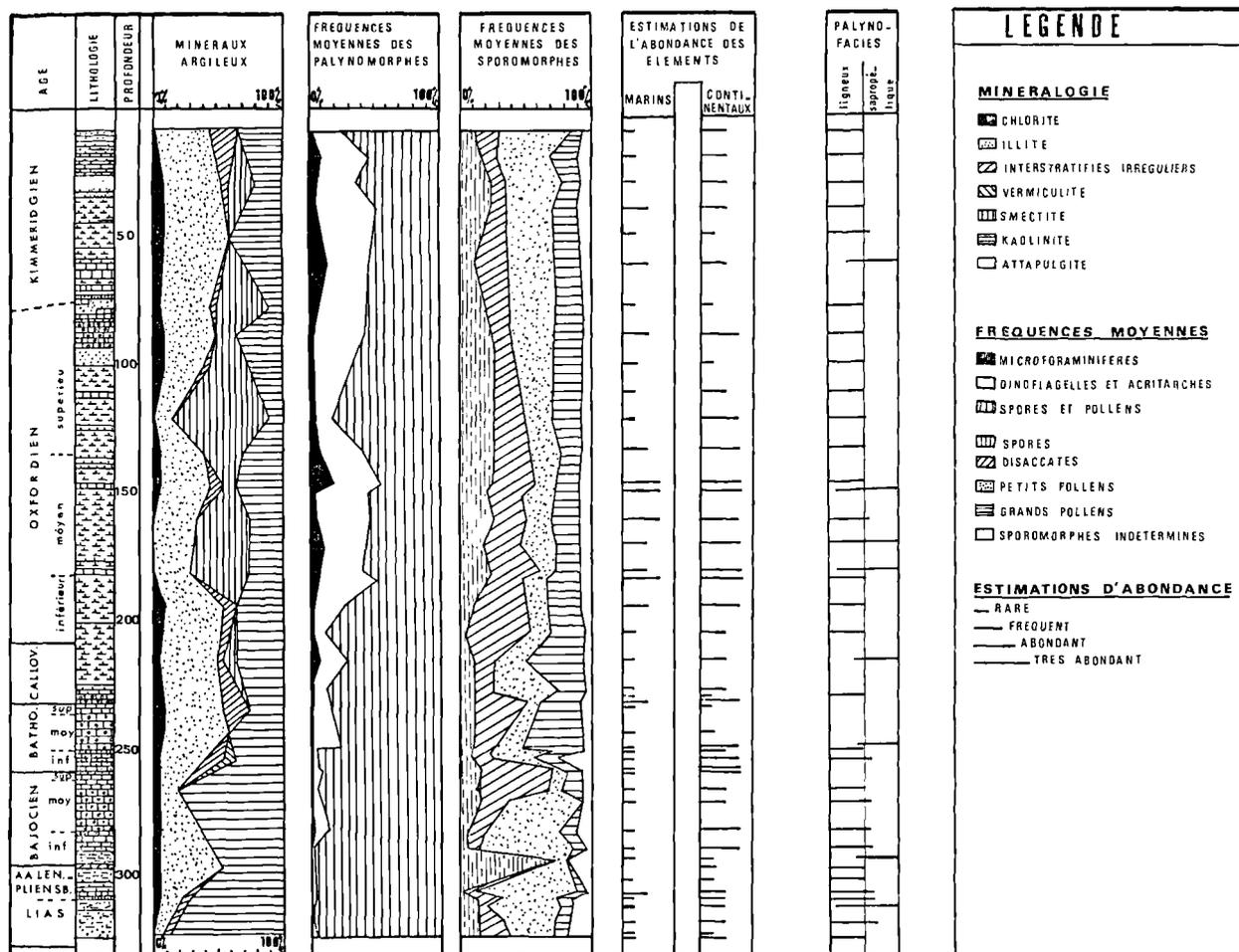


Fig. 4. — APO 1 bis : Corrélations entre les résultats palynologiques et minéralogiques.

fraction argileuse, du continent. Cette origine continentale commune aux deux groupes de composants sédimentaires peut, a priori, présenter des variations parallèles susceptibles d'être expliquées par des arguments convergents.

**A) RELATIONS ENTRE LA MINÉRALOGIE DE LA FRACTION ARGILEUSE ET LES FREQUENCES DES GRANDS GROUPES D'ÉLÉMENTS PALYNOLOGIQUES.**

Il existe une relation proportionnelle directe entre les proportions de smectites dans l'assemblage argileux et les pourcentages de dinoflagellés dans l'association palynoplantologique. Ceci n'est observé que durant le Jurassique puisque, au Crétacé, les pourcentages d'éléments palynologiques marins dans les assem-

blages sont très élevés et pratiquement constants. La smectite apparaît au Callovien inférieur à moyen. D'une manière générale, elle est plus abondante dans le sondage de Vermandovillers (fig. 5) (43 % en moyenne) que dans le sondage APO 1 bis (fig. 4) (24 % en moyenne). On observe les mêmes phénomènes en ce qui concerne les proportions des dinoflagellés, éléments marins.

Ces observations confirment les interprétations déduites de l'étude sédimentologique et indiquent, durant le Jurassique supérieur, un milieu de sédimentation plus profond et/ou plus éloigné de la ligne de rivage pour le site du sondage de Vermandovillers, par rapport à celui du sondage APO 1 bis.

De la même façon, les périodes du Jurassique supérieur, durant lesquelles les venues d'illite, de minéraux

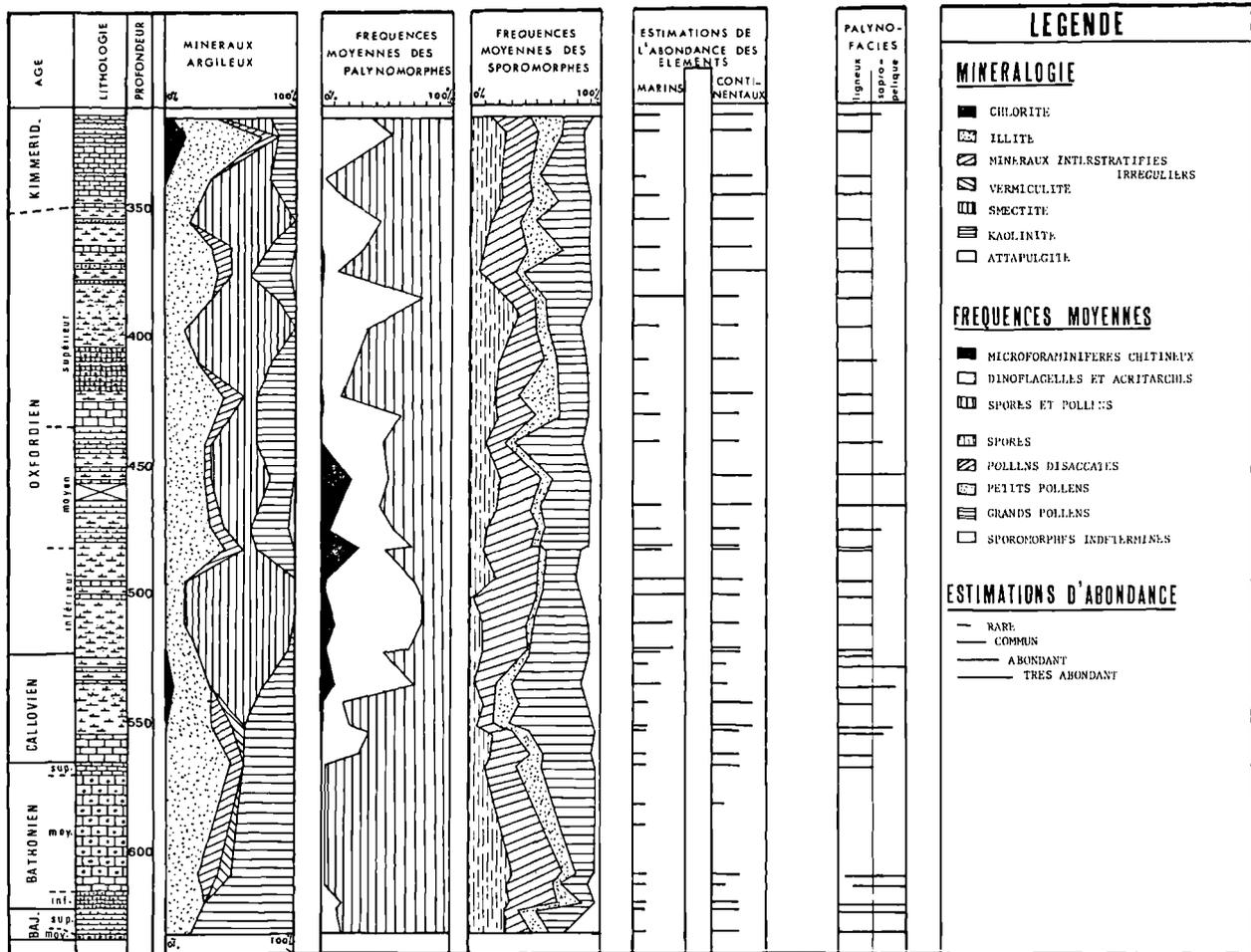


Fig. 5. — Vermandovillers : Corrélations entre les résultats palynologiques et minéralogiques.

interstratifiés irréguliers et de kaolinite augmentent, correspondent, en général, aux pourcentages les plus élevés d'éléments palynologiques continentaux (spores et pollens). Ces périodes, attribuées par l'étude sédimentologique à une reprise de l'activité tectonique sur le continent, pourraient en outre marquer un rapprochement de la ligne de rivage des sites correspondant aux sondages, favorisant ainsi l'apport de matériel continental dans le milieu de dépôt.

**B) RELATIONS ENTRE LA MINERALOGIE DE LA FRACTION ARGILEUSE ET LES FREQUENCES DES GRANDS GROUPES DE SPORES ET POLLENS.**

On constate, dans les sédiments jurassiques, que les fréquences relatives des spores et pollens disaccates

varient peu au cours du temps et d'un sondage à l'autre (spores : 17 à 18 % en moyenne ; pollens disaccates : 24 à 25 % en moyenne). Par contre, les petits pollens sont plus abondants à APO 1 bis (25,5 % en moyenne) (fig. 4), qu'à Vermandovillers (11,5 % en moyenne) (fig. 5) et ceci au détriment des grands pollens (18 % à APO 1 bis et 34 % à Vermandovillers). Si on considère que la majorité des petits pollens est amenée au milieu de sédimentation par le vent (Reyre, 1973), leur proportion devrait augmenter lorsque l'on s'éloigne du rivage car les spores et grands pollens, transportés par l'eau, deviennent rares au large et sont sous-représentés par rapport aux éléments anémophiles.

Cette observation est en contradiction avec l'hypothèse émise précédemment, et selon laquelle, durant le Jurassique, le site du sondage de Vermandovillers se trouvait plus au large que celui du sondage APO 1 bis.

Il faut cependant remarquer que les pollens disacates, destinés eux aussi à être transportés par le vent, montrent, en moyenne, des pourcentages très voisins (24 à 25 %) dans les sédiments des deux sondages. D'autre part, il est certain que seule l'étude des fréquences absolues (nombre de spécimens par gramme de sédiment) permettrait des interprétations plus sûres. Quoiqu'il en soit, cette question demeure ouverte.

C) UTILISATION DE LA PALYNOLOGIE ET DE LA SEDIMENTOLOGIE DANS DES CORRELATIONS STRATIGRAPHIQUES ENTRE SONDAGES.

Les résultats de la sédimentologie, alliés à ceux de la palynologie, permettent de préciser certaines limites stratigraphiques de nos sondages.

On observe, dans le Jurassique supérieur des sondages APO 1 bis et Vermandovillers, trois périodes durant lesquelles les proportions de minéraux primaires (chlorite, illite) et de kaolinite augmentent, traduisant sur le continent une reprise probable de l'érosion liée à une instabilité tectonique. Ces épisodes se répartissent de la manière suivante dans nos sondages, en fonction de l'échelle stratigraphique donnée par Bonte (1974, 1978) : un au sommet de l'Oxfordien moyen, un à l'Oxfordien terminal et un à la base du Kimmeridgien (fig. 6).

On constate que les épisodes (2) et (3) sont synchrones, en particulier l'épisode (2) de l'Oxfordien terminal qui est bien marqué dans les deux sondages par l'apparition de *Senoniasphaera cf. jurassica* (Gitmez et Sarjeant) Lentini et Williams.

En revanche, il existe un décalage peu compréhensible pour l'épisode (1), daté sommet de l'Oxfordien moyen à Vermandovillers. Il paraît raisonnable, compte tenu également de la répartition du plancton, de proposer que la limite Oxfordien moyen-Oxfordien supérieur à Vermandovillers se situe un peu plus haut dans la série lithologique (à environ la cote 420 m).

Il faut cependant noter que ce sont là des corrélations indirectes à considérer avec précautions. Cette tentative illustre l'une des voies susceptibles d'être fertiles lorsque l'on compare les données de composants sédimentaires différents.

V. — CONCLUSIONS

Au cours de ce travail, nous avons étudié la répartition stratigraphique de la microflore et des assemblages minéralogiques argileux des sédiments du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France.

L'étude palynologique nous a conduit à établir une zonation palynostratigraphique de caractère régional, comprenant 9 zones et 11 sous-zones basées principalement sur les données fournies par les dinoflagellés.

L'étude sédimentologique a montré que les minéraux argileux présentent une distribution indépendante de l'enfouissement et de la lithologie. Ils sont pour l'essentiel hérités des paysages alluvionnaires de l'époque et nous ont permis de tracer les grands traits climatiques, tectoniques et paléogéographiques ayant prévalu sur le Nord de la France.

L'étude engagée sur les relations entre les résultats de la Palynologie et ceux de la Sédimentologie des argiles a montré que les informations apportées par ces deux méthodes pouvaient être complémentaires, à condition d'être utilisées avec précautions.

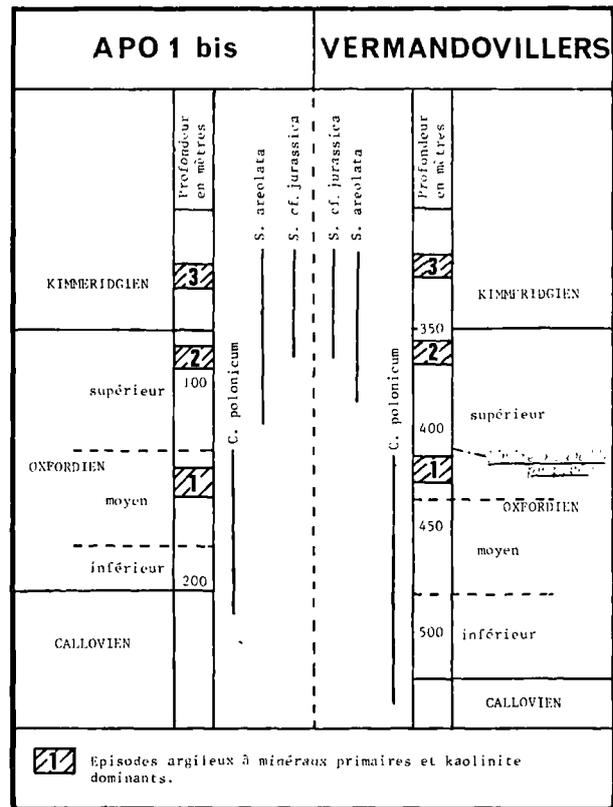


Fig. 6. — Essai de corrélation stratigraphique indirecte dans le Jurassique supérieur.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) AGER D.V. et WALLACE P. (1966). — The environmental history of the Boulonnais. France. *Proc. Geol. Asso.*, vol. 77, p. 385-418.
- 2) BONTE A. (1974). — Lias et Bajocien dans le Boulonnais. Le sondage de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCIV, p. 11-18.
- 3) BONTE A. (1978). — Le Jurassique de la bordure septentrionale du Bassin de Paris d'après les sondages. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCVIII, p. 279-286.
- 4) BONTE A. et LAVEINE J.P. (1962). — Sur la nature et l'âge des sédiments liasiques dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais). *C.R. Ac. Sc.*, t. 255, p. 2786-2788.
- 5) BRICHE P., DANZÉ-CORSIN P. et LAVEINE J.P. (1963). — Flore infraliasique du Boulonnais (macro- et microflore). *Mém. Soc. Géol. Nord*, t. XIII, p. 1-143, Pl. 1-11.
- 6) CHAMLEY H. (1971). — Recherches sur la sédimentation argileuse en Méditerranée. *Sci. Géol., Strasbourg*, Mém. 35, 225 p.
- 7) CHAMLEY H. (1979). — Les successions argileuses de l'Atlantique Nord, échos des changements mésozoïques et cénozoïques de l'environnement. *C.R. Ac. Sc.*, t. 289, p. 769-772.
- 8) CHAMLEY H. et MASSE J.P. (1975). — Sur la signification des minéraux argileux dans les sédiments barrémiens et bédouliens de la Provence (Sud-Est de la France). *IX<sup>e</sup> Congrès International de Sédimentologie*, Nice, p. 25-29.
- 9) CLARKE R.F.A. et VERDIER J.P. (1967). — An investigation of the microplankton assemblages from the chalk of the Isle of Wight. *Verh. Kon. Nederl. Akad. Wetensch., Afd. Natuurk. Eerste Reeks*, vol. 24, p. 1-96, Pl. 1-17.
- 10) DANZÉ J. et LAVEINE J.P. (1963). — Etude palynologique d'une argile provenant de la limite Lias-Dogger dans un sondage à Boulogne-sur-Mer. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIII, p. 79-90, Pl. XIII-XVI.
- 11) DAVEY R.J. (1969-1970). — Non calcareous microplankton from the Cenomanian of England, Northern France and North America. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Geol.)*. Part I. vol. 17, p. 103-180, Pl. 1-11 ; Part II, vol. 18, p. 333-397, Pl. 1-10.
- 12) DAVEY R.J. (1979). — Marine Apto-Albian palynomorphs from holes 400 A and 402 A, IPOD LÉG 48, Northern Bay of Biscay. *U.S. Government Printing Office*, vol. 48, p. 547-577. Pl. 1-8.
- 13) DAVEY R.J. et VERDIER J.P. (1971). — An investigation of microplankton assemblages from the Albian of the Paris Basin. *Verh. Kon. Ned. Akad. Wetensch., Afd. Natuurk. Eerste Reeks*, vol. 26, p. 1-58, Pl. 1-7.
- 14) DAVEY R.J. et VERDIER J.P. (1973). — An investigation of microplankton assemblages from latest Albian (Vraconian) sediments. *Rev. Espa. Micropal.*, vol. 5, n° 2, p. 173-212, Pl. 1-5.
- 15) DECOMMER H. et CHAMLEY H. (1981). — Environnements mésozoïques du Nord de la France, d'après les données des argiles et du palynoplancton. *C.R. Ac. Sc.*, t. 293, p. 695-698.
- 16) DEHEE R. (1927). — Coupe géologique de la Fosse St-Aybert des Mines de Thivencelles. Observations sur le Crétacé de la région de Valenciennes. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LII, p. 116-150.
- 17) DÖRING H. (1966). — Die Sporenstratigraphische Gliederung des Malms in nordlichen Mitteleuropa. *Abh. Zentr. Geol. Inst.*, H. 8, p. 69-85.
- 18) FAUCONNIER D. (1975). — Répartition des Périniens de l'Albien du Bassin de Paris. Liaison avec le cadre sédimentologique. *Bull. B.R.G.M.*, 2<sup>e</sup> série, sect. 1, n° 4, p. 235-273, 2 pl.
- 19) FOUCHER J.C. (1971). — Microfossiles des silex coniaciens de la falaise du Bois de Cise (Somme). *Cah. Micropal.* (II), 495, 13 p., 3 pl.
- 20) FOUCHER J.C. (1972). — Etude micropaléontologique des silex coniaciens du puits 19 de Lens-Liévin (Pas-de-Calais). *Bull. Mus. Hist. nat. Paris*, 21, Sci. Terre 5, p. 77-158, 14 pl.
- 21) FOUCHER J.C. (1974). — Microfossiles des silex du Turonien supérieur de Ruyaulcourt (Pas-de-Calais). *Ann. Paléont. (Invertébrés)*, t. 60, p. 113-164, Pl. 1-11.
- 22) FOUCHER J.C. (1976). — Microplancton des silex crétacés du Beauvaisis. *Cah. Micropal.*, 1976-2, 28 p. 6 pl.
- 23) FOUCHER J.C. (1979). — Distribution stratigraphique des kystes de dinoflagellés et des acritarches dans le Crétacé du Bassin Parisien et de l'Europe septentrionale. *Palaeontographica*, Abt. B, Bd 169, p. 78-105.
- 24) FOUCHER J.C. et VERDIER J.P. (1976). — Distribution des kystes de dinoflagellés dans les formations albiennes à coniaciennes du Bassin de Paris. *Conférence permanente de Biostratigraphie, Réunion de Micropaléontologie*.
- 25) GIBBS R.J. (1977). — Clay mineral segregation in the marine environment. *J. sedim. Petrol.*, 47 (1), p. 237-243.
- 26) HERNGREEN G.F.W. et DEBOER K.F. (1974). — Palynology of Rhetian, Liassic and Dogger in the Netherlands with emphasis on the Achterhoek area. *Geol. Mijnb.*, vol. 53, n° 6, p. 343-369, Pl. 1-6.
- 27) LEVET-CARETTE J. (1963). — Etude de la microflore infraliasique d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIII, p. 101-128, Pl. XVII-XX.
- 28) LEVET-CARETTE J. (1964a). — Etude de la microflore bajocienne d'un sondage effectué dans le sous-sol de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIV, p. 91-121, Pl. V-VI.
- 29) LEVET-CARETTE J. (1964b). — Microflore infraliasique du Boulonnais (carrière Napoléon). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIV, p. 265-287, Pl. X-XI.

- 30) MILLOT G. (1964). — Géologie des argiles. Masson, édit., 499 p.
- 31) PORRENGA D.H. (1967). — Clay mineralogy and geochemistry of recent marine sediments in tropical areas. *Fysich. Geographisch. Labor. Universiteit, Stolk., Amsterdam*, 145 p.
- 32) RAYNAUD J.F. (1978). — Principaux dinoflagellés caractéristiques du Jurassique supérieur d'Europe du Nord. *Palinologia*, n° extra. 1, p. 387-405, 2 pl.
- 33) REYRE Y. (1973). — Palynologie du Mésozoïque saharien. *Mém. Mus. Nat. Hist. nat.*, sér. C, t. 27, p. 1-275, Pl. 1-48.
- 34) SARJEANT W.A.S. (1961). — Microplankton from the Kellaways Rocks and Oxford Clay of Yorkshire. *Palaeontology*, vol. 4, p. 90-118, Pl. 13-15.
- 35) SARJEANT W.A.S. (1968). — Microplankton from the Upper Collovian and Lower Oxfordian of Normandy. *Rev. Micropaléontologie*, vol. 10, p. 221-242, Pl. 1-3.
- 36) SARJEANT W.A.S. (1976). — English Jurassic Dinoflagellate cysts and Acritarchs: a reexamination of some type and figured specimens. *Geoscience and Man*, vol. 15, p. 1-24, Pl. 1-7.
- 37) SARJEANT W.A.S. (1979). — Middle and Upper Jurassic dinoflagellate cysts: the world excluding North-America. *A.A.S.P., Cont. ser.*, n° 5B, p. 133-157, 3 pl.
- 38) SCHULZ E. (1967). — Sporenpaläontologische untersuchungen ratoliassicher schichten im Zentralteil des germanischen Beckens. *Paläont. Abh. B*, Bd 2, H. 3, p. 427-633, Pl. 1-26.
- 39) SCHULZ E. et MAI D.H. (1966). — Erläuterungen zur Tabelle der stratigraphischen Verbreitung des Phytoplanktons im Lias und Dogger. *Zentr. Geol. Inst.*, H. 8, p. 32-47.
- 40) VAN ERVE A.W. (1977). — Palynological investigations in the Lower Jurassic of the Vicentinian Alps (Northeastern Italy). *Rev. Palaeobot. Palyno.*, vol. 23, n° 1, p. 1-117, Pl. 1-22.
- 41) VERDIER J.P. (1975). — Les kystes de dinoflagellés de la section de Wissant et leur distribution stratigraphique au Crétacé moyen. *Rev. Micropaléontologie*, vol. 17, n° 4, p. 191-197.

#### EXPLICATION DES PLANCHES (\*)

##### PLANCHE XI

- Fig. 1. — *Adnatosphaeridium aemulum* (Deflandre) Williams et Downie.  
Vermandovillers : 502,90 m - F1.
- Fig. 2. — *Systematophora valensii* (Sarjeant) Downie et Sarjeant.  
Vermandovillers : 495,50 m - F11.
- Fig. 3. — *Systematophora areolata* Klement.  
APO 1 bis : 160-161 m - AA2.
- Fig. 4. — *Ctenidodinium ornatum* (Eisenack) Deflandre.  
Vermandovillers : 541,70 m - F14.
- Fig. 5. — *Compositosphaeridium polonicum* (Gorka) Erkmen et Sarjeant.  
Vermandovillers : 522,35 m - G1.
- Fig. 6. — *Cyclonephelium distinctum* Deflandre et Cookson.  
Bellonne : 105,60 m - Y18.
- Fig. 7. — *Chatangiella tripartita* (Cookson et Eisenack) Lentin et Williams.  
Thivencelles : 133-133,50 m - X13.
- Fig. 8. — *Wanea fimbriata* Sarjeant.  
APO 1 bis : 205-206 m - R16.
- Fig. 9. — *Dinogymnium denticulatum* (Alberti) Evitt et al.  
Bellonne : 26,30 m - Z29.
- Fig. 10. — *Callaiosphaeridium asymmetricum* (Deflandre et Courteville) Davey et Williams.  
Wavans : 114 m - V4.
- Fig. 11. — *Epelidosphaeridia spinosa* (Cookson et Hughes) Davey.  
Wavans : 133,10 m - V17.
- Fig. 12. — *Dinogymnium euclaensis* Cookson et Eisenack.  
Thivencelles : 31,65-31,75 m - Z35.
- Fig. 13. — *Oligosphaeridium pulcherrimum* (Deflandre et Cookson) Davey et Williams.  
Bellonne : 175 m - X27.
- Fig. 14. — *Palaeohystrichophora infusorioides* Deflandre.  
Bellonne : 105,60 m - Y20.
- Fig. 15. — *Hystrichosphaeridium arundum* Eisenack et Cookson.  
Bellonne : 175,35 m - X26.
- Fig. 16. — *Litosphaeridium siphoniphorum* (Cookson et Eisenack) Davey et Williams.  
Bellonne : 171,20 m - Y9.
- Fig. 17. — *Spinidinium rhombicum* (Cookson et Eisenack) Stover et Evitt.  
Thivencelles : 91-93 m - T21.

(\*) Toutes les figures sont au grossissement 500.

Fig. 18. — *Spiniferites ramosus ramosus* (Ehrenberg)  
Loeblich.  
Wavans : 160-161 m - S18.

Fig. 19. — *Senoniasphaera* cf. *jurassica* (Gitmez et Sarjeant) Lentin et Williams.  
APO 1 bis : 62-62,70 m - S5.

PLANCHE XII

Fig. 1. — *Surculosphaeridium vestitum* (Deflandre)  
Davey et al.  
Vermandovillers : 523,45 m - H10.

Fig. 2. — *Gonyaulacysta scarburghensis* Sarjeant.  
Vermandovillers : 502,90 m - G6.

Fig. 3. — *Cribroperidinium edwarsi* (Cookson et Eisenack) Davey.  
Wavans : 146 m - T16.

Fig. 4. — *Cordosphaeridium truncigerum* (Deflandre)  
De Coninck.  
Bellonne : 66 m - Z6.

Fig. 5. — *Silicisphaera ferox* (Deflandre) Davey et Verdier.  
Wavans : 34 m - W19.

Fig. 6. — *Gonyaulacysta jurassica* (Deflandre) Norris et Sarjeant.  
Vermandovillers : 502,90 m - G8.

Fig. 7. — *Senoniasphaera rotundata* Clarke et Verdier.  
Wavans : 39 m - X6.

Fig. 8. — *Sensutidinium pilosum* (Ehrenberg) Sarjeant et Stover.  
Vermandovillers : 522,35m - H11.

Fig. 9. — *Chlamydophorella nyei* Cookson et Eisenack.  
Wavans : 146 m - T14.

Fig. 10. — *Exesipollenites tumulus* Balme.  
Vermandovillers : 344,45 m - B23.

Fig. 11. — *Raistrickia brevitruncatus* Levet-Carette.  
APO 1 bis : 254 m - A24.

Fig. 12. — *Lycopodiumsporites clavatoides* Couper.  
Wavans : 207 m - B3.

Fig. 13. — *Gleicheniidites conspicendus* (Bolchovitina) Krutzsch.  
Vermandovillers : 631,80 m - K24.

Fig. 14. — *Staplinisporites rotalis* Döring.  
Vermandovillers : 354,70 m - H20.

Fig. 15. — *Tuberositriteles* sp.  
Vermandovillers : 482 m - H16.

Fig. 16. — *Lycospora salebrosacca* (Maljavkina) Schulz.  
APO 1 bis : 297,20-297,30 m - B19.

Fig. 17. — *Circularesporites cerebroides* Danzé et Laveine.  
APO 1 bis : 297,20-297,30 m - B8.

Fig. 18. — *Callialasporites dampieri* (Balme) Dev.  
APO 1 bis : 254 m - C1.

Fig. 19. — *Ischyosporites variegatus* (Couper) Schulz.  
APO 1 bis : 254 m - B5.

Fig. 20. — *Lycopodiacidites cerniidites* Roos.  
APO 1 bis 318 m - T4.

Fig. 21. — *Classopollis classoides* Pflug.  
APO 1 bis : 294 m - C30.

Fig. 22. — *Tsugaepollenites mesozoicus* Couper.  
Wavans : 207 m - B28.

Fig. 23. — *Densoisporites velatus* Weyland et Krieger.  
Wavans : 207 m - B16.

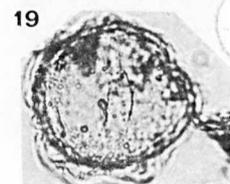
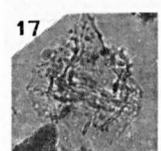
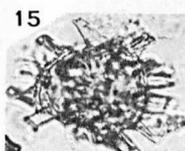
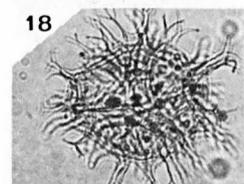
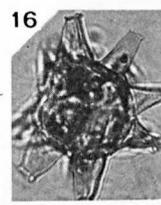
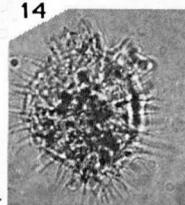
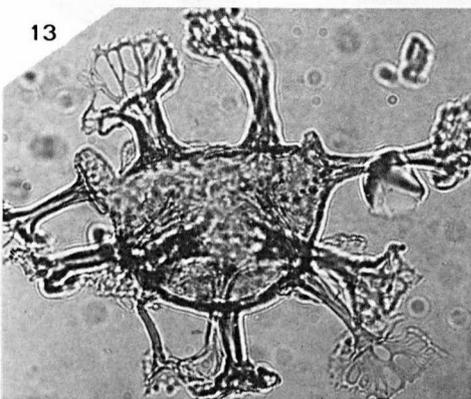
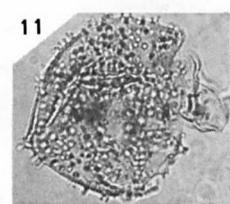
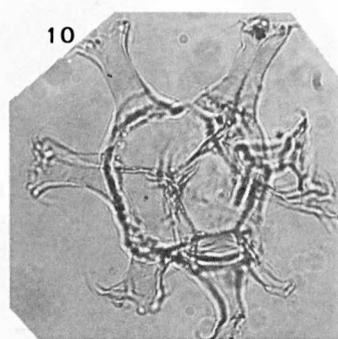
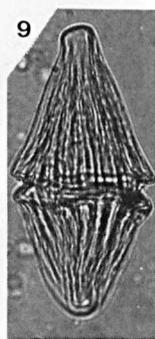
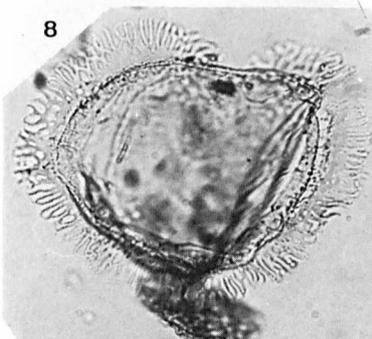
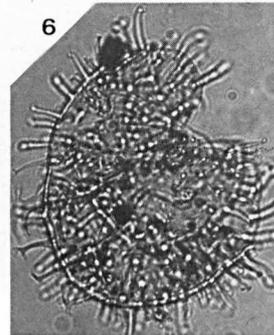
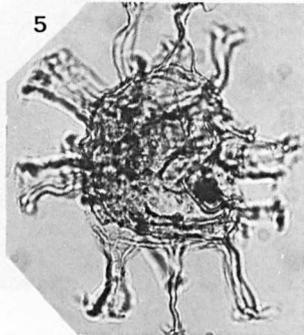
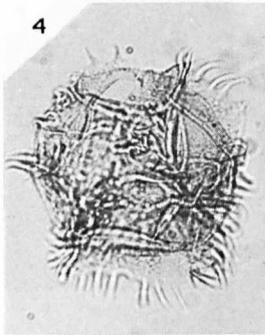
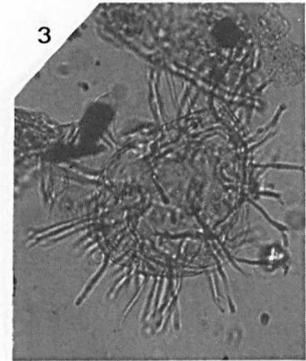
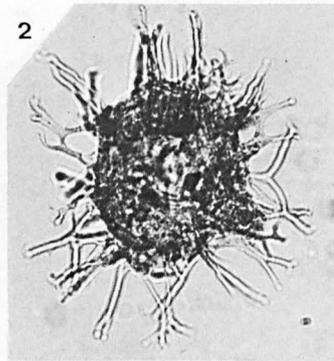
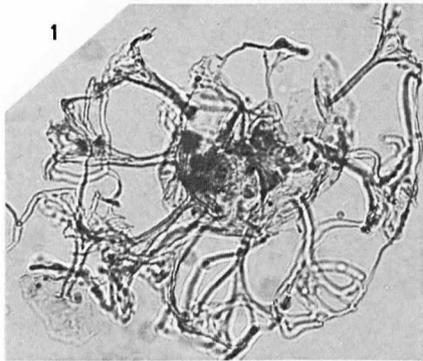
Fig. 24. — *Chasmatosporites major* Nilsson.  
APO 1 bis : 307 m - D14.

Fig. 25. — *Gynkgoretectina* sp.  
APO 1 bis : 321,80 m - D10.

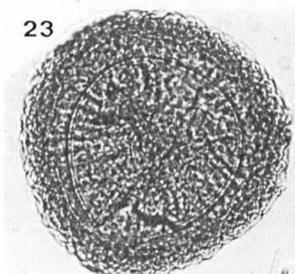
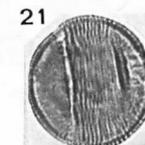
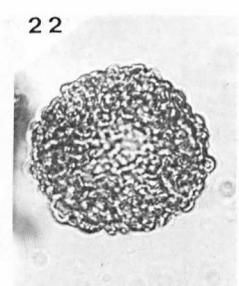
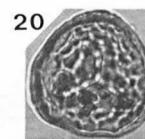
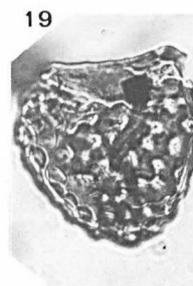
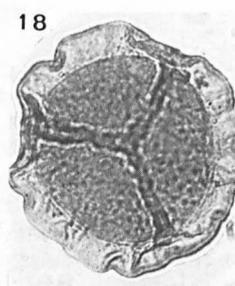
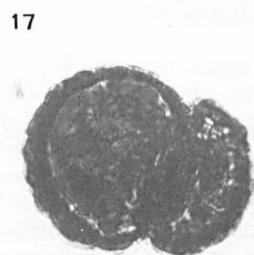
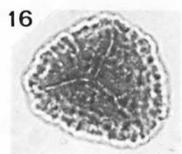
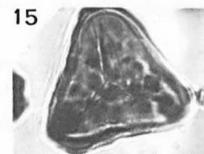
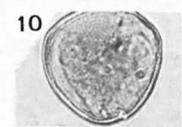
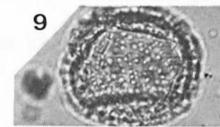
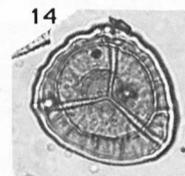
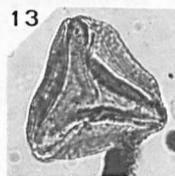
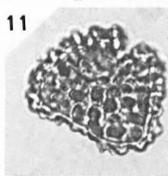
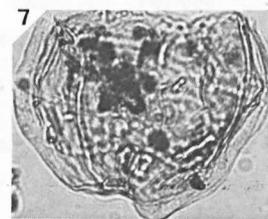
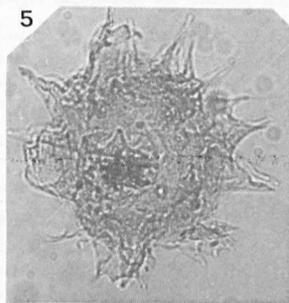
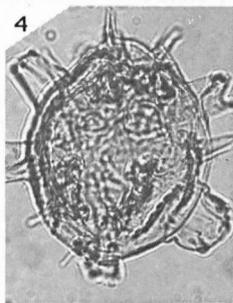
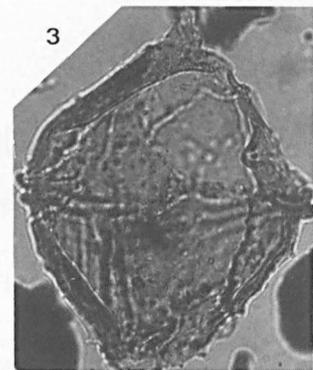
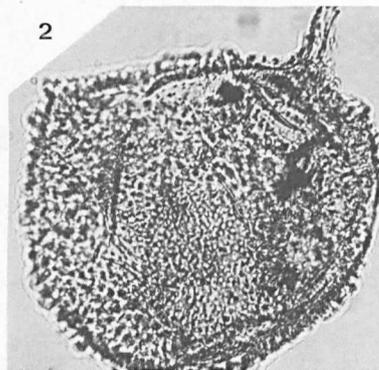
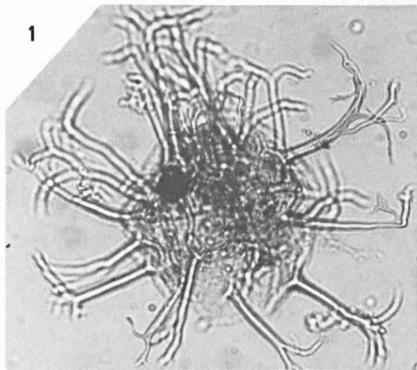
Fig. 26. — *Alisporites bilateralis* Rouse.  
Wavans : 207 m - C10.

Fig. 27. — Microforaminifère chitineux.  
Vermandovillers : 482 m - D27.











## Structure géologique de la région de Thessalie orientale (Grèce)

par G. KATSIKATSOS, G. MIGIROS et M. VIDAKIS(\*)

**Résumé.** — Une étude stratigraphique, tectonique et pétrologique montre qu'en Thessalie orientale se superposent de bas en haut les unités tectoniques et lithologiques suivantes :

1°) *L'unité de l'Olympe*, série carbonatée continue depuis le Trias jusqu'à l'Eocène moyen, surmontée par un flysch, lui donne un caractère de zone externe qui constitue l'autochtone relatif de la région.

2°) *L'unité de l'Ossa*, série de marbres surmontés par un flysch, affectée par un métamorphisme épizonal, (= équivalent de l'unité d'Almyropotamos en Eubée du Sud) qui chevauche l'unité de l'Olympe.

3°) *L'unité d'Ambelakia*, série composée d'une alternance de métasédiments et de métabasites, affectée par un métamorphisme polyphasé (une phase dans le faciès "schistes verts" est reprise par un métamorphisme de haute pression et basse température, puis par un métamorphisme épizonal) qui chevauche l'unité de l'Ossa (= équivalent de l'unité de l'Ochi en Eubée du Sud).

4°) *L'unité de la zone pélagonienne* qui chevauche l'unité d'Ambelakia et avec elle l'unité de l'Ossa et comprend :

- a) un substratum cristallin pré-Carbonifère ;
- b) des formations d'âge Paléozoïque supérieur à Trias moyen discordantes sur ce substratum avec une faune de Conodontes indiquant un âge Ladinien-Carnien inférieur ;
- c) des marbres triasico-jurassiques (marbres de Sarakinou) comportant de petits gisements de bauxite appartenant au premier horizon bauxitique avec des faunes du Trias moyen et supérieur ;
- d) la nappe éohellénique (nappe anté-Crétacé supérieur) qui chevauche, entre le Jurassique terminal et le Crétacé inférieur, les formations de la zone pélagonienne sur une surface fortement érodée ;
- e) des marbres du Crétacé supérieur (marbres d'Agia), transgressifs en général sur les formations de la nappe éohellénique.

5°) *La nappe de Veneto*, calcaires non métamorphiques qui ont fourni une faune datée du Vraconien-Cénomaniens et qui chevauchent une surface fortement érodée de la zone pélagonienne.

6°) *Les intrusions granitiques récentes* : granites et granodiorites traversant l'unité d'Ambelakia et l'unité de la zone pélagonienne dont l'âge est plus jeune que 40 millions d'années.

### INTRODUCTION

La région étudiée comprend la plus grande partie de la Thessalie orientale. Elle est limitée par la mer Egée à l'Est, l'Olympe au Nord, les villes de Trikala et Farkadon à l'Ouest, et le Pélion au Sud (fig. 1).

Les résultats exposés dans cette note, résultats ayant trait à la stratigraphie, la tectonique et au métamorphisme, sont le fruit d'un travail de plusieurs années mené dans le cadre du programme de l'Institut de Recherches Géologiques et Minières d'Athènes.

Comme le montrent les fig. 2 et 3, la Thessalie orientale présente de bas en haut les unités tectoniques et lithologiques suivantes (fig. 3 et 4) :

- l'unité de l'Olympe,
- l'unité de l'Ossa,

(\*) Institut de Recherches Géologiques et Minières, Rue Messoghion 70, Athènes, 608 (Grèce).

Note présentée le 4 Novembre 1981 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 3 Mars 1982.



Fig. 1.

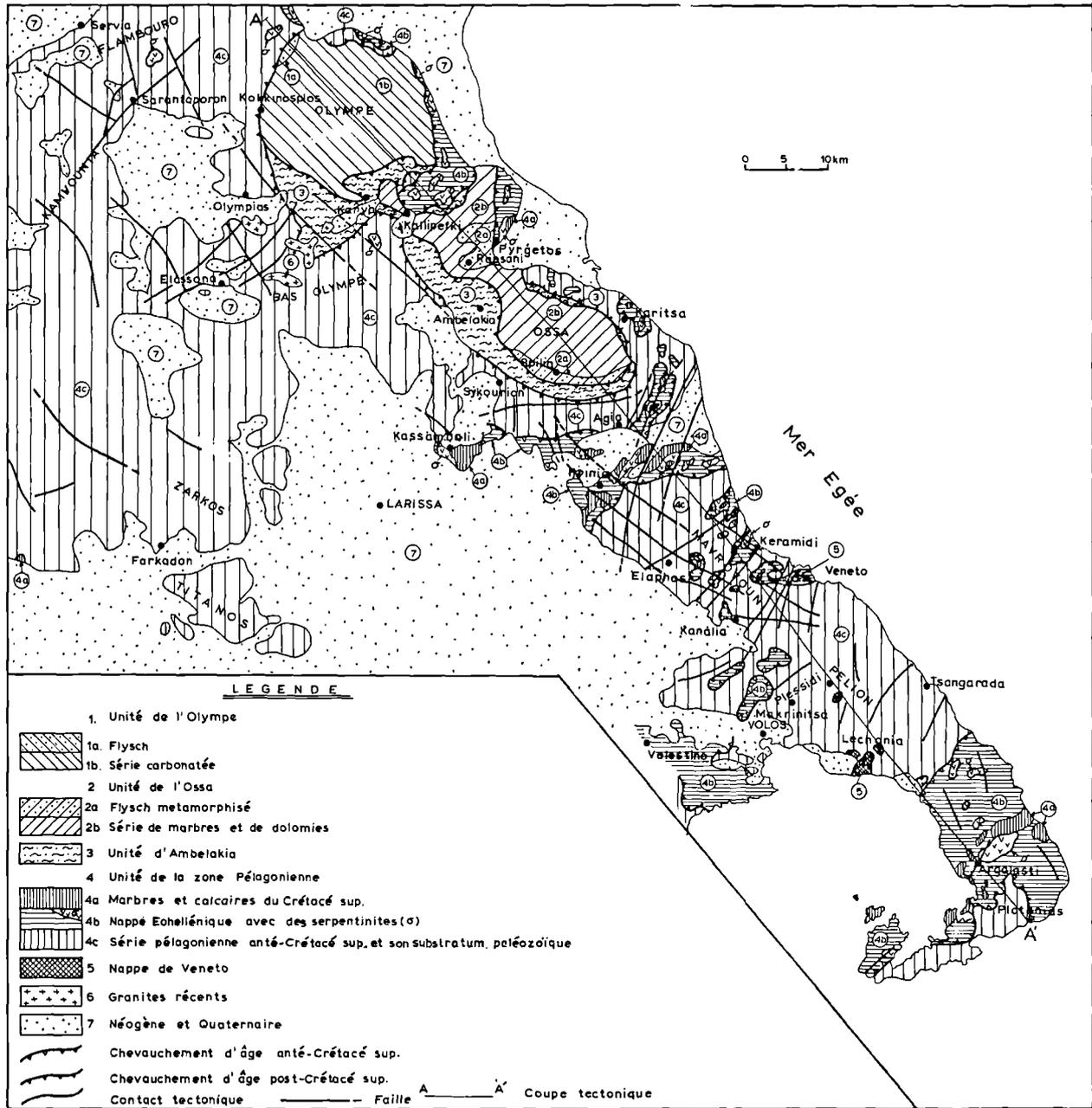


Fig. 2. — Carte des unités tectoniques de Thessalie orientale (Grèce).

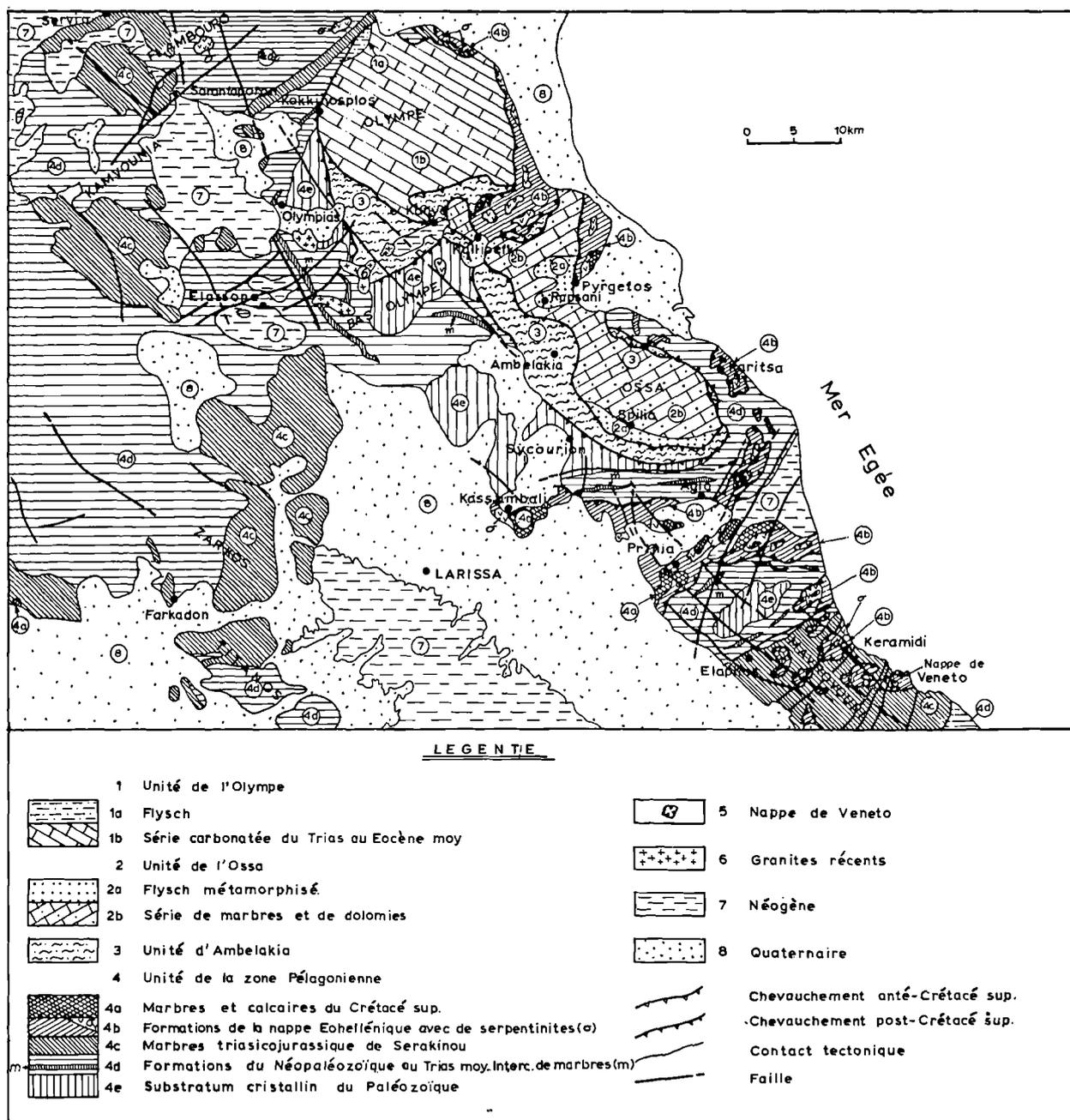


Fig. 3. — Carte géologique de Thessalie orientale.

- l'unité d'Ambelakia,
- l'unité de la zone pélagonienne.
- la nappe de Veneto,
- les intrusions granitiques récentes.

## I. — L'UNITE DE L'OLYMPE

Cette unité, autochtone relatif de la région, comprend une série de calcaires cristallins et de dolomies d'une épaisseur de plus de 2.500 m, se terminant par un flysch (Godfriaux, 1968). La continuité de sédimentation du Trias au Lutétien montre l'appartenance de cette série aux zones externes des Hellénides. L'unité de l'Olympe est affectée par un métamorphisme faible (fig. 9).

## II. — L'UNITE DE L'OSSA

Elle se compose d'une série de marbres et de dolomies cristallines (d'une épaisseur apparente de plus de 700 m) à intercalations de niveaux phylliteux dans leur partie supérieure. Les marbres sont surmontés d'une série flyschoïde métamorphique (fig. 4).

Les marbres gris, parfois gris bleuté, se présentent en bancs moyens avec une texture à gros cristaux. Des niveaux centimétriques de silixite peuvent apparaître vers leur sommet. Aussi, près du sommet de l'Ossa, les dolomies sont parfois plus représentées que les marbres.

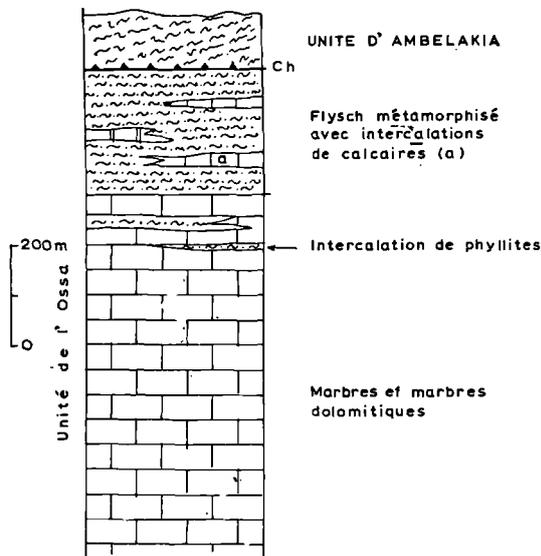


Fig. 4. — Colonne stratigraphique de l'unité de l'Ossa.

La série carbonatée de l'Ossa affleure dans toute la région de l'Ossa, celle des gorges du Tembi et entre Rapsani et Kallipefki dans le Bas-Olympe.

La série flyschoïde métamorphique se compose principalement de schistes et grès sériciteux avec des intercalations de calcaires cristallins gréseux. Dans un de ces bancs calcaires, Godfriaux a pu trouver *Alveolina* sp. (Ferrière, 1977a).

Les principaux minéraux du métamorphisme sont : l'hydromuscovite, la séricite, la chlorite et l'épidote en petite quantité. Ils sont caractéristiques d'un métamorphisme épizonal. Ce métamorphisme affecte non seulement l'unité de l'Ossa, mais aussi les unités qui la chevauchent.

Cette série flyschoïde (d'une épaisseur de plus de 300 m) affleure sur le flanc sud de l'Ossa et dans la région de Rapsani.

Nous excluons que des formations à métamorphisme de haute pression et basse température accompagnant un cortège ophiolitique, que Derycke et Godfriaux (1976 et 1977) incluaient, existent dans la série flyschoïde de l'Ossa. A notre avis, ces roches appartiennent à une autre unité qui chevauche l'unité de l'Ossa (unité d'Ambelakia).

L'unité de l'Ossa est l'équivalent de l'unité d'Almyropotamos en Eubée du sud (Katsikatos *et al.*, 1976 et Katsikatos, 1977). En Eubée, cette unité comprend elle aussi une série carbonatée de grande épaisseur dans laquelle l'un de nous a trouvé des fossiles du Trias et du Crétacé supérieur (Katsikatos, 1971). Elle est aussi surmontée par un flysch métamorphique.

L'unité de l'Ossa chevauche, après le Lutétien, l'unité de l'Olympe (fig. 5).

## III. — L'UNITE D'AMBELAKIA

L'unité d'Ambelakia affleure largement dans le Bas-Olympe, sur le flanc sud de l'Ossa, entre Sikourion et Spilia (Katsikatos, 1977a), et en de nombreuses klippes reliques sur le flysch ou sur la partie supérieure de la série carbonatée de l'Ossa (fig. 3). Elle comprend une alternance de grande épaisseur (plus de 800 m), de métasédiments et de metabasites avec, surtout dans sa partie supérieure, de petites intercalations de marbres. Les metabasites sont parfois dominantes, comme dans la région de Sikourion (fig. 6).

Les métasédiments consistent principalement en schistes micacés à glaucophane, schistes amphibolitiques et par endroit schistes gneissiques à glaucophane.

Les metabasites, de couleur générale bleutée (due à l'abondance du glaucophane), comportent en majeure partie des schistes micacés à glaucophane et albite, des prasinites à glaucophane, des schistes am-

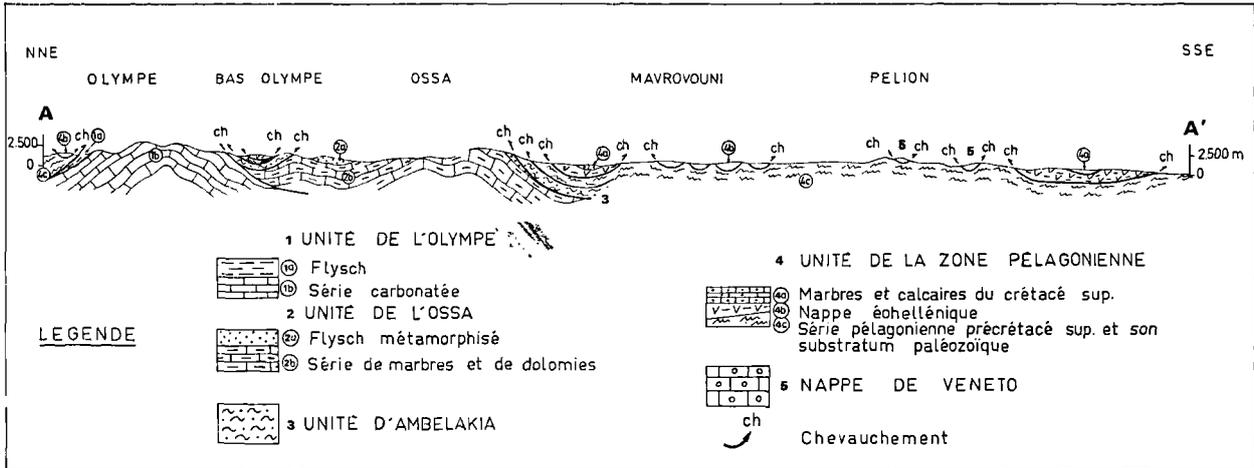


Fig. 5. — Coupe tectonique A - A' de l'Olympe au Pélion.

phibolitiques et par endroits schistes gneissiques à glaucophane. Elles gardent parfois, avec une schistosité moins bien développée que dans les métasédiments, leur aspect massif original.

L'unité d'Ambelakia est affectée par un métamorphisme polyphasé (fig. 9). Un métamorphisme dans le faciès "schistes verts" est repris par un métamorphisme de haute pression et basse température plus récent avec glaucophane, lawsonite, albite et quelquefois chlorite. D'après Winkler (1976), cet assemblage de minéraux est caractéristique d'un métamorphisme de très bas degré (very low grade meta-

morphism), entre les faciès lawsonite-albite et lawsonite-glaucophane.

Ce métamorphisme de haute pression et basse température affecte aussi les formations de la zone pélagonienne. Il diminue progressivement vers l'ouest (région de Farkadon et Trikala) et vers le nord (région de Sarandaporon-Flambouron).

D'après l'étude des données stratigraphiques, l'âge de ce métamorphisme doit être post-crétacé supérieur et anté-lutétien : les formations à Rudistes du Crétacé supérieur d'Agia sont affectées par le métamorphisme et pas les calcaires de l'Olympe qui comprennent au sommet de leur série des faunes de l'Eocène moyen (Derycke et Godfriaux, 1977).

Yarwood et Aftalion (1976), par des datations sur roche totale, déterminent pour la dernière phase de déformation dans les Pieria un âge de  $40 \pm 1,2$  M.A. Pour nous, cet âge est équivalent à celui du métamorphisme de haute pression basse température dans notre région.

Postérieurement à ces deux phases, les roches de l'unité d'Ambelakia subissent un métamorphisme épizonal.

L'unité d'Ambelakia chevauche l'unité de l'Ossa et est chevauchée par l'unité de la zone pélagonienne.

Elle représente pour nous un équivalent de l'unité de l'Ochi en Eubée du Sud. Elles sont toutes deux affectées par un métamorphisme de type "schistes bleus" et se trouvent toutes deux dans la même position tectonique (Katsikatos, 1977a). En effet, en Eubée, les formations de l'Ochi chevauchent l'unité d'Almyropotamos (équivalent de l'unité de l'Ossa) et sont chevauchées par les formations de la zone

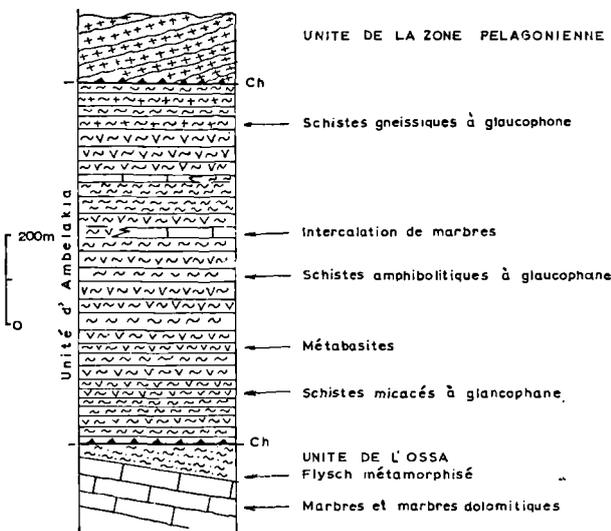


Fig. 6. — Colonne stratigraphique de l'unité d'Ambelakia.

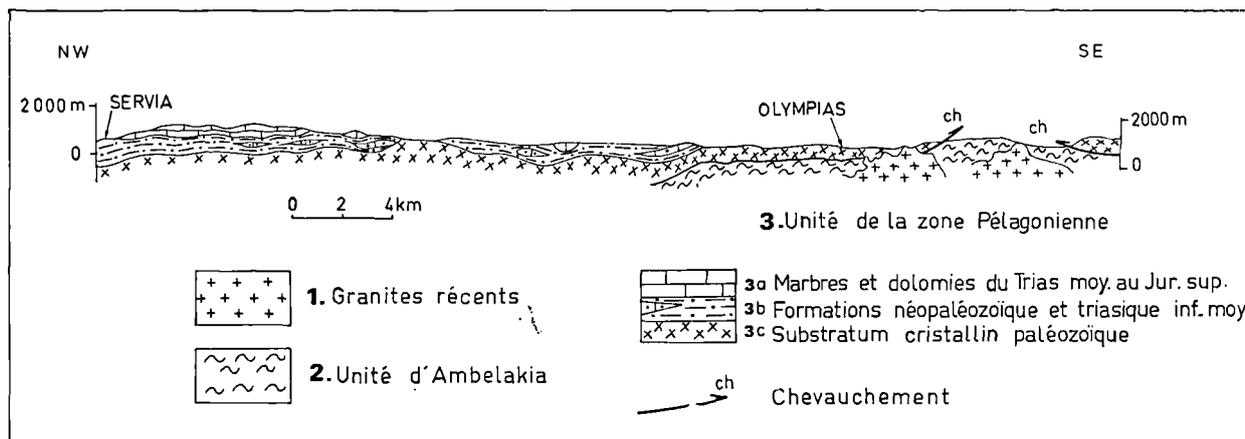


Fig. 7. — Coupe géologique de Servia à Olympias.

pélagonienne d'Eubée centrale et du nord. En Eubée toutefois, celles-ci ne sont pas métamorphiques.

En contradiction avec nous, Derycke et Godfriaux (1976) incluent les formations d'Ambelakia dans l'unité de l'Ossa, celles-ci subissant pour eux dans son ensemble un métamorphisme de haute pression et basse température.

Ferrière (1977a) fait une analogie possible entre les schistes bleus du Pélion et la partie supérieure de la série de l'Ossa. Pour nous, comme nous l'expliquerons plus bas en détail, les formations à glaucophane du Haut-Pélon ne constituent pas une unité tectonique mais sont le substratum stratigraphique normal des marbres de Sarakinou, série carbonatée allant du Trias moyen-supérieur au Jurassique supérieur.

#### IV. — L'UNITÉ DE LA ZONE PELAGONIENNE

Les formations de la zone pélagonienne sont presque toutes métamorphiques. Elles chevauchent avec l'unité d'Ambelakia sur l'unité de l'Ossa. Elles comportent de bas en haut (fig. 8) :

- un substratum cristallin paléozoïque ;
- des formations métamorphiques d'âge paléozoïque supérieur à Trias inférieur et moyen ;
- une série carbonatée d'âge triasico-jurassique de Sarakinou ;
- la nappe éohellénique ;
- des marbres du Crétacé supérieur d'Agia.

##### 1) Le substratum cristallin paléozoïque.

Il affleure largement dans la partie nord du Mavrovouni, la région de Sikourion et le Bas-Olympe (fig. 3). Son épaisseur dépasse les 1.000 m.

Les roches carbonatées sont absentes de ce complexe où dominent des ortho et des paragneiss à deux micas, quelquefois œillés, des schistes gneissiques, avec des intercalations de schistes amphibolitiques et d'amphibolites. L'ensemble est recoupé par des veines d'aplite et de pegmatite.

Dans les gneiss et les schistes gneissiques dominent le quartz, les feldspaths (alcalins ou plagioclases dont des néoblastes d'albite), les micas (muscovite, hydro-

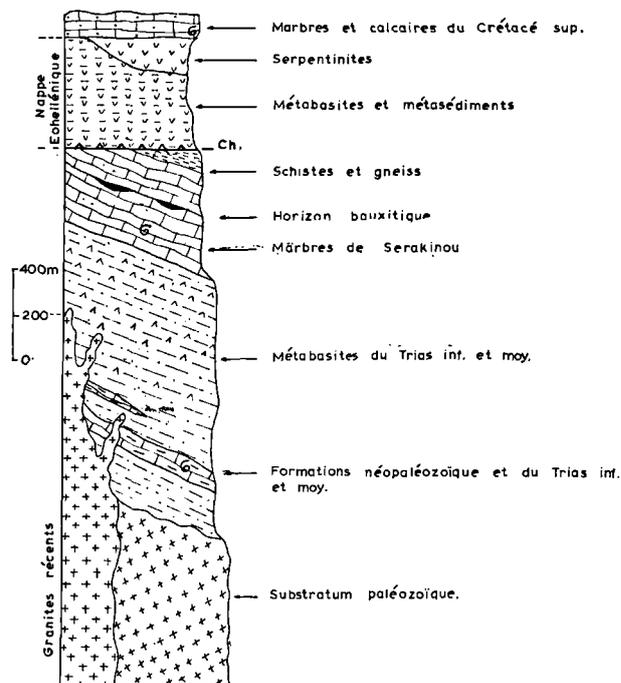


Fig. 8. — Colonne stratigraphique de la zone pélagonienne.

muscovite et biotite). Moins fréquemment apparaissent chlorite, séricite, stilpnomelane, amphiboles (hornblende, actinote glaucophanitisée et glaucophane), épidote, lawsonite et grenat.

Dans les schistes amphibolitiques, les minéraux principaux sont la hornblende, l'actinote (glaucophanitisée), le glaucophane, les plagioclases dont d'abondants néoblastes d'albite.

Ces minéraux sont en fait les témoins d'un métamorphisme polyphasé (fig. 9) :

— Une première phase est caractérisée par une association hornblende, biotite, feldspaths alcalins et plagioclases acides possédant une structure granitique. Elle est d'âge paléozoïque comme le montre une comparaison avec les régions voisines ;

— Une deuxième phase de métamorphisme de faciès "schistes verts" avec comme minéraux principaux l'actinote (en substitution de la biotite) et le grenat.

Yarwood et Aftalion (1976) ont montré, pour ce métamorphisme, par des datations sur roche totale et sur les phengites, un âge de  $127 \pm 3$  M.A. Cet âge correspond à la mise en place, pendant le Jurassique terminal et le Crétacé inférieur, des nappes anté-Crétacé supérieur (nappe éohellénique) ;

— Une troisième phase appartient au domaine du métamorphisme de haute pression et basse température (unité d'Ambelakia) et son âge est d'environ  $40 \pm 1,2$  M.A. Enfin, une quatrième phase de métamorphisme épizonal affecte la série après la mise en place de tout l'édifice tectonique sur l'unité de l'Olympe (fig. 9).

Un âge pré-carbonifère du substratum cristallin de la zone pélagonienne peut être clairement établi par une comparaison avec les régions voisines et surtout avec l'Eubée centrale et septentrionale où un substratum cristallin constitué d'ortho et de paragneiss à deux micas est recouvert en discordance par une série non métamorphique du Paléozoïque supérieur constituée principalement de roches détritiques. De petits bancs calcaires inclus dans cette série ont livré une faune d'âge carbonifère et permien (Katsikatsos, 1970, 1977a et 1977b).

Dans la région des Pieria, Yarwood et Aftalion (1976) montrent un âge carbonifère ( $305 \pm 5$  M.A.) pour des granites inclus dans des formations analogues à celles que nous avons étudiées.

## 2) Les formations du Paléozoïque supérieur - Trias inférieur et moyen.

Elles occupent la plus grande partie de la région étudiée (fig. 3). Elles consistent en une série de plus de 2.000 m d'épaisseur comprenant une grande variété de roches métamorphiques d'origine ortho ou para.

N'ayant subi que les trois dernières des quatre phases de métamorphisme précédemment décrites, elles reposent en discordance sur le substratum cristallin.

Les principaux types de roches présents sont des des micaschistes, schistes gneissiques schistes amphibolitiques, schistes à amphiboles et épidotes, amphibolites, prasinites et metabasites.

Leurs minéraux principaux sont le quartz, la muscovite, la chlorite, les feldspaths (alcalins et plagioclases acides dont de nombreux néoblastes d'albite), les amphiboles (actinote se transformant en général en glaucophane, glaucophane), le stilpnomelane, la calcite, l'épidote, la lawsonite et la séricite.

Des intercalations de marbres de couleur variable, d'une puissance métrique à hectométrique, apparaissent parfois, surtout dans la partie supérieure de la série.

Une de ces passées dans la région du Bas-Olympe nous a fourni une faune de Conodontes du Ladinien-Carnien inférieur (\*) avec :

*Prioniodina (Cypridodella) venusta* (Huckriede),  
*Neohindeonella triassica* (Muller),  
*Lonchodina hungarica* Kozur et Mostler,  
*Cornudina breviamulis minor* Kozur,  
*Rioniodina kochi* Huckriede.

Des passées marmoréennes, dans une position stratigraphique analogue, sont aussi présentes dans la région d'Elephos, en bordure nord du Mavrovouni et dans celle de Kokkinosplos dans le massif de l'Olympe. Ce niveau-repère permet, pour la première fois, de séparer dans la région les formations du Trias inférieur et moyen des séries plus anciennes. Dans ces formations, qui atteignent une épaisseur de plus de 1.000 m, sont interstratifiées les amphibolites, les prasinites, les metabasites, décrites plus haut.

Il ne semble pas y avoir ici de discordance entre elles et les formations du Paléozoïque supérieur.

Par analogie, les formations du Haut Pélion, qui apparaissent entre Makrinita et Tsangerada sous les marbres triasico-jurassiques de Sarakinou, doivent avoir le même âge. Plus précisément, les metabasites à glaucophane avec passées marmoréennes, affleurant près du village de Makrinita, doivent appartenir au Trias inférieur et moyen. Elles seraient alors dans leur position stratigraphique normale sous les marbres de Sarakinou.

La position que nous attribuons ainsi à ces séries du Haut Pélion est en contradiction avec l'interprétation de Ferrière (1977 et 1978), qui les voyait apparaître peut-être en fenêtre sous les marbres de Sarakinou.

## 3) Les marbres triasico-jurassiques de Sarakinou.

En règle générale, ces marbres sont la continuation normale vers le haut de la série précédemment décrite. A leur base, un horizon de passage contient

(\*) Les déterminations ont été faites par M. B. Vrielynck. que nous remercions ici vivement.

UNITES	faciès amphibolitique	faciès "schistes verts"	faciès "HP-BT"	métamorphisme épizonal
	hornblende, biotite, feldspaths.	biotite, muscovite, actinote, epidotes, grenats	glaucophane, lawsonite, albite, $\pm$ chlorite.	chlorite, séricite, hydromuscovite.
1. Unité de l'Olympe				?
1a. Flysch				
1b. Série carbonatée				
2. Unité de l'Ossa				
2a. Flysch métamorphisé				
2b. Série de marbres et de dolomies.				
3. Unité d'Ambelakia		/	/	/
4. Unité de la zone Pélagonienne.		/	/	/
4a. Marbres et calcaires du Crétacé sup.		/	/	/
4b. Nappe Eohellénique.		/	/	/
4c. Série pélagonienne triasicojurassique - néopaléozoïque.		/	/	/
4d. Substratum paléozoïque	/	/	/	/
5. Granites récents				/
6. Nappe de Veneto.				
7. Age de métamorphisme	Pré-Carbonifère	Jurassique sup. Crétacé inf.	40 M.A $\pm$ 1,2	Post-Eocène moy.

Fig. 9. — Tableau des faciès du métamorphisme des unités de la Thessalie orientale.

des calcschistes, des cipolins, des micaschistes à passées de metabasites. Actuellement, ces marbres peuvent toutefois reposer en discordance sur leur substratum. C'est le cas dans la région de Damassi, dans les monts

Zarkos, où ils reposent en discordance sur des métarkoses à passées conglomératiques.

Les marbres de Sarakinou occupent la majeure partie du Mavrovouni, du Pélion, des monts Zarkos

et Titanos et la partie orientale des monts Kamvounia (fig. 3). Ils affleurent aussi dans la région de Platania-Sarakinikon sur la côte sud de la presqu'île de Magnésie. Ils passent là vers le sud aux marbres de la région de Tragouvouni et à ceux de l'Eubée centrale et septentrionale, qui ne sont plus métamorphiques.

Leur épaisseur est de plus de 1.000 m. Ils sont en général en bancs moyens parfois plus massifs et d'une couleur gris bleuté. Leur base peut être plus dolomitique. Localement, des micaschistes parfois à glaucophane, avec une épaisseur de 10 à 50 m, y sont interstratifiés (région de Veneto).

Dans le Mavrovouni et sur la côte ouest du Pélion, des gisements de bauxite (de petites dimensions) existent dans leur partie supérieure. Ces gisements appartiennent au premier horizon bauxitique (ou horizon inférieur), connu dans des formations non métamorphiques de la zone pélagonienne, entre le Jurassique moyen et le Jurassique supérieur en Eubée, Locride et Béotie.

Dans la région entre Keramidi et Kanalia, dans le Mavrovouni, un horizon à environ 200 m de leur base nous a fourni une faune du Trias moyen-supérieur, avec :

*Involutina* sp.,  
*Turrispirillina* sp.,  
*Trochaminidae* sp.

Une faune triasique (Algues et Conodontes) avait déjà été décrite dans ces marbres par Ferrière (1977 et 1978) dans la région de Tsangarada et Volos. Aussi, Tataris (1975) a trouvé des Mégalodontes dans ces marbres de la région de Makrinitsa.

L'épaisseur des marbres de Sarakinou diminue vers le nord du Mavrovouni pour devenir nulle dans la région d'Agia. La cause de cette diminution est à rechercher dans une très forte érosion se produisant avant la mise en place de la nappe éohellénique.

Les marbres passent vers le haut à un horizon de schistes gneissiques, d'une puissance variant de quelques mètres à 200 mètres. Des affleurements de ces schistes sont visibles dans la région de Kanalia et de Keramidi (Mavrovouni).

#### 4) La nappe anté-Crétacé supérieur (nappe éohellénique).

Il s'agit d'un système de roches ophiolitiques métamorphisées et de métasédiments, qui chevauche les séries anté-Crétacé supérieur de la zone pélagonienne, entre la fin du Jurassique supérieur et le Crétacé inférieur. Elle repose sur une surface par endroits très fortement érodée. Ainsi, cette nappe peut reposer aussi bien sur les marbres de Sarakinou, sur les schistes qui les surmontent, sur les séries du Paléozoïque supérieur et du Trias inférieur et moyen, que sur les substratum cristallins.

La nappe est composée de métasédiments (schistes gneissiques avec des intercalations de marbres de faible épaisseur) et de roches ophiolitiques métamorphisées (principalement des prasinites, mais par endroits des diabases sont conservées, des schistes à amphiboles, des amphibolites). Des masses importantes de serpentinites apparaissent dans sa partie supérieure.

Les formations de la nappe éohellénique affleurent dans une grande partie de la région étudiée, plus particulièrement entre Mavrovouni et Ossa et entre Kallipefki et Pyrgetos (fig. 4). Dans la région d'Argalasti, elles ont été décrites par Wallbrecher (1977), dans celle de Volos et en Othrys, par Ferrière (1977b) (qui leur donne le nom de nappe Maliaque) et en Eubée par Katsikatos (1977).

Dans les métasédiments dominent le quartz, la muscovite, les feldspaths (calcaires et plagioclases acides), l'épidote, la lawsonite, l'actinote, le glaucophane, la chlorite, le stilpnomélanite et la séricite. Dans les metabasites, les minéraux principaux sont des amphiboles (reliques de cristaux de hornblende, actinote et glaucophane), l'épidote, la lawsonite (abondante) et le stilpnomélanite.

Dans les serpentinites dominent la serpentine avec des reliques de pyroxène et par endroits la magnétite, la chromite, l'amiante, le talc et la chlorite.

Ces assemblages minéraux caractérisent, comme dans la série d'Ambelakia, un polymétamorphisme. Un métamorphisme dans le faciès "schistes verts" est repris par un métamorphisme de haute pression et basse température puis par un métamorphisme épizonal plus récent.

#### 5) Les marbres transgressifs du Crétacé supérieur d'Agia.

Ces marbres affleurent principalement dans la région d'Agia, mais aussi dans celle de Karitsa, sur le flanc oriental de l'Ossa et dans celle de Pyrgetos (fig. 3).

Ils sont transgressifs, en général sur les formations de la nappe éohellénique.

D'une épaisseur atteignant 250 m, ce sont des marbres assez finement lités à leur base, en bancs de plus en plus massifs vers leur sommet. Leur couleur varie du gris au gris clair et au blanc. Ils peuvent être dolomitiques. À leur base se développe en général un mince horizon de calcschistes micacés à glaucophane, épidote, chlorite, séricite et feldspaths. Il contient parfois de petites intercalations de marbres à ankerite.

La base des marbres peut contenir des niveaux conglomératiques, principalement à éléments marmoréens. Ces niveaux sont, pour nous, à rapprocher des conglomérats bréchiques de Kassambali (à éléments

de marbres et de serpentinites provenant de la zone de transgression) dans lesquels Godfriaux (1977) et Derycke et Godfriaux (1977) décrivent des Rudistes du Crétacé supérieur.

Des marbres du Crétacé supérieur sont aussi signalés par Ferrière (1976a) et Wallbrecher (1977) dans la région d'Argalasti. Ils sont eux aussi transgressifs sur les formations de la nappe éohellénique.

Dans la région de Trikala, les mêmes formations ici transgressives sur les marbres triasico-jurassiques n'ont pas subi de métamorphisme.

Dans les marbres d'Agia, près du village de Prinia, existe un gisement de manganèse de petites dimensions, d'origine sédimentaire, avec un fort pourcentage de chrome et de vanadium.

## V. — NAPPE DE VENETO

Près du village de Veneto, sur le flanc nord-est du Mavrovouni, on trouve, chevauchant les formations métamorphiques de la nappe éohellénique, des calcaires non métamorphiques du Crétacé supérieur dans lesquels nous avons pu recueillir une faune de Rudistes et une microfaune d'âge vraconien-cénomaniens (\*), avec :

*Chrysalidina gradata* d'Orbigny.  
*Cuneolina* sp.,  
*Cuneolina* gr. *pavonia* d'Orbigny,  
" *Valvulammina* " *picardi* Henson,  
*Nezzazata* sp.,  
*Pseudolituonella reicheli* Marie.  
*Orbitolinidae*,  
*Miliolidae*,  
*Textulariidae*.

Ces calcaires font partie d'une nappe étendue dont d'autres témoins existent dans le Pélion (région de Plessidi) et à Lechonia près de Volos (Tataris, 1960 et Ferrière, 1977).

D'une épaisseur visible d'à peu près cent mètres, ils sont finement lités avec, localement, des bancs atteignant 1 mètre.

Ils peuvent être localement bitumineux, dolomitiques, ankeritiques, par endroits recristallisés. Leur base est mylonitisée et repose parfois, comme dans la région de Lechonia (Ferrière, 1977), sur des roches ophiolitiques.

Un flysch les surmonte et comprend localement (région de Plessidi) des olistolithes de péridotites et des passées conglomératiques de grande épaisseur. La nappe de Veneto se met en place après le dépôt de son flysch sur une surface fortement érodée.

(\*) Les déterminations ont été faites par MM<sup>mes</sup> S. Tsaila et V. Coroneou, que nous remercions vivement.

## VI. — LES INTRUSIONS GRANITIKES RECENTES

Il s'agit d'intrusions de granite, granodiorite et moins fréquemment de diorite. En rapport avec elles se développe fréquemment un système de veines aplitiques et pegmatitiques (Davis et Migiros, 1979).

Elles traversent les formations de la zone pélagonienne et de l'unité d'Ambelakia avec un contact marqué par des migmatites d'injection (fig. 7).

Les meilleurs affleurements se situent dans le Canyon de Diabas, dans la région d'Olympias et la région nord-est de Tsaritsani, dans le Bas-Olympe.

Une étude détaillée des structures et des minéraux de ces plutonites montre qu'elles n'ont subi qu'un métamorphisme épizonal.

L'âge de ces granites doit donc être moins de 40 millions d'années, qui est l'âge du métamorphisme de haute pression basse température que les plutonites n'ont pas subi.

Dans la région de Karya (Bas-Olympe), une partie des granites considérés par Godfriaux (1968 et 1977) comme paléozoïques, appartient aux intrusions granitiques récentes.

## CONCLUSIONS

En Thessalie orientale existe un système d'unités tectoniques superposées, qui sont de bas en haut : l'unité de l'Olympe (autochtone relatif de la région), l'unité de l'Ossa, l'unité d'Ambelakia, l'unité de la zone pélagonienne et la nappe de Veneto (fig. 2 et 4). Ce système d'unités tectoniques se prolonge vers le sud ; plus exactement, la série carbonatée mésozoïque d'Almyropotamos de l'Eubée du sud, qui se termine par un flysch, est équivalente de l'unité de l'Ossa ; l'unité de l'Ochi, qui occupe une grande partie de l'Eubée du sud, est équivalente à l'unité d'Ambelakia et finalement l'unité de la zone pélagonienne se prolonge vers le sud et elle occupe l'Eubée centrale et septentrionale, la Béotie et une partie de l'Attique.

Les formations de l'unité d'Ambelakia et celles de l'unité de la zone pélagonienne, dans la région étudiée, ont subi un métamorphisme de haute pression - basse température, 40 M.A. environ, et à la suite (après l'Eocène moyen) ces unités ont chevauché les unités de l'Ossa et de l'Olympe (fig. 3 et 9).

En faisant la comparaison avec les régions voisines, le substratum cristallin de la zone pélagonienne est affecté par un métamorphisme de haute température - basse pression, d'âge pré-carbonifère.

La zone pélagonienne, dans la Thessalie orientale, a subi aussi un métamorphisme de faciès "schistes

verts", 127 M.A. environ. Cet âge correspond à la mise en place, pendant le Jurassique terminal-Crétacé inférieur, de la nappe éohellénique qui, dans la région étudiée, est chevauchante sur une surface fortement érodée (fig. 8).

Les formations de la zone pélagonienne n'ont subi aucun phénomène de métamorphisme, aussi bien à l'ouest et au sud de la Thessalie orientale, à l'exception du métamorphisme de leur substratum.

Les formations du Trias inférieur et moyen de la zone pélagonienne en Thessalie orientale, que nous avons distingué à l'aide d'une faune de Conodontes, ont une grande épaisseur et s'accompagnent par des métabasites.

L'existence de ces roches éruptives basiques dans la formation du Trias inférieur et moyen est un phénomène très étendu et, à notre avis, a une relation avec la fracturation de la région téthysienne pendant cette période.

### BIBLIOGRAPHIE

- 1) BARTON C. (1976). — The tectonic vector and emplacement age of an allochthonous basement slice in the Olympos area, N.E. Greece. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), t. 18, n° 2, p. 253-258.
- 2) DAVIS E. (1966). — Extension of the Boundaries of the Pelagonian mass in the area Tsition-Karditsa. *Pract. Akad. Ath.*, t. 41, p. 267-270.
- 3) DAVIS E. et JUMP D. (1978). — Metamorphic facies und geochemie der glaukophangesteine von Pelion. *Pract. Akad. Ath.*, t. 53, p. 537-553.
- 4) DAVIS E. et MIGIROS G. (1979). — Granitic intrusions into the metamorphic system in East Thessaly. *Pract. Acad. Ath.*, t. 54, p. 349-367.
- 5) DERYCKE F. et GODFRIAUX I. (1976). — Métamorphismes "schistes bleus et schistes verts" dans l'Ossa et le Bas-Olympe (Thessalie - Grèce). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), t. 18, n° 2, p. 252.
- 6) DERYCKE F. et GODFRIAUX I. (1977). — A cross section in the Olympus area, Thessaly, Greece. *VI Colloquium on the Geologie of the Aegean Region*, Athens, I, p. 353-354.
- 7) DERYCKE F., GODFRIAUX I. et ROBASYNSKI F. (1974). — Sur quelques paragenèses du métamorphisme de haute pression - basse température dans l'Ossa et le pourtour de la fenêtre de l'Olympe (Grèce). *C.R. Ac. Sc.*, t. 279, D, p. 227-230.
- 8) FERRIERE J. (1976a). — Nouvelles données concernant l'âge des terrains métamorphiques de la partie méridionale de la presqu'île du Pélion (Grèce continentale orientale): Présence probable du Crétacé supérieur *C.R. Ac. Sc.*, t. 282, D, p. 1407-1410.
- 9) FERRIERE J. (1976b). — Etude préliminaire des terrains métamorphiques de la presqu'île du Pélion antérieurs aux niveaux conglomératiques présumés Crétacé supérieur. *C.R. Ac. Sc.*, t. 282, D, p. 1485-1488.
- 10) FERRIERE J. (1977a). — Le secteur méridional du "massif métamorphique de Thessalie": le massif du Pélion et ses environs. *VI Colloquium on the Geologie of the Aegean Region*, Athens, I, p. 291-309.
- 11) FERRIERE J. (1977b). — Faits nouveaux concernant la zone isopique maliaque (Grèce continentale orientale). *VI Colloquium on the Geologie of the Aegean Region*, Athens, I, p. 197-210.
- 12) FERRIERE J. (1978). — Le massif métamorphique du Pélion (Grèce orientale): nouvelles données paléontologiques et tectoniques; conséquences structurales. *C.R. Ac. Sc.*, t. 286, D, p. 567-570.
- 13) GODFRIAUX I. (1962b). — L'Olympe: une fenêtre tectonique dans les Hellénides internes. *C. R. Ac. Sc.*, t. 255, D, p. 1761-1763.
- 14) GODFRIAUX I. et MERCIER J. (1964). — Essai de comparaison des massifs métamorphiques de Thessalie et de Macédoine. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIV, p. 205-221.
- 15) GODFRIAUX I. (1964a). — Sur le métamorphisme de la zone pélagonienne orientale (région de l'Olympe, Grèce). *Bull. Soc. Géol. France*, (7), t. 6, p. 146-162.
- 16) GODFRIAUX I. (1964b). — Contribution à l'étude stratigraphique de l'Olympe (Thessalie septentrionale, Grèce). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIV, p. 191-203.
- 17) GODFRIAUX I. (1968). — Etude géologique de la région de l'Olympe (Grèce). (Thèse, Lille, 1965). *Ann. Géol. Pays Hellén.*, t. 19, p. 1-283.
- 18) GODFRIAUX I. (1977). — L'Olympe. Réunions extraordinaires des sociétés géologiques de France et de Grèce (9-25 septembre 1976). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), t. 19, 1, p. 45-49.
- 19) JACOBSHAGEN V. (1977). — Structure and geotectonic evolution of the Heilenides. *VI Colloquium on the Geologie of the Aegean Region*, Athens, III, p. 1355-1367.
- 20) JÜNG G. (1961). — Die Geologie des gebietes von Chasambali (Thessalien). *Pract. Akad. Ath.*, t. 36, p. 149-154.
- 21) KATSIKATSOS G. (1970). — Les formations triasiques de l'Eubée centrale. *Ann. Géol. Pays Hellén.*, t. 22, p. 62-76.

- 22) KATSIKATSOS G. (1971). — L'âge du système métamorphique de l'Eubée méridionale et sa subdivision stratigraphique. *Pract. Akad. Ath.*, t. 44, p. 223-238.
- 23) KATSIKATSOS G. (1977a). — La structure tectonique d'Attique et de l'île d'Eubée. *VI Colloquium on the Geology of the Aegean Region*, Athens, I, p. 211-228.
- 24) KATSIKATSOS G. (1977b). — L'Eubée centrale. Réunions extraordinaires des Sociétés géologiques de France et de Grèce, en Grèce (9-25 Sept. 1976). *Bull. Soc. Géol. Fr.*, (7), t. 19, n° 1, p. 108-110.
- 25) KATSIKATSOS G., MERCIER I. et VERGELY P. (1976). — La fenêtre d'Attique-Cyclades et les fenêtres métamorphiques des Hellénides internes (Grèce). *C.R. Ac. Sc.*, t. 283, D, p. 1613-1616.
- 26) PANAGOS A. (1960). — Petrological study of the Ayia area, East Thessaly (Thesis). *Ann. Géol. Pays Hellén.*, t. 11, p. 161-200.
- 27) TATARIS A. (1960). — Volcanic dykes and mineralization of Mt Pelion, Thessaly. *Inst. Geol. Subs. Res., Geol. and Geoph. Res.*, t. 6, n° 4, p. 207-303.
- 28) TATARIS A. (1971). — The bauxites of the West Pelion mountain (preliminary report). *Bull. Geol. Soc. Greece*, t. 8, (1), p. 10-24.
- 29) TATARIS A. (1975). — Geological observations in E. Thessaly. *Bull. Geol. Soc. Greece*, t. 7, (1), p. 63-94.
- 30) WALLBRECHER E. ((1977). — Nappe units of the Southern Pelion Peninsula and their origin. *VI Colloquium on the Geology of the Aegean Region*, Athens, I, p. 281-290.
- 31) WINKLER H. (1976). — Petrogenesis of Metamorphic Rocks (Fourth edition). Springer-Verlag. New-York, Heidelberg, Berlin .
- 32) YARWOOD G. et AFTALION M. (1976). — Field relations and U-Pb geochronology of a granite from the Pelagonian zone of the Hellenides (High Pieria, Greece). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. 18, n° 2, p. 259-264.
- 33) YARWOOD G. et DIXON J. (1977). — Lower Cretaceous and Younger Thrusting in the Pelagonian Rocks of the High Pieria, Greece. *VI Colloquium on the Geology of the Aegean Region*, Athens, I, p. 260-280.



## La géothermie en Hainaut et le sondage de Ghlin (Mons - Belgique)

par A. DELMER (\*), V. LECLERCQ (\*\*), R. MARLIÈRE (\*\*\*) et F. ROBASZYNSKI (\*\*\*\*)

**Résumé.** — Dans le Bassin de Mons, trois sondages ont mis en évidence des eaux chaudes jaillissantes (66 à 73° C). Elles proviennent de larges fissures et de chambres développées dans les calcaires à évaporites du Viséen supérieur, en étroite association avec des brèches d'effondrement. On recherche les caractéristiques et le régime hydrologique du gîte aquifère. Des considérations importantes sont dégagées touchant à la géologie, l'hydrodynamique et l'utilisation géothermique.

**Abstract.** — In the Mons Basin, artesian hot waters (66 to 73° C) sprang up from three wells recently drilled. These waters arise from large cracks and cavities opened in Late Viséan limestones and evaporite salts, and they are closely linked with fallen in breccias. Furthermore, are researched the properties of the aquifer and the characteristics of its hydrogeological flow. Some important inferences relative to regional geology, hydrodynamics and geothermal use of the hot waters are developed at last.

### INTRODUCTION

De 1972 à 1981, trois sondages profonds ont été implantés successivement en zone houillère du Bassin de Mons, à l'initiative du Service géologique de Belgique.

Initialement, le sondage de Saint-Ghislain avait pour seul objet de percer le Bassin de Namur jusqu'à son substratum (préssumé d'âge silurien) et de couper ainsi, de haut en bas, le terrain houiller productif, le Namurien, le Dévonien supérieur et moyen. Du même coup, on y rechercherait d'éventuelles évaporites givettiennes, déjà signalées par Legrand aux sondages de Tournai et de Leuze plus au Nord (1), mais peut-être considérablement amplifiées vers le Sud-Est.

De surprise en surprise, on en vint à traverser des formations viséennes extraordinairement puissantes (sur 1.903 m), à y reconnaître près de 700 m de calcaires à anhydrite, à faire jaillir des eaux chaudes à 73° C dont le niveau d'équilibre s'est établi à 47,93 m au-dessus du sol. Mais à part ces résultats imprévus, il faut regretter l'arrêt du sondage à la profondeur de 5.406 m dans le Frasnien supérieur et par conséquent sans que l'on sache rien du Dévonien profond et de

ses éventuelles évaporites. A ce jour, on en est toujours réduit aux hypothèses auxquelles nous ferons allusion *in fine* à propos de considérations d'ordre général.

Nous accorderons une attention prioritaire aux trois sondages récents. En complément, nous nous porterons aux faits du voisinage, avant de traiter des aspects hydrologiques et hydrauliques.

### I. — LES SONDAGES PROFONDS RECENTS (1972-1981)

#### 1) Le sondage de Saint-Ghislain (1972-1978).

Pl. 150 W, n° 387 (pour référence aux Archives de la carte géologique, lire : Planchette 150, moitié Ouest, n° 387).

Coordonnées par rapport au beffroi de Mons : y = + 8.634,00 (Ouest) ; x = — 842.50 (Sud) ; altitude du sol : z = + 26.04.

La coupe résumée du sondage s'établit comme suit :

Cénozoïque et Crétacé	de	0	à	123,30 m
Houiller		123,30	à	1.750,00 m
Viséen		1.750,00	à	3.653,00 m
Tournaisien		3.653,00	à	4.300,00 m
Famennien et Frasnien (p. p.)		4.300,00	à	5.406,00 m (fin).

L'anhydrite se situe dans le Viséen entre 1.900 et 2.742 m, et se répartit en deux épisodes séparés par des calcaires datés V2b (la coupe graphique à la partie gauche de la fig. 5).

A la base de cette masse d'anhydrite, dans le calcaire V2a de 2.410 à 2.680 m, les pertes plus ou moins brutales des boues de forage, puis la remontée

(\*) Service Géologique de Belgique, 13, rue Jenner, B-1040 Bruxelles.

(\*\*) S.A. Foraky. Bruxelles.

(\*\*\*) 20, rue Piérad, 7020 Hyon (Belgique).

(\*\*\*\*) Faculté Polytechnique, 9, rue de Houdain, 7000 Mons (Belgique).

Note présentée le 4 Novembre 1981 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 3 Mars 1982.

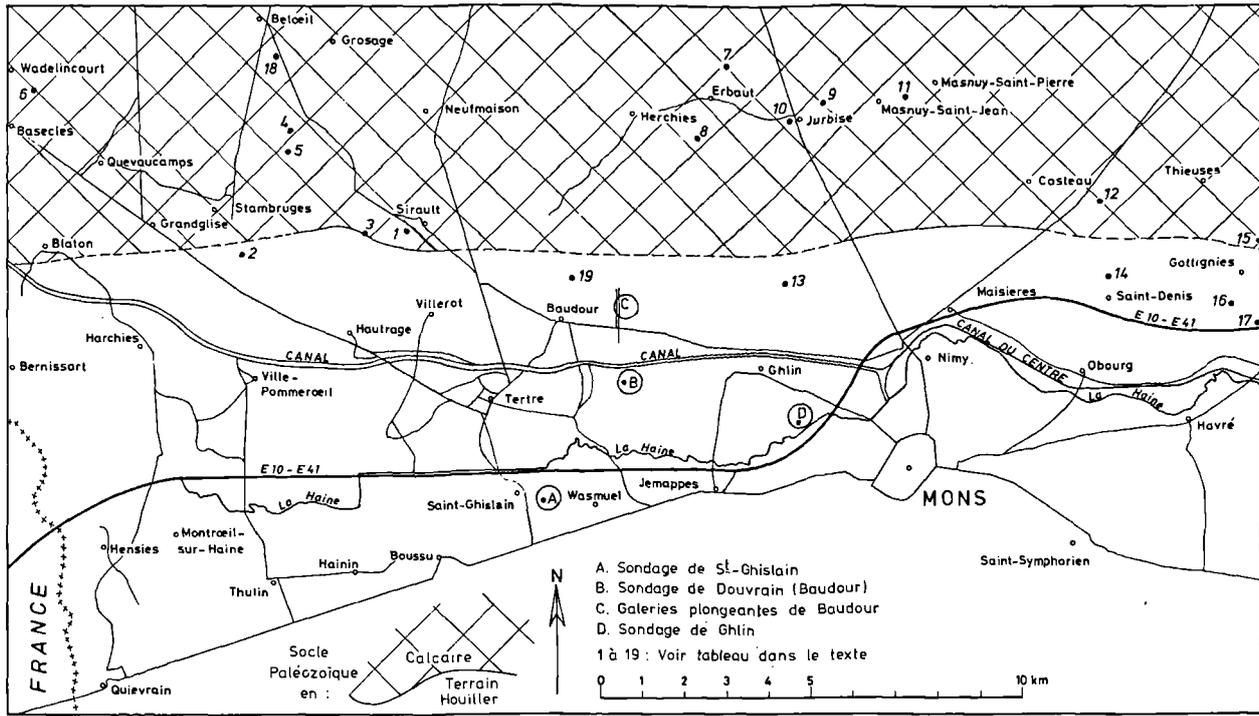


Fig. 1. — Cadre général et situation des points cités dans le texte.

des eaux, accusent des vides importants. Un tubage en 7", descendu à 2.700 m permit néanmoins de poursuivre le forage jusqu'à 5.406 m; après cimentation au fond, le tubage de 7" fut perforé à plusieurs endroits, entre 2.404 et 2.630 m (voir l'architecture du puits, fig. 2).

## 2) Le sondage de Douvrain (1979).

Pl. 139 W, n° 352.

Coordonnées par rapport au beffroi de Mons :  $y = + 6.662,95$  (Ouest);  $x = + 1.983,73$  (Nord); altitude au sol :  $z = + 30,966$ .

La coupe géologique (sommairement reproduite à la fig. 6) se résume à ceci :

Cénozoïque et Crétacé	de 0 à 233,80 m
Terrain houiller	233,80 à 1.065,00 m
Viséen ( <i>pro parte</i> )	1.065,00 à 1.447,30 m (fin).

On voulait ici atteindre les eaux chaudes déjà reconnues à Saint-Ghislain, mais à une profondeur moindre, ce qui fit choisir l'emplacement au Nord du précédent, plus proche de la bordure du bassin. Effectivement, on pénétrait dans le Viséen calcaire à 1.065 m (contre 1.750 m à Saint-Ghislain) et l'eau s'est

manifestée entre 1.335,40 m et 1.339 m par une fissure béante sans que l'on ait aperçu l'anhydrite; les calcaires aquifères sont ici datés V3a (niveau de la "Grande Brèche"). A la tête du puits, la pression s'établit à 44 m d'eau lorsque la température de la colonne liquide est voisine de 64-67° C. Le débit artésien est de 97 m<sup>3</sup>/h.

Le 20 mars 1981, tandis que le puits restait ouvert et débitait 97 m<sup>3</sup>/h à la température de 63°5 C, la firme Schlumberger procédait à l'enregistrement des diagraphies des températures et flux. La mesure des températures est continue le long du trou mais est calibrée par un thermomètre à maxima descendu avec l'équipage mobile, lequel marquait 67° C à la remonte. L'entiereté du flux est livrée dans un intervalle de profondeur de 5 m (fig. 4).

## 3) Le sondage de Ghlin (1980-1981).

Pl. 151 W, n° 722.

Coordonnées par rapport au beffroi de Mons :  $y = + 2.590,22$  (Ouest);  $x = + 1.041,72$  (Nord); altitude du sol :  $z = + 29,28$ .

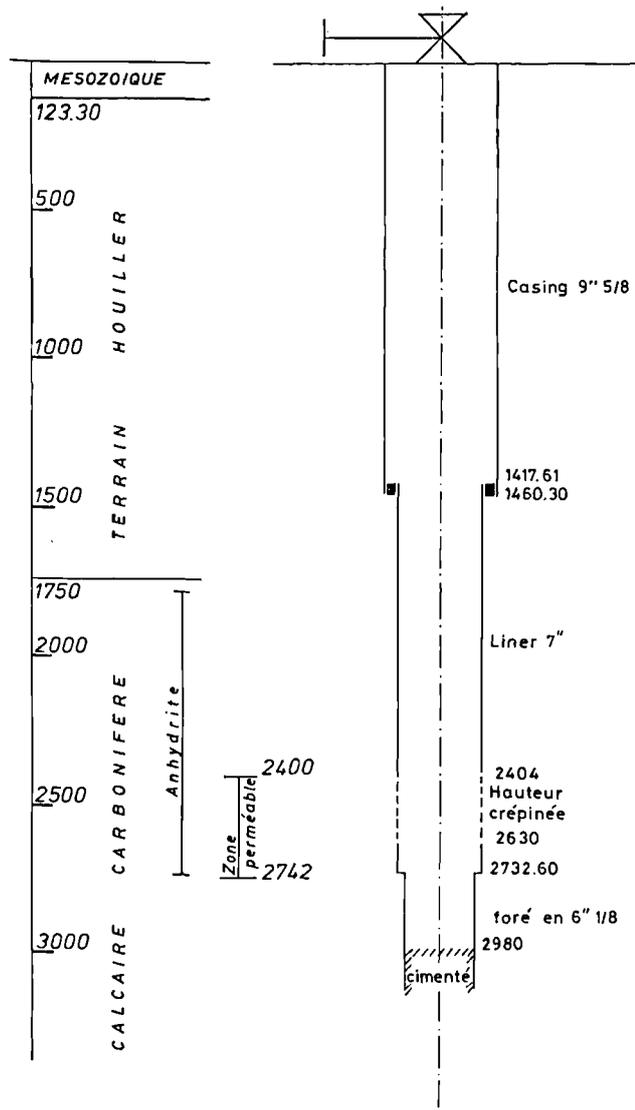


Fig. 2. — Architecture actuelle du puits de St-Ghislain.

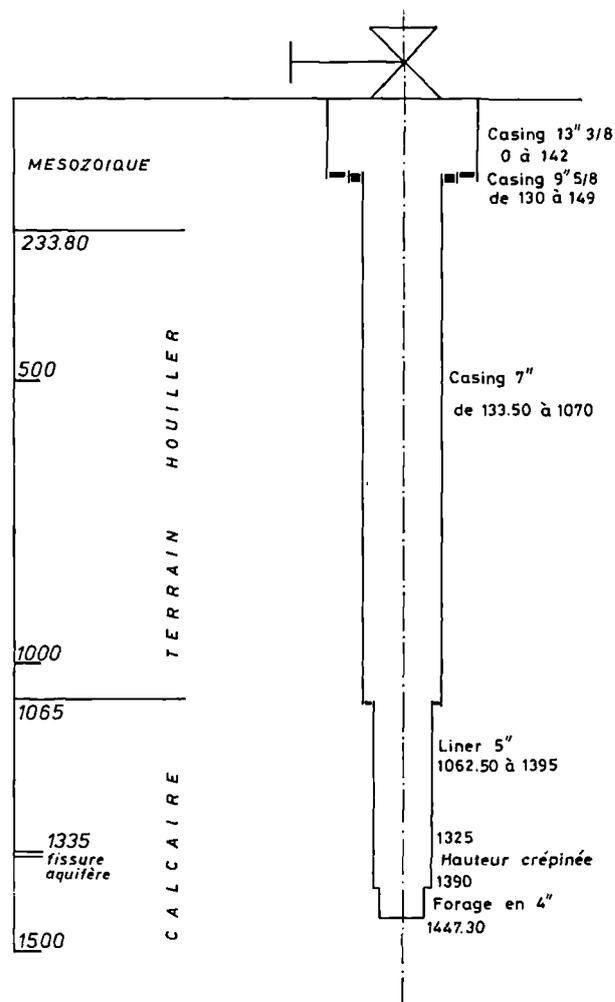


Fig. 3. — Architecture du puits de Douvrain.  
Un "liner" est un tubage suspendu.

Délibérément, le sondage de Ghlin fut implanté 6 km à l'Est des précédents, à la verticale d'une dépression du substratum primaire dite "Cuve de Mons", la plus vaste connue dans le bassin crétacique. Le socle y était attendu vers —350 à —360. On désirait savoir si, aux abords occidentaux de Mons, 10 km à l'Est de Saint-Ghislain, la situation était semblable à ce que les précédents sondages profonds avaient révélé.

En fait, les résultats hydrologiques sont comparables, les caractères géologiques sont bien différents et ne sont pas tout à fait élucidés. On ne peut pas

espérer y parvenir sans avoir pris en considération et les témoins recueillis ("cuttings" et "carottes"), et l'existence d'un "puits naturel" encore mal délimité, et la présence d'une singulière "faille circulaire" en terrain houiller. On n'y connaît pas d'anhydrite positivement démontrée.

On doit pourtant, dès à présent, mentionner les singularités, point par point, au prix d'une énumération fastidieuse peut-être.

Un examen rapide des échantillons et l'analyse des diagraphies Schlumberger (fig. 8) donnent :

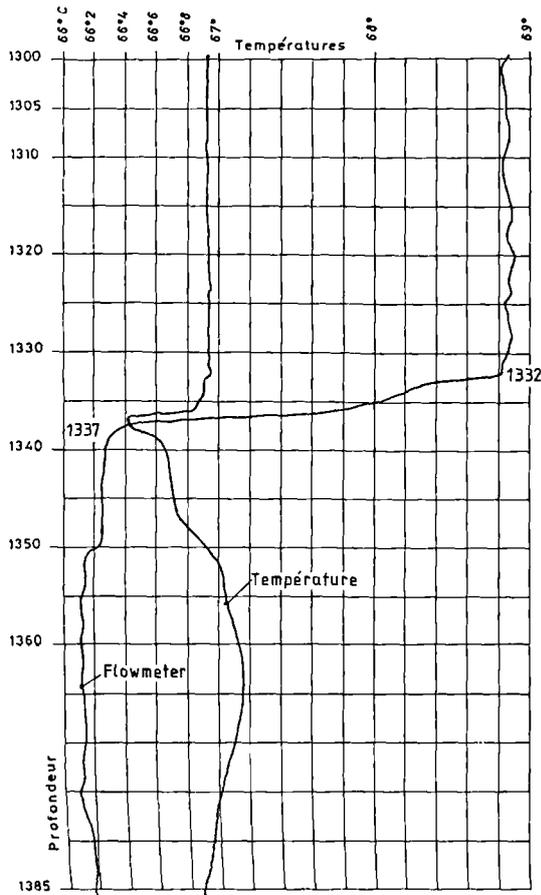


Fig. 4. — Sondage de Douvrain.  
Diagraphie du flux et des températures.

Cénozoïque : de 0 à 104 m.

Crétacé : de 104 à 732 m, en y comprenant les roches d'un puits naturel. Les terrains y sont d'abord bien stratifiés et comportent vers le bas une vingtaine de mètres de *Dièves*, renfermant plusieurs niveaux de cailloutis glauconifères en allure subhorizontale, de 322 m à 340 m (cote — 310,72).

Au-delà, sur une longueur de 140 m, franchie en carottage pratiquement continu, on coupe de 340 à 365 m (cote — 335,72) des roches essentiellement marno-sableuses et glauconifères, durcies, d'un faciès aberrant, pentées de 15 à 20 degrés, perturbées plusieurs fois par des figures sédimentaires attribuables à des courants de haute énergie et à des surfaces de glissement ; quelques préparations micropaléontologiques préliminaires, sur prélèvements à 360 et 365 m, ont livré ici plusieurs formes de *Dicarinella hagni*, foraminifère planctonique fréquent dans le Turonien inférieur.

De 365 m à 480 m, on coupe des gaizes glauconifères (du faciès Meule, vraisemblablement albienne).

Le sondage se poursuit ensuite sans carottage jusqu'à 505 m dans des couches régulièrement pentées, de même faciès d'après les cuttings.

On aurait ensuite environ 150 m de Meule bréchiée et des débris qui évoquent le faciès *wealdien*.

A 732 m, l'outil pénètre dans des *roches houillères* également bréchiées si l'on en juge par la pendage-métrie. Deux carottes, prélevées à 845 m et 1.245 m, sont caractéristiques du remplissage de puits naturel par les seules roches houillères.

Poursuivi au trépan dans l'axe initial, le forage a pénétré vers 1.500 m dans des roches d'une certaine teneur en carbonate calcique, qui devient brusquement plus élevée entre 1.535 et 1.540 m, ce qui semble indiquer la rencontre du *Calcaire carbonifère*. Les boues de forage se sont perdues brusquement à 1.585 m en provoquant l'éboulement partiel des parois rocheuses jusque sous le sabot des tubes, descendus à ce moment à 1.225,70 m.

Après instrumentation, le forage fut repris *en déviation* à 1.298 m. Il a pu sortir du puits naturel, grâce à la déviation, vers 1.368 m et pénétrer dans le terrain houiller en place, puis dans le Calcaire carbonifère à 1.452 m (soit 90 m plus haut que dans l'axe initial du forage). Entre 1.488,5 m et 1.493 m, une carotte révèle le faciès caractéristique du V3c, en bancs stratifiés.

Il y eut une perte partielle des boues de forage (1.571 m) puis perte totale à 1.575,50 m. Après ajout d'eau claire, le puits s'est mis à débiter. Une dernière carotte fut prélevée de 1.574 m à 1.579,5 m dans une *brèche calcaire polygène* à éléments bien soudés (faciès V3a).

Le 16 juillet 1981, on mesurait une température de 68° C en surface et un débit jaillissant de 153 m³/h. Le 9 décembre 1981, le débit artésien atteignait 244 m³ par heure. (Des mesures précises au puits de Ghlin montrent la diminution du débit au cours du temps. De plus, de 250 m³/h pendant les premiers instants de soutirage, le débit atteint asymptotiquement les 100 m³/h. L'étude se poursuit).

Tels sont les faits signalés au titre de " documents d'archives ", susceptibles de guider l'interprétation du gîte géothermique profond.

Les choses se compliquent encore par la présence d'une *faille circulaire*, bien délimitée en terrain houiller à la suite des exploitations pratiquées au siège de Ghlin (arrêté en 1921) et celles du siège 27-28 de Jemappes (fermé depuis). Abordé par le Nord, cet accident avait été erronément attribué à l'une des failles listriques du bassin (faille du Placard ou faille du Centre) (12, 20). Cette conception, conduisant à limiter considérablement vers le Sud l'extension du gisement exploitable, a vraisemblablement pesé sur la décision d'abandonner le Siège de Ghlin après le coup

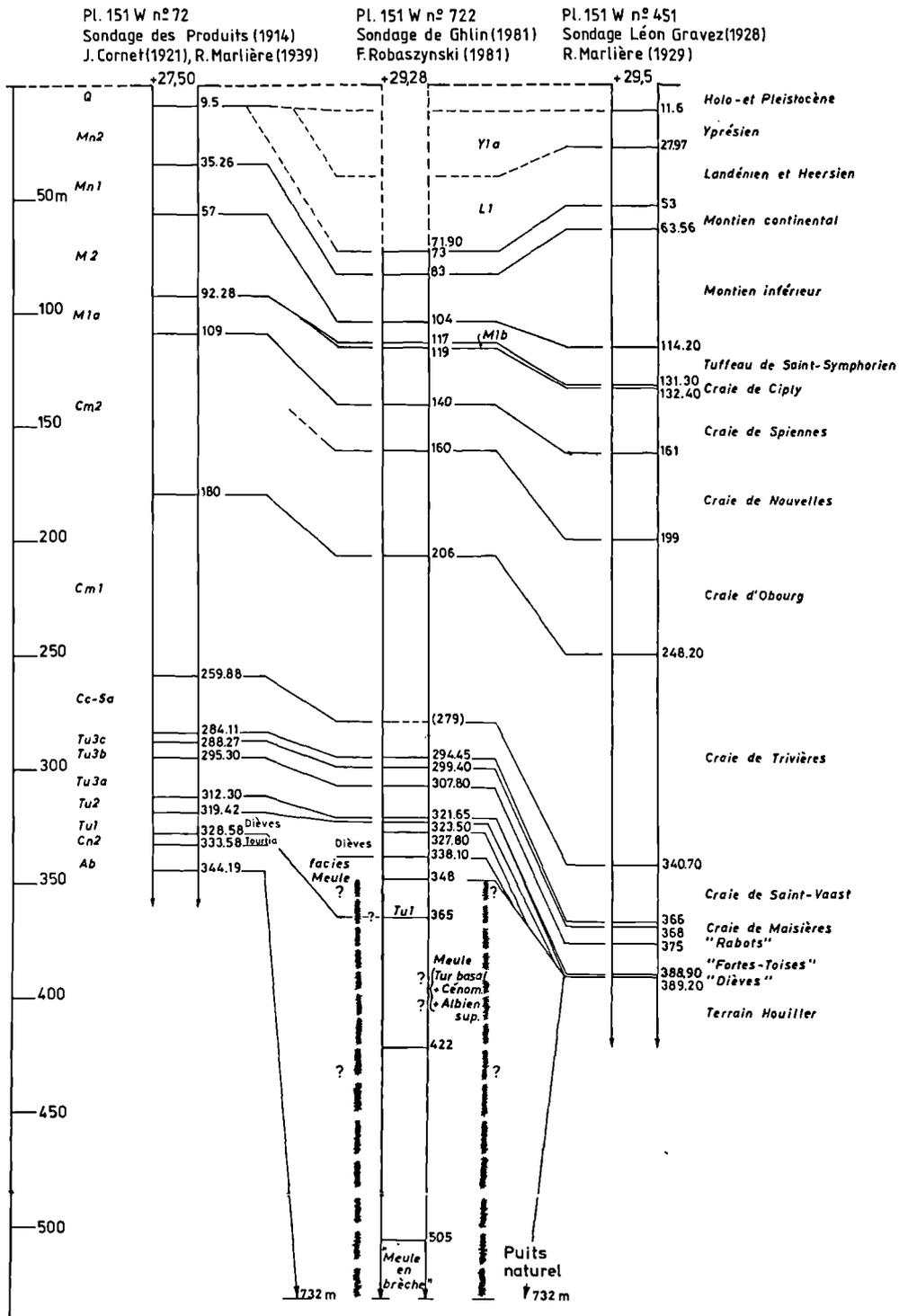


Fig. 5. — Comparaison litho-stratigraphique entre le sondage de Ghlin et deux sondages voisins

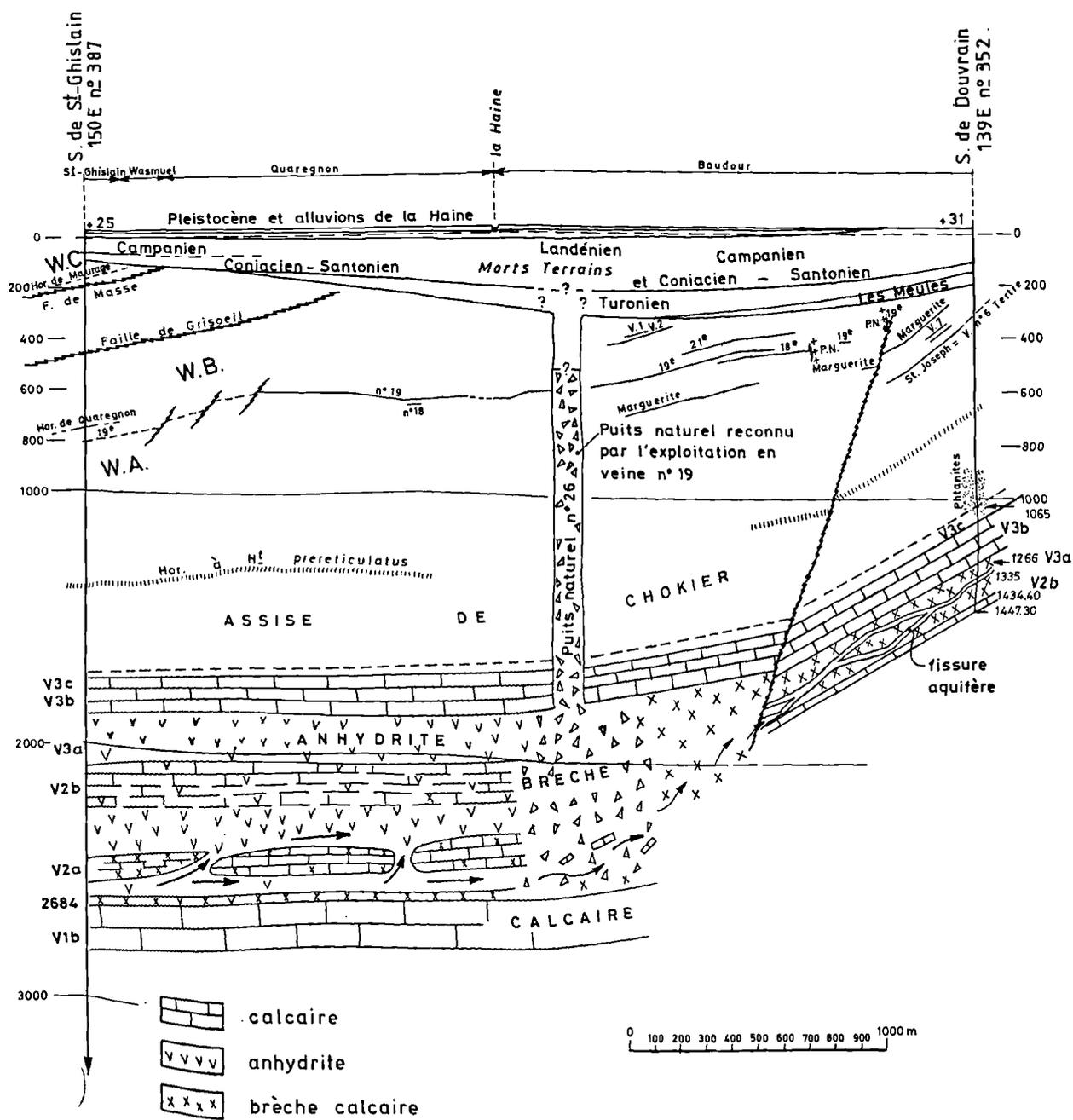


Fig. 6. — Coupe interprétative entre le sondage de Saint-Ghislain et celui de Douvrain. Direction Nord 35° Est, entre les points A et B de la fig. 1.

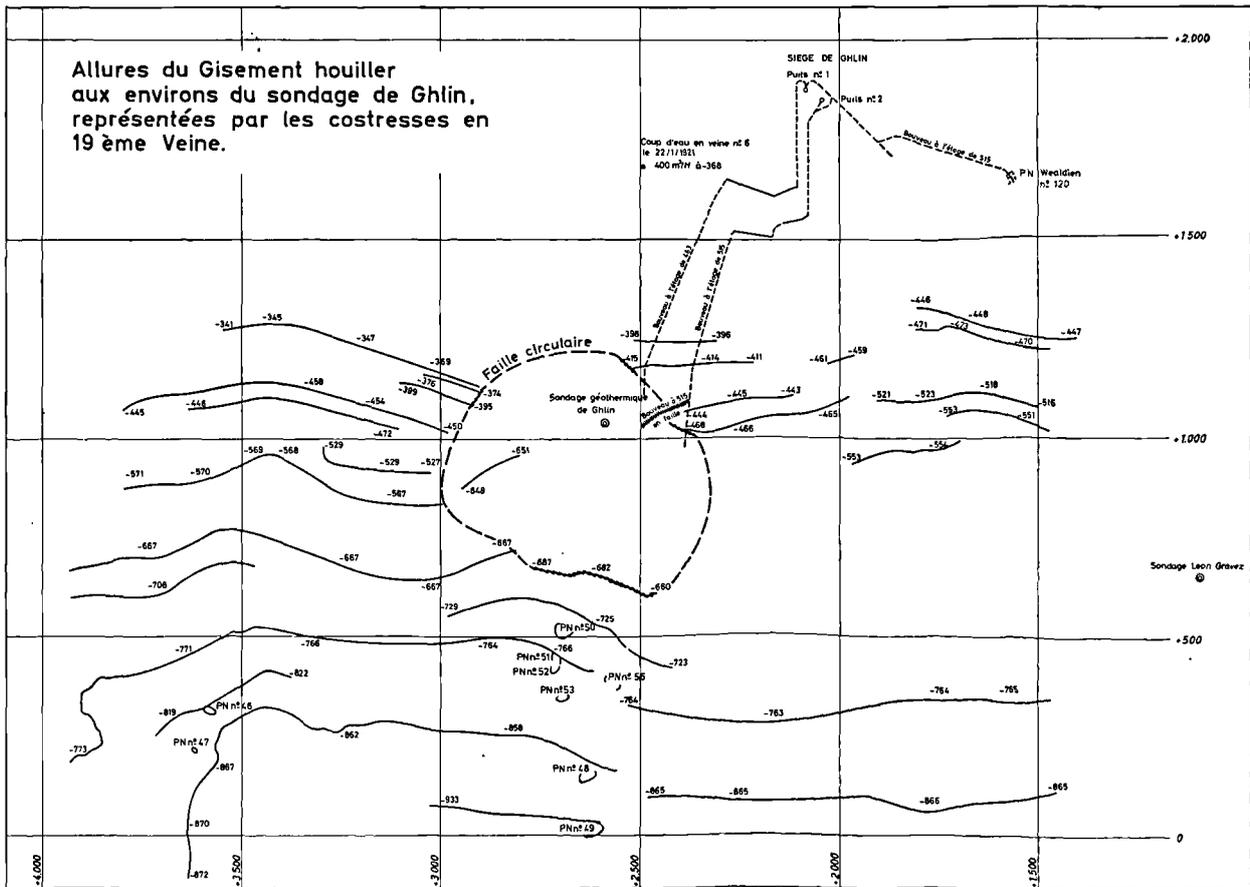


Fig. 7. — Allure du gisement houiller aux environs de Ghlin. déduite des plans de mines.

d'eau en Veine 6, de janvier 1921. Les déhouillements ultérieurs, à partir du Siège 27-28 de Jemappes, donnent une image précise des structures, reproduites ici à la fig 7 par le tracé en plan des voies de niveau (= costresses) de la 19<sup>e</sup> veine. La faille circulaire atteint un diamètre de 550 à 600 m; le rejet vertical de l'effondrement varie selon les azimuts de 120 à 210 m semble-t-il. Quelques puits naturels mineurs figurent encore sur les plans d'exploitation, mais le fait le plus remarquable réside dans la descente en masse du terrain houiller sous la forme d'une sorte de " piston " cylindrique. De courtes exploitations en veine y ont été possibles, ce qui permet d'apprécier le déplacement aux valeurs indiquées.

En résumant les résultats d'un premier examen : on coupe ici sur une même verticale des accumulations anormales (absentes au sondage Léon Gravez) de marnes grises durcies avec une microfaune du Turonien inférieur (probablement attribuables aux " Dièves "),

des témoins de gaizes (" Meule " albienne selon R.M.), des matériaux bréchiés (gaizes et roches houillères) remplissant un *puits naturel*, une tranche houillère effondrée en bloc au cœur d'une *faille circulaire* et — corrélativement — des venues abondantes d'*eaux chaudes*. Le Calcaire carbonifère a été atteint deux fois, l'une à 1.452 m (en déviation), l'autre à 1.535 m, soit 83 m plus bas (dans l'axe du puits naturel).

Au-delà de ce que nous venons d'exposer, et dans l'attente de recherches plus complètes, l'interprétation (quoique prématurée) peut adopter plusieurs voies :

a) dans une conception classique et peut-être outrancièrement simplifiée, on voit ici un puits naturel d'âge post-hercynien, inclus dans une zone houillère localement effondrée, ayant pris place dans un vide plus profond dû à la dissolution de calcaires, ou d'évaporites, ou des deux à la fois. Les fig. 8 et 9 illustrent cette hypothèse.

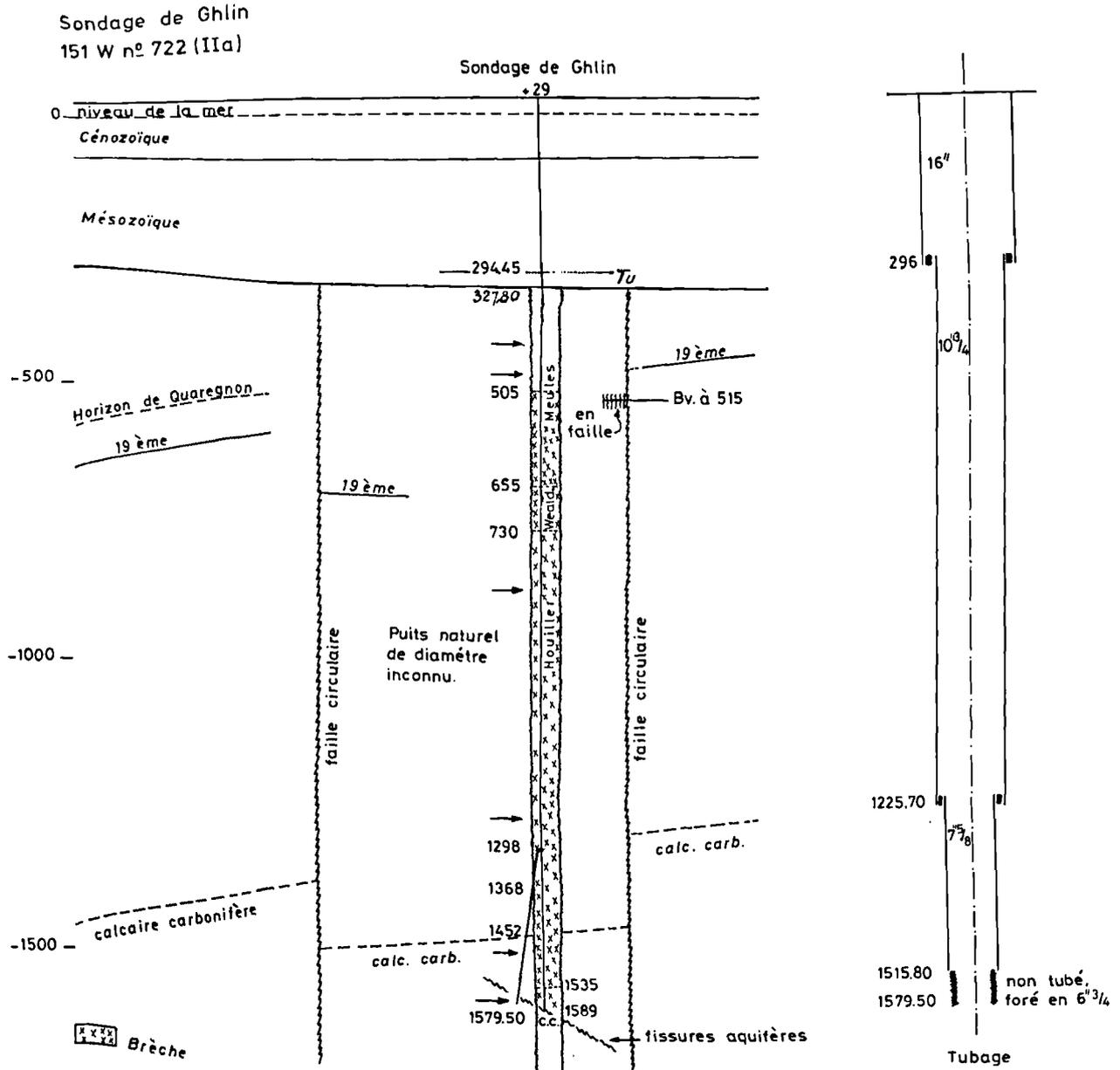


Fig. 8. — Coupe tracée Nord 67° Est par le sondage de Ghlin et architecture du puits.

b) l'un de nous (F.R.) pense que les 165 m de sédiments crétacés régulièrement stratifiés entre 340 et 505 m auraient pu descendre en bloc dans le puits naturel sans y être transformés en brèches, à la façon d'un piston, comme le Houiller ceinturé par la faille circulaire, voire en même temps que lui. Le même

auteur envisagerait volontiers encore un mécanisme par lequel l'enfoncement gravitaire de la zone placée sous l'influence du puits naturel eut été graduel, animé de saccades, et eut fonctionné comme un piège à sédiments (analogue à la Fosse aux Iguanodons de Bernissart) durant le dépôt des assises crétaciques

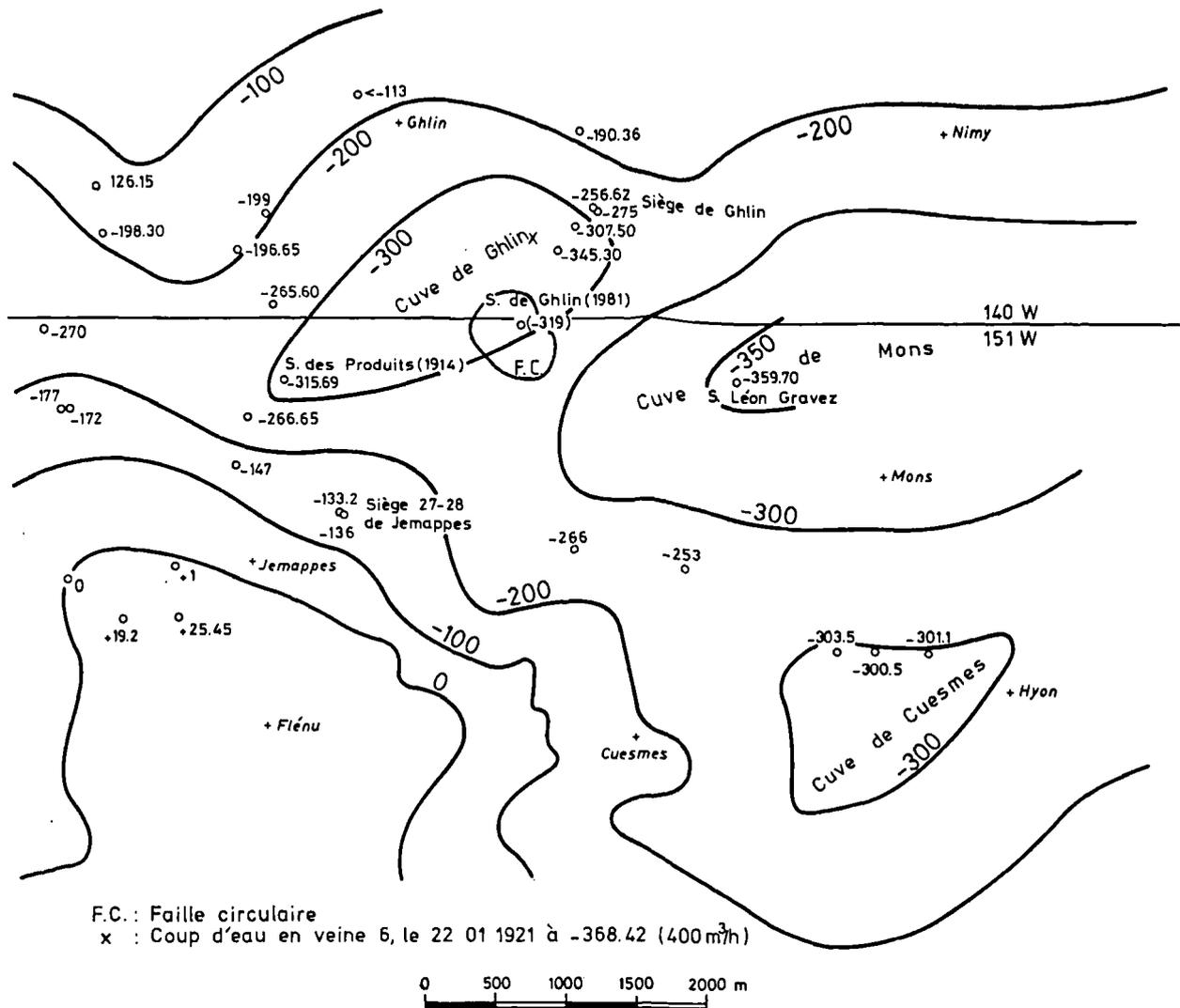


Fig. 9. — Isohypses de la surface du terrain houiller en supposant qu'aux alentours du sondage de Ghlin, la surface du Paléozoïque se situe vers la base des "Dièves".

rencontrées au sommet, ces couches mêmes qui ont fourni une espèce planctonique éo-turonienne.

Nous ne parviendrons pas à élucider ces questions sans des études minutieuses et longues. Toutes hypothèses peuvent être envisagées quant à la genèse, pour le moment au moins ; elles ne doivent pas nous laisser perdre de vue les résultats tangibles : une abondante venue d'eaux chaudes jaillissantes, issues de fissures aquifères dans des brèches viséennes, sans que des évaporites aient été aperçues, et dans un complexe d'effondrements profonds (faille circulaire et puits naturel).

## II. — LES FAITS DU VOISINAGE

### 1) Les galeries plongeantes de Baudour.

Pl. 139 E, n° 120.

Les eaux chaudes sont ici connues depuis 1905. L'un de nous [R. M., (19)] a conté les péripéties qui entravèrent le creusement des galeries plongeantes dites "tunnels de Baudour".

En 1901, des charbonniers que hantait encore le souvenir des 20.000 m<sup>3</sup>/jour qu'il avait fallu épuiser

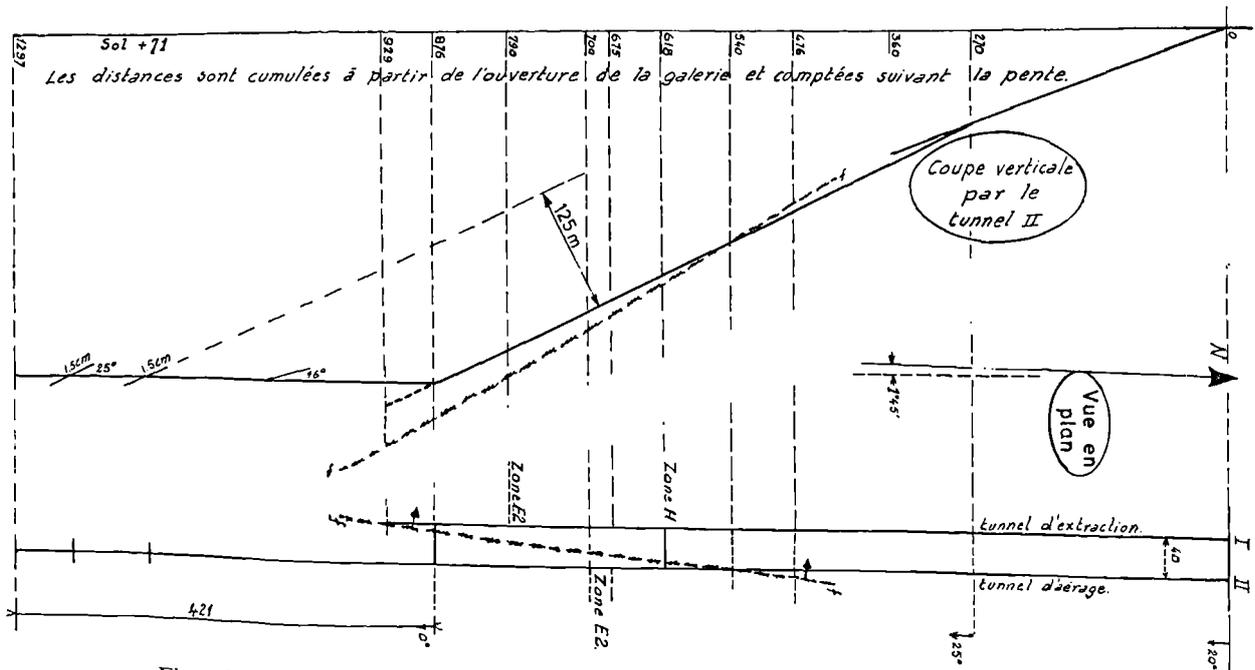


Fig. 10. — Galeries plongeantes de Baudour. Coupe (en haut) et vue en plan (en bas).

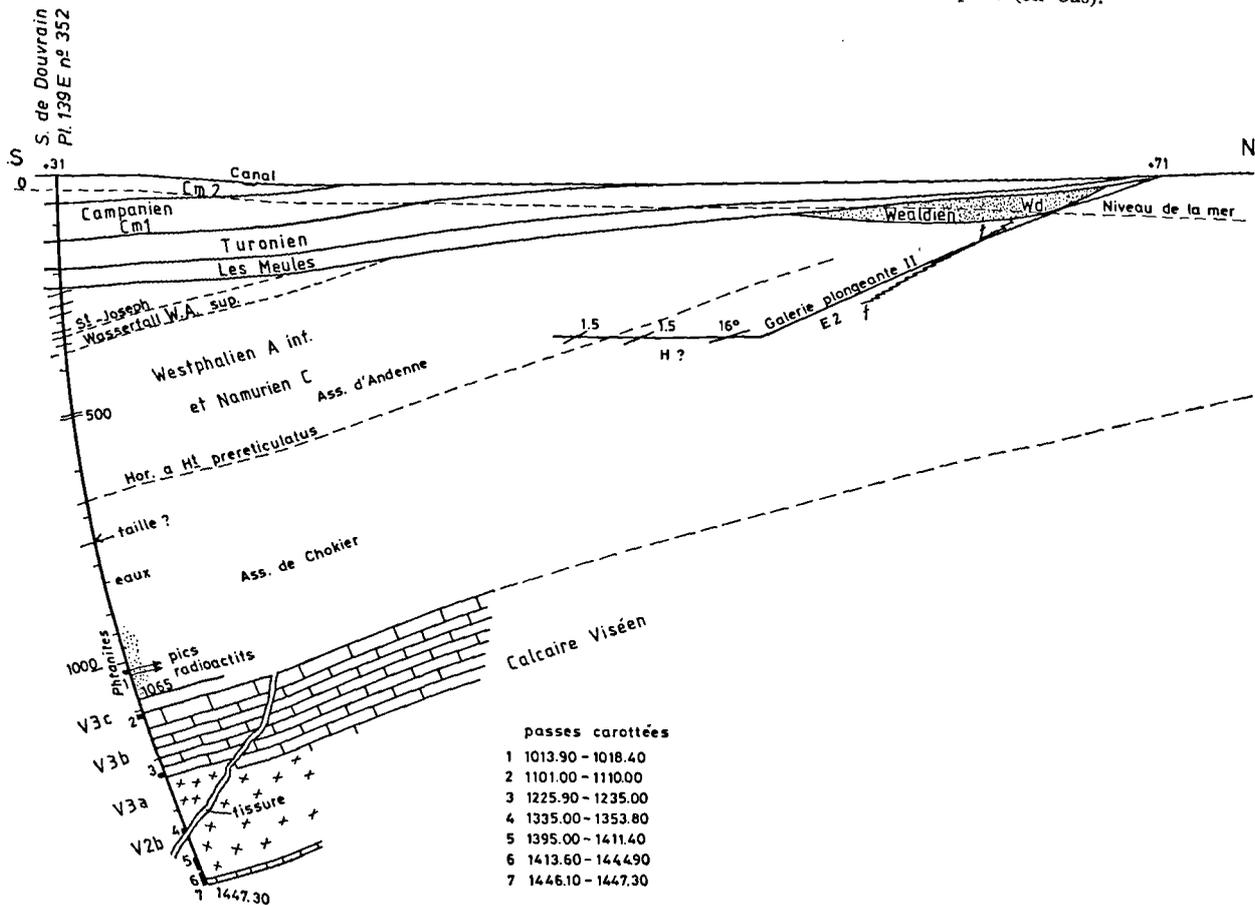


Fig. 11. — Coupe tracée entre le sondage de Douvrain et les galeries plongeantes. Direction Sud-Nord entre les points B et C de la fig. 1, distants de 2.200 m.

en 1870 pour creuser à niveau vide les puits du Nord du Rieu-du-Cœur, à Quaregnon, avaient conçu le projet d'atteindre le gisement houiller en partant des affleurements du Namurien à l'aide de galeries dirigées vers le Sud et inclinées de 20-25° (fig. 10, coupe). Ce sont des venues d'eau, importantes et chaudes de surcroît, qui firent abandonner les travaux en 1908. Manifestement, l'eau est apparue à la traversée d'une faille vraisemblablement très redressée, à la cumulée 540 m du tunnel II (Est) et à la cumulée 929 m du tunnel I (Ouest). Ces deux points n'étant pas de même cote, ne fixent pas la direction de faille qui reste inconnue, mais ne doit guère s'écarter de l'azimut Nord — quelques degrés Est.

L'eau venant sourdre par la faille au bouveau I (Ouest) avait à 300 m sous la surface du sol une température de 53° C. A l'heure actuelle, l'eau, dont le niveau se stabilise à 30-35 m sous le sol, est à la température de 46° C. Pour l'histoire de la *géothermie en Hainaut*, on ne peut passer sous silence l'utilisation de ces mêmes eaux, dès 1914, pour chauffer les locaux du "Radio Institut de Baudour", aujourd'hui disparu (19).

La composition chimique des eaux (3) indique son étroite parenté avec celles de Saint-Ghislain et de Douvrain. Aussi n'hésitons-nous pas à voir dans la faille aquifère qui coupe les deux galeries plongeantes un exutoire de la nappe des calcaires abritée dans le Viséen quelque 350 à 400 m plus bas. Mais, on ne connaît pas le niveau calcaire d'où provient l'eau. La faille aquifère peut être alimentée à un niveau stratigraphique distinct, inférieur à celui qui livre les eaux chaudes au sondage de Douvrain, ce qui expliquerait la minéralisation plus forte des eaux à Baudour. Dans cette hypothèse, on comprend mieux qu'après avoir soutiré l'eau au sondage de Douvrain pendant trois mois, le piézomètre installé sur les tunnels à 2.200 m de là n'ait enregistré aucune perturbation.

Dans les tunnels, en dépit d'une légère influence des précipitations atmosphériques, l'eau se maintient à la cote + 41, ce qui doit être, selon nous, celle du déversement des eaux ascendantes dans la nappe phréatique locale.

Tout naturellement se pose ici la question de savoir quel peut être actuellement le débit par mètre courant de faille (débit linéique) qui, en permanence, se déverse ainsi dans la nappe phréatique pour maintenir une température de 46° C en ce point.

En modélisant quelque peu la situation, on écrit que la chaleur perdue par l'eau lors de sa remontée est livrée au terrain pour modifier le gradient normal (23).

$$1000q \frac{dT}{dy} dy = -\lambda \left( \frac{dt}{dx} \right) dy \quad (1)$$

$x=0$

où

1000q : capacité thermique de l'eau en kcal/m<sup>3</sup> degré.

q : débit linéique dans la faille en m<sup>3</sup>/h.

T(y) : température de l'eau dans la faille à la profondeur y.

λ : conductivité thermique du massif en kcal/h.m.

t(xy) : température du massif rocheux à la distance x de la faille et à la profondeur y.

En supposant nulle la résistance thermique entre l'eau et le massif T(y) : t(O, y) et, en adoptant les conditions aux limites convenables, on peut résoudre l'équation (1). Nous en retiendrons le résultat qualitatif suivant qui rejoint celui que signalait déjà Donaldson en 1962 (8) pour un cas semblable — percolation vers le haut à travers un semi-perméable — c'est qu'il suffit d'un débit extrêmement faible d'une eau provenant de la profondeur pour modifier considérablement le gradient géothermique local. Dans le cas présent, le nombre de mètres de faille productifs reste inconnu. Rappelons qu'au moment du creusement des galeries, le débit d'exhaure a été estimé à 130 m<sup>3</sup>/h provenant de la "source chaude", plus 100 m<sup>3</sup>/h provenant des parois (19, p. 84).

La coupe de la fig. 11 rend compte de la situation existante entre le sondage de Douvrain et les "galeries plongeantes".

## 2) Autres observations ponctuelles dans la région.

De nombreuses observations de surface recueillies dans la région (points reportés sur la fig. 1) traduisent une influence plus ou moins franche et plus ou moins directe sur les nappes phréatiques : soit par une teneur anormalement marquée en *sulfate*, soit par une température légèrement supérieure à la moyenne annuelle du lieu. Le tableau I rapporte quelques analyses d'eaux de sources ou de puits où des teneurs exprimées en milliéquivalents SO<sub>4</sub><sup>-</sup> sont parfois supérieures à 2.

## III. — HYDROLOGIE DE LA NAPPE PROFONDE

Les eaux chaudes profondes se sont manifestées dans des conditions curieusement différentes, mais qui ne sont pas sans certaines analogies : à *Baudour*, dans une faille redressée accompagnée de brèches ; à *Saint-Ghislain*, dans une caverne karstique ; à *Douvrain*, dans une fissure béante au sein d'une brèche ; à *Ghlin*, dans une zone bréchiée. L'association avec des évaporites est évidente à Saint-Ghislain, possible ou probable aux autres points, la texture cataclastique étant commune à tous les gîtes cités.

### 1) Chimisme.

Les compositions chimiques des principaux sels dissous établissent avec éloquence la parenté entre toutes ces eaux (tableau II).

N°	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>--</sup>	Cl <sup>-</sup>	Σ+	Σ-
1	6.7	0.5	0.774	0.108	5.1	2.75	1.014	8.081	8.864
2	0.75	0.53	0.295	0.102	0.017	1.292	0.394	1.677	1.703
3	6.8	0.48	0.895	0.169	3.2	2.5	1.296	8.344	6.996
4	6.	1.32	0.435	0.047	3.4	1.917	0.845	7.802	6.162
5	6.1	1.26	0.530	0.055	4.	2.125	0.732	7.945	6.857
6	6.85	1.55	0.522	0.04	3.2	2.083	1.183	8.962	6.466
7	6.75	1.25	0.426	0.04	2.8	1.625	1.183	8.466	5.608
8	5.	1.36	0.339	0.04	4.	1.042	0.507	6.739	5.549
9	7.15	0.85	0.426	0.024	2.8	2.25	1.690	8.450	6.740
10	7.	1.16	0.522	0.066	3.6	1.708	1.464	8.748	6.772
11	7.05	1.31	0.582	0.063	4.2	1.791	1.633	9.005	7.625
12	5.	1.4	0.252	0.033	3.7	0.666	0.394	6.685	4.760
13	4.15	0.25	0.391	0.011	2.7	1.416	0.563	4.802	4.679
14	2.5	0.9	0.374	0.061	0.033	2.416	0.901	3.835	3.350
15	5.25	0.95	0.408	0.019	3.7	1.625	1.239	6.627	6.564
16	6.8	0.88	0.895	0.446	4.	2.125	2.422	9.021	8.547
17	7.2	0.88	0.295	0.028	4.3	2.125	1.127	8.403	7.551
18	7.64	0.90	0.70	0.06	6.1	2.00	1.24	9.30	9.34
19	2.98	0.58	0.565	0.18	0.56	3.13	0.58	4.305	4.27

Tableau I. — *Analyses chimiques de quelques eaux de sources et de puits en bordure Nord du Bassin de Mons.*  
 1. Sirault. Fontaine du Marais (Viséen). — 2. Stambruges. Bois du Carnoi (Landénien). — 3. Sirault. Source des Cavins (Viséen). — 4. Stambruges. Fontaine claire (Landénien). — 5. Stambruges. Fontaine bouillante (Landénien). — 6. Wadelincourt. Fontaine du Gard (Wealdien?). — 7. Erbaut. Puits Brasserie Molry (Yprésien). — 8. Erbaut. Source Moulin Culot (Yprésien). — 9. Jurbise. Source des Etangs (Yprésien). — 10. Jurbise. Source du Pont du Chemin de fer (Yprésien). — 11. Masnuy Saint-Jean. Source du Château (Yprésien). — 12. Casteau. Fontaine des Malades (Viséen). — 13. Ghlin. Fontaine N.D. de Mouligneaux (Turonien). — 14. Saint-Denis. Fontaine Vignette (Turonien). — 15. Gottignies. Source de la Wanze (Yprésien). — 16. Gottignies. Source Les Fonds (Yprésien). — 17. Ville-sur-Haine. Source N.D. de Creuse (Rabots). — 18. Belœil. Puits de la Malterie (Viséen). — 19. Baudour. Source dite Rouge Fontaine (Namurien).

Les températures au fond ou au jaillissement sont toujours élevées. Les teneurs en silice, non mentionnées dans le tableau, atteignent 47 mg/l à Saint-Ghislain,

54,6 mg/l à Douvrain et 55,6 mg/l à Ghlin. Les hypothèses généralement admises assigneraient ainsi à ces eaux une température atteinte de 85° C.

	Ca <sup>++</sup>	Mg <sup>++</sup>	Na <sup>+</sup>	K <sup>+</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>==</sup>	Cl <sup>-</sup>	Σ+	Σ-
Tunnel de Baudour, I 929 m (1906)	15.78	4.26		2.23	3.13	17.00	2.14	22.27	22.27
Sondage de Douvrain	11.24	4.68	2.52	0.16	3.44	12.91	2.17	18.68	18.52
Sondage de Ghlin	18.10	5.50	3.99	0.189	3.655	23.458	1.746	27.78	28.86
Sondage de Saint-Ghislain	21.31	6.45	4.03	0.23	3.16	26.02	2.18	32.18	31.36

Tableau II. — Chimisme des eaux des sondages et tunnels.

## 2) Modèle hydrodynamique de la nappe.

On vient de le voir, les sources et puits situés en Calcaire carbonifère ou en terrain houiller au Comble Nord du Bassin de Namur (ou placés sous leur dépendance) dans la zone étudiée sont tous, plus ou moins influencés par la nappe chaude profonde, à laquelle ils servent comme autant d'*exutoires*. L'alimentation de cette nappe ne provient donc pas du Nord; la seule provenance doit donc être orientale. Nous supposons donc une infiltration météorique dans les calcaires affleurant tout le long du bord Nord du Bassin de Namur bien à l'Est de Mons, jusqu'à Namur et au-delà sans doute. Gagnant la profondeur en suivant l'inclinaison des bancs calcaires, les eaux cheminent alors vers l'Ouest en suivant les vides énormes éventuels, dont ceux de Saint-Ghislain sont un exemple. Mise en charge, tant de façon gravitaire par les différences d'altitude entre les affleurements et le fond de la vallée de la Haine, également par un phénomène de thermo-siphon, la nappe remonte à la surface à la faveur de toutes les failles subverticales ou fissures encore ouvertes. Le modèle général est celui que Freeze et Witherspoon (9) étudiaient en 1966-1967 et dont la fig. 12, appropriée au cas du Hainaut, est une illustration.



Fig. 12. — Modèle schématique de circulation à travers deux couches de contraste de perméabilité égales à 100 [d'après Freeze et Witherspoon (9), adapté à la situation en Hainaut].

Sous une dépression du socle paléozoïque, l'anhydrite est dissoute et l'eau circule dans les fissures de la brèche calcaire résiduelle. Les trois puits sont placés dans la situation qu'ils occupent dans le schéma.

Reste à expliquer la nature des vides considérables qui permettent la circulation aisée de l'eau en profondeur. Puisque ces vides se trouvent en pleine masse d'anhydrite dans le sondage de Saint-Ghislain, c'est qu'ils résultent essentiellement de la dissolution d'évaporites et non pas de calcaire. Tout le contexte géologique du bassin crétacique de la vallée de la Haine plaide d'ailleurs en faveur de dissolutions: relief de la surface du Paléozoïque, nombreux puits naturels (6), pseudo-séismes, etc. D'autre part, de Magnée (7) et l'un de nous (13), avons prouvé la présence, dans les brèches du calcaire Viséen régional, de sections subcarrées de cristaux (vraisemblablement de halite), pseudomorphosés en calcite ou en dolomie micritique. Les vides sont donc vraisemblablement le résultat de la dissolution de lentilles de halite intercalées dans l'anhydrite. Les brèches mono ou polygènes témoignent des effondrements qui ont suivi la dissolution. Vers le Nord, une cimentation par la silice et la calcite réduit la porosité au point que la nappe en charge ne peut s'échapper que par des fractures à peine ouvertes. Ce modèle rend compte de toutes les observations accumulées jusqu'à présent et s'accommode des deux coupes des fig. 5 et 7.

En portant en ordonnées les températures de l'eau des cinq points chauds connus, du Nord au Sud, et en fonction de la profondeur de gisement, on obtient la courbe de la fig. 13. Par comparaison avec la droite reflétant le gradient normal,  $T_y = 10 + 0,03 y$ , on voit que jusqu'à 2.100 m de profondeur, la température des eaux est "anormalement" élevée; au-delà de cette profondeur, la température devient inférieure à celle que donnerait le gradient régional. Ce fait doit s'expliquer par des *circulations convectives* à examiner. Mais on voit déjà qu'en se plaçant dans une situation plus méridionale, on ne gagnera pas un nombre de degrés proportionnel à la plus grande profondeur qu'il faudrait atteindre.

a) S'il y a des cellules de convection alors que les différences de températures sont relativement faibles,

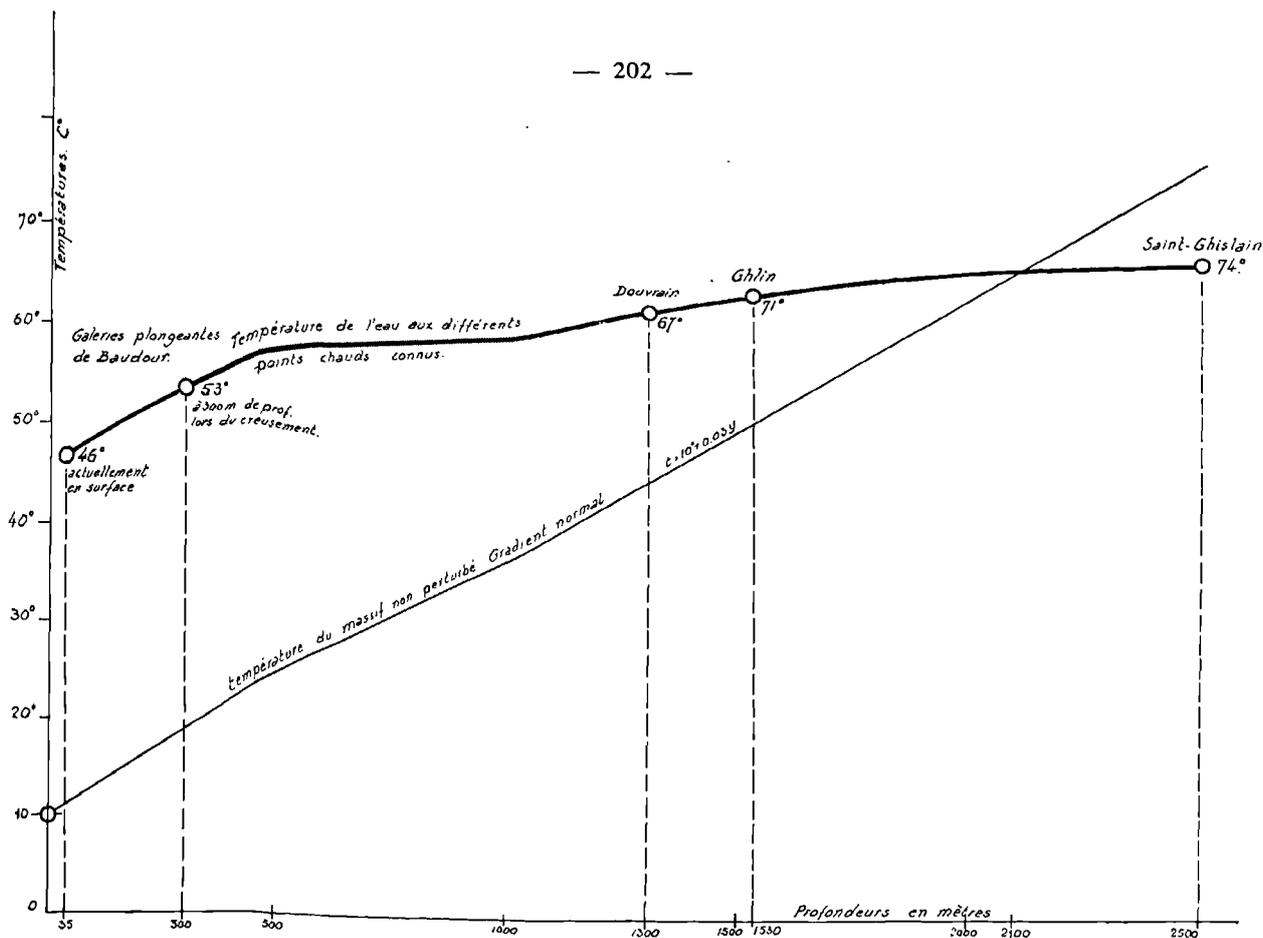


Fig. 13. — Températures des points chauds en fonction des profondeurs.

c'est que la perméabilité est très grande, voire énorme (Goguel, 10). Sur la branche descendante d'une cellule, on obtiendrait des températures nettement inférieures (fig. 14). On a parlé (Legrand, 14) de "méridienne chaude", ce qui donnerait quelque crédit à cette conception. Cependant, si la méridienne du Rieu-du-Cœur (Quaregnon) a été trouvée chaude, c'est peut-être que les travaux très profonds de ce siège

ont fourni des données qu'on n'a pas eu l'occasion de recueillir ailleurs. Par rapport au bassin de Charleroi, tout le Borinage est chaud et on n'y a jamais mis en évidence de "méridienne froide".

b) Il se pourrait aussi qu'en raison des faibles mais nombreuses "fuites" au long du bord du bassin, il n'y ait que des courants ascendants et non des cellules de convection selon le schéma de la fig. 15.

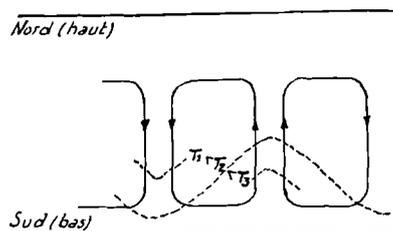


Fig. 14. — Schéma d'une circulation sous forme de cellules de convection. Les traits en pointillé représentent des isothermes.

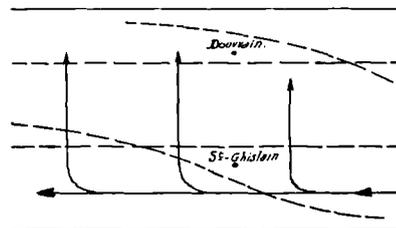


Fig. 15. — Schéma dans lequel des courants de fuite vers le Nord se superposent au courant général Est-Ouest. Les isothermes sont horizontales en l'absence de courant de fuite mais sont déformées s'il y en a.

En ce cas, les courbes des températures en fonction de la profondeur s'établiraient schématiquement suivant la fig. 16 pour des méridiennes de plus en plus orientales de 1 à 3. Envisagé à trois dimensions, ce graphique délimite deux volumes de terrains, l'un plus chaud que s'il n'y avait pas de courants ascendants et l'autre plus froid. Ce dernier volume est nécessairement plus grand que le premier car, si la circulation déplace les isothermes, elle s'accompagne d'un afflux en profondeur d'eaux météoriques froides.

c) On peut encore imaginer un troisième schéma, le plus satisfaisant jusqu'à présent (fig. 17). Il permet d'expliquer la minéralisation croissante des eaux avec la profondeur.

Dans le Hainaut, le Calcaire carbonifère est un milieu hétérogène (fig. 12) où, dans les secteurs à larges cavernes, les cellules convectives restent stables ; c'est vraisemblable. Par contre, la naissance de pareilles cellules semble impossible dans les parties fissurées.

### 3) Hydraulique des puits géothermiques du Hainaut.

Dans un sondage artésien profond, les pertes de charge sont dues à plusieurs causes ; les plus importantes sont :

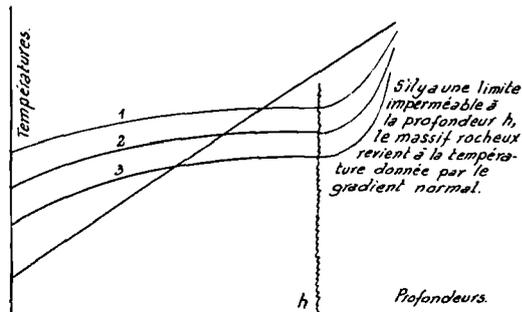


Fig. 16. — Schéma des températures en fonction de la profondeur pour des méridiennes de plus en plus orientales notées 1 à 3.

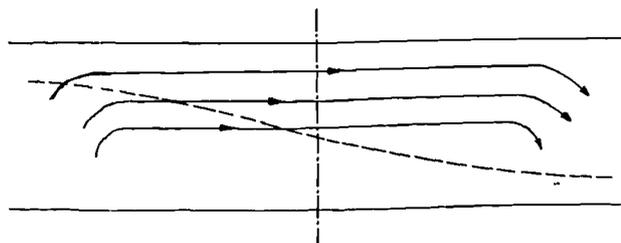


Fig. 17. — Schéma de circulation avec tubes de courant et allure d'une isotherme, en pointillé.

1)  $W_1$ , celles qui résultent des lois d'écoulement dans le milieu poreux ; 2)  $W_2$ , celles qui prennent naissance aux abords du trou et dans les crépines, c'est-à-dire à l'endroit où l'écoulement cesse d'être laminaire pour devenir turbulent ; 3)  $W_3$ , enfin, celles que provoque la circulation de l'eau dans les tubages.

Les premières,  $W_1$  sont proportionnelles au débit ; les deux autres,  $W_2$  et  $W_3$ , ont une allure parabolique ; si bien qu'on aura un rabattement  $S$  d'allure :

$$S = AQ + BQ^n$$

Au sondage de Saint-Ghislain, après avoir mesuré plusieurs débits en fonction de différentes pressions de tête, c'est-à-dire de différents rabattements, on obtient une courbe nettement parabolique ; tout se passe comme si on pompait dans un réservoir.

Dans les tubages, le nombre de Reynold ( $N_{RC}$ ) atteint 3.000 ; ainsi, à Saint-Ghislain, à l'intérieur des tubes 9" 5/8 ( $D = 22,4$  cm), pour un débit de 94 m<sup>3</sup>/h ( $v = 80$  cm/s), densité de l'eau  $\delta = 1$ , viscosité :  $\mu = 0,5$  centipoise, la formule de définition donne :

$$N_{RC} = \frac{\delta v D}{\mu} = \frac{1 \times 80 \times 22,4}{0,005} = 358400$$

L'écoulement y est donc turbulent et, en lisant le facteur de frottement  $f$  (0,015 à 0,018, suivant les diamètres) sur un diagramme de Moody, on peut évaluer  $W_3$ . En négligeant  $W_1$ , on obtient  $W_2$ , pertes de charges dues aux effets d'inertie et de turbulence aux environs du puits.

Certes, des pompages à grands débits permettraient de déduire la transmissivité et le coefficient d'emménagement de la formation, à partir de la formule de Jacob par exemple. Dans notre cas cependant, ces données risquent de rester formelles car en imposant des rabattements importants, on modifiera  $W_2$  en déplaçant la zone de transition entre les écoulements laminaires et turbulents.

Remarquons enfin que le temps de remontée de la pression, même après un soutirage prolongé, est du même ordre de grandeur que celui de la fermeture de la vanne, c'est-à-dire quasi instantané.

## IV. — SYNTHÈSE ET CONCLUSIONS

Les eaux chaudes rencontrées accidentellement en 1905 dans les galeries inclinées de Baudour sont maintenant connues dans les gîtes multiformes, à portée de sondage, dans le Viséen supérieur sous-jacent au Bassin de Mons.

La découverte de puissantes masses d'anhydrite interstratifiées dans les calcaires viséens a révolutionné les connaissances et a fait surgir de nouvelles conceptions, tout en posant de nouveaux problèmes géologiques, tectoniques, hydrologiques.

### 1) Géologie.

a) Les puissantes anhydrites coupées à Saint-Ghislain semblent être le résidu (provisoire !) de la dissolution d'évaporites complexes où la halite notamment aurait tenu une certaine place en compagnie d'autres sels solubles. Depuis l'émersion post-hercynienne, la bande E-W, subsidente, se déplace vers l'aval-pendage des évaporites.

b) Par la circulation d'eau profonde, chaude (66 à 73° et peut-être jusqu'à 85° C), on explique la formation de tout un réseau karstique développé en milieu salin (au sens le plus large du terme) groupant aujourd'hui un ensemble complexe de cavernes (St-Ghislain), de fissures béantes et de brèches d'effondrement (Douvrain et Ghlin) et de failles avec ou sans remplissage (Baudour).

c) La réduction de volume et la diminution de la résistance dues à la dissolution dans le substratum paléozoïque eurent des répercussions sur la stabilité des terrains de recouvrement, du Namurien au Crétacé (peut-être plus haut encore) dont les roches, souvent bréchiées, emplissent maintenant plus ou moins complètement les "puits naturels", lesquels dénoncent ainsi l'extension des gîtes salins et, du même coup, mesurent l'importance du potentiel géothermique prévisible.

d) On avance volontiers que le modelé actuel de la surface du socle paléozoïque ("cuves", "seuils", "promontoires"... ) seraient, au moins partiellement, la conséquence de tassements profonds, pérennes et saccadés donnant l'image d'une authentique *subsidence cavitaire*, connexe de la dissolution profonde. Les puits naturels (dont la "fosse aux Iguanodons" de Bernisart), les brèches de couverture, nombre d'ébranlements régionaux perçus en surface (pseudo-séismes)... constitueraient les aspects géodynamiques de la dite subsidence, échelonnés dans le temps jusqu'à nos jours.

e) Du seul point de vue géologique, les choses ne s'arrêtent pas à ce que nous en connaissons. Pourquoi

de tels dépôts évaporitiques se sont-ils accumulés et conservés préférentiellement dans le Bassin de Mons (prolongé sans doute vers Saint-Amand-les-Eaux et vers Valenciennes), dans cette partie du Bassin de Namur privilégiée par la *subsidence*, en tous temps, ce qui est manifeste par l'extraordinaire puissance du Dévonien supérieur et du Viséen à Saint-Ghislain, manifeste en période houillère, manifeste par l'accueil fait aux "lambeaux de poussée" de la déformation hercynienne, manifeste encore par ce que toute la géologie méso- et cénozoïque nous apprend ? Voudrait-on y voir l'effet de phénomènes prenant siège dans les possibles évaporites du Givétien que l'on reculerait simplement le problème.

f) Pour tout envisager, peut-on penser que les évaporites du Hainaut y auraient été poussées et amenées par des efforts tectoniques ? Et quelle place faudrait-il éventuellement réserver au diapirisme ?

g) La formation dite "Grande Brèche" du V3a prend un aspect nouveau si on veut bien y voir une brèche de dissolution (21). Les observations récentes de Hennebert, Hance, Jacobs et Swennen (24) prouvent le grand nombre d'épisodes à évaporites qui jalonnaient notre Viséen, jusque dans l'Est du pays.

### 2) La géothermie.

A ce jour, la géothermie dans le Hainaut tient dans le tableau III.

Si on en vient à utiliser ces eaux chaudes et si on admet de les rejeter à une température de 20° C, on obtient une énergie utile de  $Q \text{ m}^3 / \text{heure} \times T$  calories correspondant à une économie annuelle de 8.000 Tep environ par puits.

D'autres puits pourraient donner au Borinage un potentiel géothermique appréciable et durable.

L'impluvium est recherché dans les affleurements calcaires de l'Est ; l'eau circule ensuite dans les fissures puis s'accumule dans les vides créés par la dissolution et les effondrements subséquents. Aux divers niveaux du Viséen, la nappe est unitaire même si elle se

Gîtes	Débits	Tempér.	Profondeurs
Saint-Ghislain (Puits)	95 m <sup>3</sup> /h (artésien)	73° C	2400-2630 m.
Douvrain (Puits)	97 " ( " )	66° C	1335 m
Ghlin (Puits)	100 " ( " )	71° C	1575 m
Baudour (Galleries)	130 " (pompage)	53° C	300 m

Tableau III. — Géothermie des eaux dans le Hainaut.

décompose en tubes de courant aux chimismes différents.

Les réservoirs géothermiques basse température exploités jusqu'à présent, par exemple en France, sont à porosité d'interstices. Celui du Calcaire carbonifère en Hainaut par contre, est à cavités de dissolution (Saint-Ghislain) ou fissuré non poreux (Douvrain, Ghlin). Cette distinction fait l'originalité de la géothermie belge, impose ses contraintes à l'exploitation. L'énormité du volume-réservoir rend inutile une réinjection du fluide après soutirage des calories et la faible salinité de l'eau en permet l'évacuation en surface.

Dans de tels aquifères, caractériser la géométrie et les dimensions des vides est plus malaisé que dans les réservoirs à perméabilité de pores. On a vu combien sont précieuses à cet égard, les diagraphies de flux et de températures.

### 3) L'avenir.

Pour orienter fructueusement les recherches ultérieures, il conviendrait de démontrer les mécanismes internes à la masse liquide dans le gîte profond. Nous retenons essentiellement deux agents moteurs : la gravité, les différences de températures qui engendrent la convection et des courants ascendants.

Compte tenu des structures géologiques connues et des conditions propres au régime aquifère probable, il semble que : en dépit du résultat encourageant obtenu à Douvrain, il serait téméraire d'implanter de nouveaux sondages géothermiques trop au Nord de l'axe du bassin crétacique dans un but de facilité, pour atteindre le gîte aquifère à moindre profondeur ; on risquerait en effet de se heurter à une zone affectée de fractures sauvages et de manquer les venues aquifères.

Par contre, dans la partie axiale du bassin, les vides sont vraisemblablement étendus et, parfois au moins, prennent la forme de chambres plus prometteuses.

Le sondage de Saint-Ghislain correspond à un point haut de la surface paléozoïque : le *dôme d'Hornu*. Ceux de Douvrain et de Ghlin sont, au contraire, situés dans des "cuves". Certes, on n'a pas poussé ces deux dernières reconnaissances à des profondeurs suffisantes pour être assuré de l'absence actuelle d'évaporites dans les cuves, mais la chose paraît hautement probable.

De nouvelles recherches seront nécessaires pour connaître l'extension orientale du gisement géothermique dont on sait maintenant qu'il s'étend depuis la frontière française jusqu'à Mons, pour le moins.

## BIBLIOGRAPHIE

- 1) COEN-AUBERT M., GROESSENS E. et LEGRAND R. (1980). — Les formations paléozoïques des sondages de Tournai et de Leuze. *Bull. Soc. belge de Géol.*, Bruxelles, t. 89, fasc. 4, p. 241-275.
- 2) CORNET J. (1921). — Etude sur la structure du bassin crétacique du Hainaut. I. Région entre Jemappes et Ghlin. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, Liège, t. XLVI, Mémoires, p. 11-47.
- 3) DELECOURT J. (1936). — Sur la composition chimique des eaux souterraines du Couchant de Mons et des régions limitrophes. *Ann. Soc. géol. de Belgique*, Liège, t. LX, p. B107-123.
- 4) DELMER A. (1972). — Origine du Bassin Crétacique de la vallée de la Haine. *Serv. Géol. Belg., Prof. Paper*, Bruxelles, 1972, n° 5.
- 5) DELMER A. (1977). — Le Bassin du Hainaut et le sondage de Saint-Ghislain. *Prof. Paper*, Bruxelles, 1977, n° 6, n° 143.
- 6) DELMER A. et VAN WICHELEN P. (1980). — Répertoire des puits naturels connus en terrain houiller du Hainaut. *Serv. Géol. Belg., Prof. Paper*, Bruxelles, 1980, n° 5, n° 172.
- 7) DE MAGNEE I. (1980). — Communication person.
- 8) DONALDSON I.G. (1962). — Temperature gradient in the upper layers of the Earth's crust due to convection water flows. *Journal of Geophysical Research*, t. 67, n° 9, p. 3449-3459.
- 9) FREEZE R.A. et WITHERSPOON P.A. (1966-1967). — Theoretical analysis of regional groundwater flow. *Water Resources Research*, 2, (4), p. 641-656 et 3, (2), p. 623-634.
- 10) GOGUEL J. (1953). — Le régime thermique de l'eau souterraine. *Annales des Mines*, Paris, t. X, p. 3-32.
- 11) GROESSENS E., CONIL R. et HENNEBERT M. (1979). — Le Dinantien du sondage de Saint-Ghislain. Stratigraphie et Paléobiologie. *Mém. Expl. Caries Géol. et Min.*, Bruxelles, n° 22, 137 p., 22 fig., 27 pl., 5 tabl.
- 12) KERSTEN P. (1913). — Aperçu général sur le Bassin Houiller du Borinage. *Bull. techn. de l'Assoc. des Ing. sortis de l'Ecole Polytechnique de Bruxelles*, Bruxelles, 2° S., 11° série, n° 6, avril 1913, p. 223-321, 1 pl.
- 13) LECLERQ V. (1980). — Le sondage de Douvrain. *Serv. Géol. de Belg., Prof. Paper.*, Bruxelles, n° 3, n° 170.
- 14) LEGRAND R. (1975). — Jalons géothermiques. *Mém. Expl. Cartes Géol. et Min.*, Bruxelles, n° 16.

- 15) LEGRAND R. (1978). — La géothermie du sondage de St-Ghislain. *Bull. Soc. belge de Géologie*, Bruxelles, t. 87, fasc. 3-4, p. 168-169.
- 16) MARLIÈRE R. (1929). — Le sondage Léon Gravez à Mons et coupes de la cuve de Mons. *Ann. Soc. géol. Belgique*, Liège, t. LII, p. B184-198.
- 17) MARLIÈRE R. (1930). — Modifications au tracé des courbes isohypses de la "cuve" de Mons. *Ann. Soc. géol. Belgique*, Liège, t. LIII, p. B85-93.
- 18) MARLIÈRE R. (1939). — La transgression albienne et cénomaniennne dans le Hainaut. *Mém. Mus. Roy. Hist. nat. Belgique*, Bruxelles, n° 89, p. 284-287.
- 19) MARLIÈRE R. (1976). — Les eaux chaudes de Baudour (Hainaut) et les "tunnels inclinés". *Mém. et Publ. Soc. Sciences, Arts et Lettres du Hainaut*, Mons, t. 87, p. 35-131.
- 20) ORMAN E. (1900). — Faille du Centre. *Ann. des Mines de Belgique*, Bruxelles, t. V, p. 473-475.
- 21) ROBERTS A.E. (1966). — Stratigraphy of Madison Group near Livingston Montana, and discussion of Karst and Solutionbreccia features. *U.S.A. Geological Survey, Prof. Paper*, n° 526-B.
- 22) STAINIER X. (1938). — Charbonnages des Produits-du-Flénu. Coupe du sondage Léon Gravez (Mons). *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, t. XLVIII, p. 686-705.
- 23) STALLMAN R.W. (1960). — Note sur l'emploi de renseignements thermiques pour l'évaluation de la vitesse de l'eau souterraine. *Sixièmes Journées de l'Hydraulique*, Nancy, juin 1960, Question I, rapport n° 3, 7 p.
- 24) SWENNEN R., VIAENE W., JACOBS L. et VAN ORSMAEL J. (1981). — Occurrence of calcite pseudomorphs after gypsum in the lower Carboniferous of the Vesder Region (Belgium). *Bull. Soc. belge Géol.*, Bruxelles, t. 90, p. 231-247.

— « —

## Une coupe dans le Jurassique et le Houiller à la carrière de Leulinghen (Boulonnais)

par J.F. BECQ-GIRAUDON (\*), J.P. COLBEAUX (\*\*) et J. LEPLAT (\*\*\*)

**Résumé.** — L'ouverture d'une nouvelle piste à la carrière de Leulinghen (Boulonnais) a permis de réaliser quelques observations intéressantes sur le Jurassique et le Houiller. Le Jurassique est représenté par les Sables d'Hydrequent, reposant ici sur une couche d'argile noirâtre à débris organiques, d'âge également jurassique mais sans autre précision. Pour le Houiller, au sein duquel un niveau d'argile blanchâtre assimilable à un tonstein a été repéré, l'étude palynologique donne un âge westphalien.

**Abstract.** — The opening of a new trail in the Leulinghen's quarry (Boulonnais) allowed to realize some interesting observations about Jurassic and Carboniferous formations. The Jurassic shows the "Sables d'Hydrequent", laying on a black clayey stratum with organic materials, also of Jurassic period but without any accuracy. For the coal measures, inside who a tonstein has been marked, palynological studies gives a Westphalien age.

### INTRODUCTION

Dans le courant de l'année 1980, les Carrières du Boulonnais ont tracé, au Sud de l'actuelle excavation, une nouvelle piste de desserte des fronts de taille de leur carrière de Leulinghen. Avertis de ce que les travaux avaient mis à jour du charbon, nous nous sommes rendus sur place pour y réaliser quelques observations. Celles-ci, portant sur le "Houiller" mais aussi sur la couverture jurassique, nous ont paru suffisamment intéressantes pour être communiquées à la Société.

### 1. — DESCRIPTIONS LITHOLOGIQUES

L'exploitation de Leulinghen est le siège d'extraction le plus occidental du bassin carrier de Marquise. Elle est ouverte dans les calcaires viséens du "Massif autochtone de Ferques", limité au Sud par la "Faille de Ferques" (fig. 1).

C'est au niveau de cet accident que les terrassements ont été exécutés, la portion de piste digne d'intérêt étant délimitée par les points de coordonnées 556,9 - 348,58 et 556,7 - 348,66 (Lambert I - zone Nord).

#### 1) Les couches à faciès jurassique.

Les observations ont été faites essentiellement vers l'origine de la piste, côté Est, dans une petite excava-

tion présentant deux fronts de taille orientés sensiblement W-E pour l'un, N-S pour l'autre.

C'est surtout ce dernier qui a requis notre attention ; on y voit en effet, depuis le sommet (fig. 2, coupe A) :

- (1) 1 m environ de calcaire beige se débitant en grosses plaquettes ;
- (2) 1,20 m de silt à sablon plus ou moins induré, gris-bleu à caractère plus argileux vers le sommet ;
- (2') à 0,10 m sous le contact avec la couche supérieure, un niveau de sable fin rouille épais de 0,20 m. apparemment lenticulaire, peut être observé. On relève par ailleurs l'existence de débris végétaux ;
- (3) 1,40 m de sable fin, rouille à la base et devenant progressivement beige clair vers le sommet ;
- (3') au pied de cette couche se développent des encroûtements ferrugineux au niveau desquels des fossiles (Lamellibranches ?) mal conservés ont été trouvés. Il faut noter par ailleurs que, latéralement, dans la même excavation, les sables au-dessus du niveau encroûté sont traversés par des racines, ce qui traduirait une "émersion" faisant la preuve d'une instabilité certaine au Bajocien ;
- (4) 0,45 m à plus de 1 m d'argile noirâtre contenant des débris de végétaux carbonisés et des boules de sable durci.  
La teinte de cette couche s'éclaircit vers le haut, en même temps que s'atténue le caractère organique ;
- (5) A cet emplacement, l'ensemble des strates décrites ci-dessus repose en discordance sur des argilites gris-noir à gris-verdâtre alternant avec des silts verdâtres, que l'on doit rapporter au Houiller.

La coupe relevée sur le front W-E se distingue essentiellement :

- (6) — par l'absence de la couche de base, laquelle semble se développer vers le Sud,  
— par le fait que le Jurassique repose sur les calcaires viséens.

(\*) B.R.G.M., Orléans.

(\*\*) U.E.R. Sciences de la Terre, Lille I.

(\*\*\*) B.R.G.M., Lezennes.

Note présentée le 11 Février 1981 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 2 Décembre 1981.



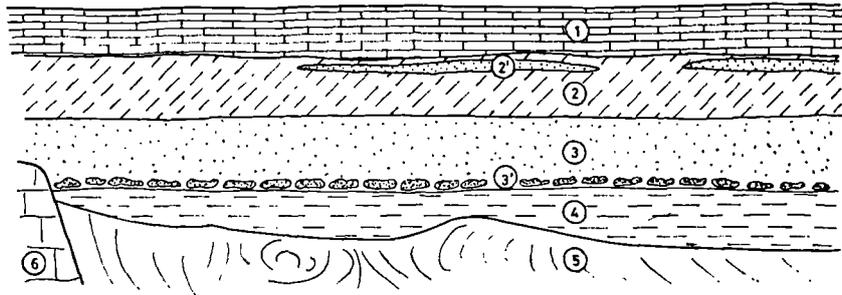
----- "faille de FERQUES" ; C.L. : carrière de LEULINGHEN ; (A) : coupe dans le Jurassique ; (B) : coupe dans le Houiller ; •FL : fosse de LEULINGHEN ; •FF1 : fosse FREMICOURT n° 1 ; •FF2 : fosse FREMICOURT n° 2 ; •F.H. : fosse de la HAYETTE (implantation approximative d'après les cartes d'OLRY) ; C.M. : carrières des Moines ; C.B.S. : carrière du Bois Sargent ; C.N. : carrière Napoléon (extraction marbrière) ; C.B.N. : carrière de la Basse Normandie.

Echelle 1/25.000e

Fig. 1.

-N-

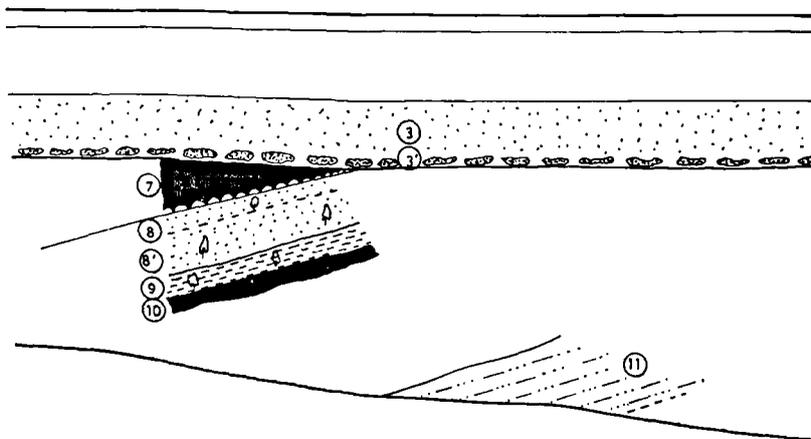
-S-



COUPE A

-E-

-W-



COUPE B

Echelle: 0 1 2 3m.

Fig. 2. — Coupes géologiques A et B (légende dans le texte).

## 2) Les couches à faciès houiller.

L'observation du terrain houiller étant très malaisée à l'origine de la piste, sous la coupe du Jurassique (couches plissotées - faible épaisseur observable), nous avons réalisé le levé le long du talus de déblai qui borde la piste au Sud. En se dirigeant vers l'Ouest, l'inclinaison de celle-ci fait que l'on dispose assez rapidement d'un talus haut d'une dizaine de mètres, sur lequel il est relativement facile de travailler (fig. 2, coupe B).

Ici le terrain houiller se trouve surmonté directement par les encroûtements ferrugineux développés à la base des sables fins. On y relève :

- (7) une couche de charbon altéré (épaisseur totale : 0,77 m), contenant vers le bas une intercalation schisteuse à radicelles et clayats et reposant sur un mur à radicelles épais de 0,05 m ;
- (8) 0,29 m de grès à grain moyen, micacé, finement stratifié, de couleur gris-souris, avec des restes de plantes ;
- (8') 0,72 m de grès comme ci-dessus mais à grain fin et cassuré ;
- (9) 0,34 m d'argile bleue à débris de plantes ;
- (10) 0,26 m de charbon en chapelets.

A cet endroit se place une lacune d'observation d'environ 2,5 m, la coupe se terminant par :

- (11) 1,80 m de silt passant à un grès fin, laminé, fortement micacé, de couleur gris-souris, avec des débris de plantes.

## II. — DISCUSSION

### 1) Attributions stratigraphiques.

#### a) *Le Jurassique.*

Les 2,6 m de sédiments sableux, sablonneux et silteux représentent à coup sûr les Sables d'Hydrequent, autrefois interprétés comme Bathonien inférieur (Bonte *et al.*, 1958), maintenant considérés comme Bajocien à la suite des données nouvelles fournies par le sondage de Boulogne-sur-Mer (Bonte, 1960). L'examen des échantillons a révélé des débris ligneux, mais pas de microflore. Quant à la faune de Lamelli-branches (?) conservés à l'état de moulages dans les encroûtements ferrugineux, elle a été signalée depuis longtemps par Dutertre (1922, 1927), qui comparait les Sables d'Hydrequent aux "Neaeren beds" d'Angleterre.

On notera ici l'absence, tout au moins sous leur faciès caractéristique, des Marnes d'Hydrequent. Cependant, ces dernières ont été mises en évidence dans un certain nombre de sondages voisins, sous forme d'une marne argileuse coquillière noirâtre alternant avec des bancs de calcaire marneux lumachellique gris-foncé. Inversement, d'autres sondages montrent les Marnes d'Hydrequent reposant directement sur le substrat primaire.

En fait, l'originalité de la coupe réside dans la couche d'argile noirâtre à débris organiques située au contact du Houiller. Les échantillons recueillis sont caractérisés par la présence de débris ligneux (trachéïdes), de spores très abondantes (\*) (*Cyathidites minor*, *C. australis*, *Densosporites*, *Osmundacidites wellmannii*, *Ischyosporites crateris*, *I. marburgensis*, *Gleicheniidites senonicus*, *Callialasporites dampieri*, *C. trilobatus*, *Cibotiumspora juriensis*, *Leiotriletes* sp., *Klukisporites neovariatus*) et de pollens disaccates et inaperturés (*Pinuspollenites globosaccus*, *P. minimus*, *Alisporites grandis*, *Execipollenites tumulus*, *Cycadopites follicularis*, *Perinopollenites elatioides*, *Tsugaepollenites mesozoicus*, *Classopollenites simplex*), qui permettent d'avancer un âge jurassique, sans plus de précision. Sans qu'il y ait certitude, on peut rapprocher ce niveau des argiles noires et grisâtres à flore infraliasique qui remplissaient certaines poches de la carrière de la Vallée Heureuse (Paule Corsin, 1950).

#### b) *Le Houiller.*

Cinq échantillons ont été soumis à une étude palynologique. Pour les trois premiers, prélevés dans les argilites sous la coupe du Jurassique, le résidu se

compose de nombreux débris ligneux et de spores abondantes parmi lesquelles les *Lycospora* sont particulièrement bien représentées : *Lycospora pusilla*, *L. pellucida*, *Apiculatisporis aculeatus*, *Densosporites anulatus*, *Dictyotriletes reticulocingulum*, *Raistrickia superba*, *Microreticulatisporites nobilis* sont des formes communes aux trois échantillons. S'y ajoutent *Densosporites spinosus*, *Crassispora ovalis*, *C. kosankei*, *Acanthotriletes microspinosus*, *Calamospora liquida*, *C. mutabilis*, *C. breviradiata*, *Raistrickia rubida*, *R. fulva*, *Cingulizonates loricatus*, *Lophotriletes commissuralis*, *L. microsphaetatus*, *Leiotriletes adnatoides*, *L. sphaerotriangulus*, *Mooreisporites inusitatus*, *Radiizonates striatus*, *Dictyotriletes bireticulatus*, *Callisporites nux*, *Laevigatosporites desmoinesensis*, *Anapiculatisporites minor*, *Triquitites minor*, *T. tribullatus*, *Granulatisporites parvus*, *Pustullatisporites papillosus*.

Pour les deux autres, prélevés sur le talus de déblai qui longe la piste, dans la couche de charbon en chapelet et les grès micacés à débris de plantes qui la surmontent, le contenu palynologique est identique, quoique moins riche dans les grès. Il se caractérise, outre les nombreux débris ligneux, par l'abondance des *Densosporites* (*D. anulatus*, *D. spinosus*, *D. spirifer*, *D. rotatus*), auxquelles s'ajoutent *Endosporites ornatus*, *Lycospora pusilla*, *L. pellucida*, *Planisporites spinulistratus*, *Radiizonates striatus*, *Distyotriletes falsus*, *Raistrickia fulva*, *Crassispora kosankei*, *Apiculatisporis aculeatus*, *Cirratiradites saturni*, *Laevigatosporites desmoinesensis*.

Ces résultats permettent d'attribuer à ce Houiller du Boulonnais un âge carbonifère supérieur, plus précisément westphalien.

### 2) *Présence d'un tonstein.*

Au sein du Houiller, notre attention a été attirée par un niveau d'argile blanchâtre épais d'une vingtaine de centimètres. L'analyse aux rayons X a révélé la présence de quartz et d'illite, et surtout l'abondance de la kaolinite, soit une composition minéralogique caractéristique d'un tonstein.

De tels niveaux sont connus depuis longtemps dans le terrain houiller du Boulonnais. Olry (1904), se référant d'ailleurs à Breton (1891), signale "la présence assez fréquente d'argiles réfractaires", "argiles blanches disposées en couches dans ce terrain, ou même interstratifiées dans les veines de houille" (\*).

Par rapport aux tonsteins connus dans le Bassin houiller du Nord - Pas-de-Calais, on retiendra surtout la différence de coloration (\*\*), qui pourrait s'expliquer par une histoire sédimentaire différente en rela-

(\*) La "veine à briques" des fosses d'Hardinghen était ainsi appelée parce qu'elle contenait un sillon d'argile réfractaire utilisé pour la fabrication de briques.

(\*\*) La différence d'induration pouvant s'expliquer dans une certaine mesure par la proximité de la surface du sol.

(\*) Toutes les déterminations sont due à M<sup>me</sup> Danièle Fauconnier, Service Palynologie du Service Géologique National - B.R.G.M.

tion avec l'existence d'un haut-fond de Saint-Omer isolant à l'époque le bassin du Boulonnais de celui du Nord - Pas-de-Calais (Colbeaux *et al.*, 1981).

### 3) Relations entre le Houiller et le Viséen.

Tout au long de la piste, côté Nord, les calcaires viséens montrent des caractéristiques structurales très homogènes : la direction des couches varie de N 70° à 76°, le pendage étant incliné au Sud de 40° à 41°. Dans le Houiller, les mesures prises sur les bancs gréseux indiquent une direction N 96° à 111°. Les pendages sont également dirigés vers le Sud ; très redressés contre les calcaires viséens (65° à 70°), les strates sont inclinées à 40° environ de l'autre côté de la piste.

Le contact Viséen-Houiller est manifestement tectonique. La paroi calcaire subverticale, accompagnée d'une brèche, qui le matérialise vers le haut de la piste, est orientée N 98° à 120°, et porte en certains points des stries également subverticales (direction N 102°, pendage 82° vers le Nord, stries plongeant vers l'W de 80°).

Vers le bas de la piste, un pointement de calcaire viséen apparaît sur la paroi sud, interrompant le Houiller sur une distance de quelques mètres. Il faut voir là les effets d'accidents transverses, d'orientation sensiblement N-S, qui décalent le couloir de Houiller. Ces accidents sont d'ailleurs bien visibles dans l'excavation voisine où nous avons pu mesurer leurs caractéristiques, soit : direction N 172° à 178°, pendage 65° à 80° vers l'Ouest.

## CONCLUSION

La conservation d'un lambeau de Houiller au niveau de la " faille de Ferques " dans la carrière de Leulinghen a permis l'inventaire d'une des plus belles coupes de Westphalien existant à ce jour dans le Boulonnais. Sa position intermédiaire entre les bassins charbonniers du Kent et du Nord - Pas-de-Calais en fait un point d'observation précieux, susceptible d'aider à mieux comprendre les relations entre ces deux bassins.

## BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1) BONTE A. (1969). — Le Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIX, p. 23-46.
- 2) BONTE A. (1974). — Lias et Bajocien dans le Boulonnais. Le sondage de Boulogne-sur-Mer. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCIV, p. 11-18.
- 3) BONTE A., COLLIN J.J., GODFRIAUX I. et LEROUX B. (1958). — Le Bathonien de la région de Marquise, le Wealdien du Boulonnais (feuilles de Marquise et Boulogne au 1/50.000). *C.R. des Coll. de la Carte Géol.*
- 4) COLBEAUX J.P., CONIL R. et HOYEZ B. (1978). — Phénomènes tectoniques au voisinage de la faille de Ferques (Massif primaire du Bas-Boulonnais, France). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCVIII, p. 345-358.
- 5) CORSIN Paule (1950). — Découverte de sédiments rhétiens dans le Boulonnais. Etude préliminaire de leur flore et de leur faune. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXX, p. 243-272.
- 6) DANZÉ J. et RENAULT Ph. (1950). — Phénomènes karstiques dans le Calcaire carbonifère du Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXX, p. 228-242.
- 7) DUTERTRE A.P. (1927). — Les " Neaeran beds " dans le Boulonnais. *C.R. somm. S.G.F.*, n° 6, p. 60-62.
- 8) OLRV A. (1903-1904). — Travaux d'exploitation et de recherche exécutés dans le Bassin Houiller du Boulonnais et dans la région comprise entre le Bassin du Pas-de-Calais et la mer. *Bull. Serv. Carte géol.*, n° 100, t. XV.
- 9) OLRV A. (1904). — Topographie souterraine du Bassin Houiller du Boulonnais ou bassin d'Hardinghen. *Etude des gîtes minéraux de la France*, 240 p.



# TABLE DES MATIÈRES

1981

## TABLE DES MATIERES

### Activité de la Société

- Elections pour le renouvellement du Conseil d'Administration : p. 3.  
Elections de nouveaux membres : p. 3, 49, 104, 147.  
Séances ordinaires de la Société : 7 janvier 1981, p. 3 ; 11 février 1981, p. 4 ; 4 mars 1981, p. 49 ;  
8 avril 1981, p. 49 ; 6 mai 1981, p. 50 ; 4 novembre 1981, p. 104 ; 2 décembre 1981, p. 147.  
Excursion géologique : 13 juin 1981, p. 99.  
Notice nécrologique : p. 149.

### Stratigraphie et Tectonique

- A. SCHMITT. — L'Ensemble Volcanique et Sédimentaire de l'unité tectonique de l'Ossa (Thessalie orientale, Grèce), p. 23.  
B. CLÉMENT et G. KATSIKATSOS. — Etude géologique d'un secteur des zones internes des Hellénides : l'Attique septentrionale (Grèce continentale), p. 87.  
J.F. BECQ-GIRAUDON, J.P. COLBEAUX et J. LEPLAT. — Structures anciennes transverses dans le bassin houiller du Nord - Pas-de-Calais, p. 117.  
G. KATSIKATSOS, G. MIGIROS et M. VIDAKIS. — Structure géologique de la région de la Thessalie orientale (Grèce), p. 177.  
J.F. BECQ-GIRAUDON, J.P. COLBEAUX et J. LEPLAT. — Une coupe dans le Jurassique et le Houiller à la carrière de Leulinghen (Boulonnais), p. 207.

### Terrains primaires

- G. MENNESSIER. — Sur la répartition des formations carbonatées en Asie à partir du Cambrien, p. 5.  
Cl. BROUSMICHE et J.P. LAVEINE. — Caractères, répartition et synonymie du *Pecopteris avoldensis* (Stur) dans le bassin houiller sarro-lorrain, p. 51.  
S. LOBOZIAK. — Précisions sur la distribution de quelques mégaspores dans le bassin houiller de Lorraine, p. 79.  
J.Cl. ROHART. — *Phillipsastracidae* (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). 2. - *Scruttonia boloniensis* (M.E. et H., 1851), p. 105.  
J.F. BECQ-GIRAUDON, J.P. COLBEAUX et J. LEPLAT. — Structures anciennes transverses dans le bassin houiller du Nord - Pas-de-Calais, p. 117.  
J.H. DELANCE, B. LAURIN et D. ROBILARD. — Présence de la Rhynchonelline *Sulcistrostra brusinai* (Eichenbaum) dans le Carixien du Moyen Atlas septentrional marocain, p. 75.  
H. DECOMMER. — Etude palynoplantologique et cadre sédimentologique du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France, p. 161.

### Biostratigraphie

- S. LOBOZIAK. — Précisions sur la distribution de quelques mégaspores dans le bassin houiller de Lorraine, p. 79.
- F. AMEDRO et F. MAGNIEZ-JANNIN. — Corrélations lithologiques et biostratigraphiques (ammonites, foraminifères) dans l'Albien du Boulonnais, p. 133.
- H. DECOMMER. — Etude palynoplanctologique et cadre sédimentologique du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France, p. 161.

### Paléogéographie

- G. MENNESSIER. — Sur la répartition des formations carbonatées en Asie à partir du Cambrien, p. 5.

### Sédimentologie et environnement sédimentaire

- R. MORTIER et M. BOELS. — Histoire de la plaine maritime de Wisant (Pas-de-Calais) depuis le début de l'Holocène, p. 17.
- H. DECOMMER. — Etude palynoplanctologique et cadre sédimentologique du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France, p. 161.

### Pétrographie et Minéralogie

- A. SCHMITT. — L'Ensemble Volcanique et Sédimentaire de l'unité tectonique de l'Ossa (Thessalie orientale, Grèce), p. 23.

### Géophysique

- H. MAILLOT, S. NOUALI et B. TRIPLET. — Prospection géophysique appliquée à la reconnaissance d'un contact faillé entre le Crétacé supérieur et le Tertiaire (Est de Lille, Nord de la France), p. 123.

### Terrains secondaires

- G. MENNESSIER. — Sur la répartition des formations carbonatées en Asie à partir du Cambrien, p. 5.
- N.M. FARSAN, D. VACHARD et C. MONTENAT. — Bivalves et Foraminifères de l'Anisien de Behsud (Trias de l'Afghanistan central), p. 65.
- J.H. DELANCE, B. LAURIN et D. ROBILLARD. — Présence de la Rhynchonelline *Sulcirostra brusinai* (Eichenbaum) dans le Carixien du Moyen Atlas septentrional marocain, p. 75.
- B. CLÉMENT et G. KATSIKATSOS. — Etude géologique d'un secteur des zones internes des Hellénides : l'Attique septentrionale (Grèce continentale), p. 87.
- H. MAILLOT, S. NOUALI et B. TRIPLET. — Prospection géophysique appliquée à la reconnaissance d'un contact faillé entre le Crétacé supérieur et le Tertiaire (Est de Lille, Nord de la France), p. 123.
- F. AMEDRO et F. MAGNIEZ-JANNIN. — Corrélations lithologiques et biostratigraphiques (ammonites, foraminifères) dans l'Albien du Boulonnais, p. 133.
- H. DECOMMER. — Etude palynoplanctologique et cadre sédimentologique du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France, p. 161.
- G. KATSIKATSOS, G. MIGIROS et M. VIDAKIS. — Structure géologique de la région de la Thessalie orientale (Grèce), p. 177.
- J.F. BECQ-GIRAUDON, J.P. COLBEAUX et J. LEPLAT. — Une coupe dans le Jurassique et le Houiller à la carrière de Leulinghen (Boulonnais), p. 207.

### Terrains tertiaires et quaternaires

- R. MORTIER et M. BOELS. — Histoire de la plaine maritime de Wisant (Pas-de-Calais) depuis le début de l'Holocène, p. 17.
- Ch. DUPUIS. — Le Tertiaire de Saint-Valery-sur-Somme, un témoin des faciès sparnaciens à unios de la marge Nord-Ouest du Bassin de Paris, p. 39.
- B. CLÉMENT et G. KATSIKATSOS. — Etude géologique d'un secteur des zones internes des Hellénides : l'Attique septentrionale (Grèce continentale), p. 87.
- H. MAILLOT, S. NOUALI et B. TRIPLET. — Prospection géophysique appliquée à la reconnaissance d'un contact faillé entre le Crétacé supérieur et le Tertiaire (Est de Lille, Nord de la France), p. 123.

### Paléontologie - Palynologie - Micropaléontologie

- Cl. BROUSMICHE et J.P. LAVEINE. — Caractères, répartition et synonymie du *Pecopteris avoldensis* (Stur) dans le bassin houiller sarro-lorrain, p. 51.
- N.M. FARSAN, D. VACHARD et C. MONTENAT. — Bivalves et Foraminifères de l'Anisien de Behsud (Trias de l'Afghanistan central), p. 65.
- J.Cl. ROHART. — *Phillipsastraeidae* (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). 2. - *Scruttonia boloniensis* (M.E. et H., 1851), p. 105.

### Géothermie

- A. DELMER, V. LECLERCQ, R. MARLIÈRE et F. ROBASYNSKI. — La géothermie en Hainaut et le sondage de Ghlin (Mons, Belgique), p. 189.

—————«»—————

**TABLE DES PLANCHES**

---

- Pl. I à IV. — *Pecopteris avoldensis* (note de Cl. BROUSMICHE et J.P. LAVEINE, p. 64).  
Pl. V. — Bivalves et Foraminifères du Trias de l'Afghanistan (note de M. FARSAN *et al.*, p. 74).  
Pl. VI à VIII. — Mégaspores du bassin houiller de Lorraine (note de S. LOBOZIAK, p. 86).  
Pl. IX et X. — *Phillipsastraeidae* du Dévonien du Boulonnais (note de J.Cl. ROHART, p. 116).  
Pl. XI et XII. — Etude palynologique du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France (note de H. DECOMMER, p. 176).

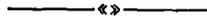


TABLE ALPHABETIQUE DES AUTEURS

---

- F. AMEDRO et F. MAGNIEZ-JANNIN. — Corrélations lithologiques et biostratigraphiques (ammonites, foraminifères) dans l'Albien du Boulonnais, p. 133.
- J.F. BECQ-GIRAUDON, J.P. COLBEAUX et J. LEPLAT. — Structures anciennes transverses dans le bassin houiller du Nord - Pas-de-Calais, p. 117.
- J.F. BECQ-GIRAUDON, J.P. COLBEAUX et J. LEPLAT. — Une coupe dans le Jurassique et le Houiller à la carrière de Leulinghen (Boulonnais), p. 207.
- M. BOELS. — Voir R. MORTIER et M. BOELS, p. 17.
- Cl. BROUSMICHE et J.P. LAVEINE. — Caractères, répartition et synonymie du *Pecopteris avoldensis* (Stur) dans le bassin houiller sarro-lorrain, p. 51.
- B. CLÉMENT et G. KATSIKATSOS. — Etude géologique d'un secteur des zones internes des Hellénides : l'Attique septentrionale (Grèce continentale), p. 87.
- J.P. COLBEAUX. — Voir J.F. BECQ-GIRAUDON *et al.*, p. 117.
- J.P. COLBEAUX. — Voir J.F. BECQ-GIRAUDON *et al.*, p. 207.
- H. DECOMMER. — Etude palynoplantologique et cadre sédimentologique du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France, p. 161.
- J.H. DELANCE, B. LAURIN et D. ROBILLARD. — Présence de la Rhynchonelline *Sulcistrostra brusinai* (Eichenbaum) dans le Carixien du Moyen Atlas septentrional marocain, p. 75.
- Ch. DELATTRE. — L'œuvre de Gérard WATERLOT, p. 149.
- A. DELMER, V. LECLERCQ, R. MARLIÈRE et F. ROBASZYNSKI. — La géothermie en Hainaut et le sondage de Ghlin (Mons, Belgique), p. 189.
- Ch. DUPUIS. — Le Tertiaire de Saint-Valery-sur-Somme, un témoin des faciès sparnaciens à unios de la marge Nord-Ouest du Bassin de Paris, p. 39.
- N.M. FARSAN, D. VACHARD et C. MONTENAT. — Bivalves et Foraminifères de l'Anisien de Behsud (Trias de l'Afghanistan central), p. 65.
- G. KATSIKATSOS. — Voir B. CLÉMENT et G. KATSIKATSOS, p. 87.
- G. KATSIKATSOS, G. MIGIROS et M. VIDAKIS. — Structure géologique de la région de la Thessalie orientale (Grèce), p. 177.
- B. LAURIN. — Voir J.H. DELANCE *et al.*, p. 75.
- J.P. LAVEINE — Voir Cl. BROUSMICHE et J.P. LAVEINE, p. 51.
- V. LECLERCQ. — Voir A. DELMER *et al.*, p. 189.
- J. LEPLAT. — Voir J.F. BECQ-GIRAUDON *et al.*, p. 117.
- J. LEPLAT. — Voir J.F. BECQ-GIRAUDON *et al.*, p. 207.
- S. LOBOZIAK. — Précisions sur la distribution de quelques mégaspores dans le bassin houiller de Lorraine, p. 79.
- F. MAGNIEZ-JANNIN. — Voir F. AMEDRO et F. MAGNIEZ-JANNIN, p. 133.
- H. MAILLOT, S. NOUALI et B. TRIPLET. — Prospection géophysique appliquée à la reconnaissance d'un contact faillé entre le Crétacé supérieur et le Tertiaire (Est de Lille, Nord de la France), p. 123.

- R. MARLIÈRE. — Voir A. DELMER *et al.*, p. 189.
- G. MENNESSIER. — Sur la répartition des formations carbonatées en Asie à partir du Cambrien, p. 5.
- G. M!GIROS. — Voir G. KATSIKATSOS *et al.*, p. 177.
- C. MONTENAT. — Voir N.M. FARSAN *et al.*, p. 65.
- R. MORTIER et M. BOELS. — Histoire de la plaine maritime de Wissant (Pas-de-Calais) depuis le début de l'Holocène, p. 17.
- S. NOUALI — Voir H. MAILLOT *et al.*, p. 123.
- F. ROBASYNSKI. — Voir A. DELMER *et al.*, p. 189.
- D. ROBILLARD. — Voir J.H. DELANCE *et al.*, p. 75.
- J.Cl. ROHART. — *Phillipsastraeidae* (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). 2. - *Scruttonia boloniensis* (M.E. et H., 1851), p. 105.
- A. SCHMITT. — L'Ensemble Volcanique et Sédimentaire de l'unité tectonique de l'Ossa (Thessalie orientale, Grèce), p. 23.
- B. TRIPLET. — Voir H. MAILLOT *et al.*, p. 123.
- D. VACHARD. — Voir N.M. FARSAN *et al.*, p. 65.
- M. VIDAKIS. — Voir G. KATSIKATSOS *et al.*, p. 177.

————«»————



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

(\*) 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 (\*)

<b>Tome I</b> , 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.
<b>Tome IV</b> , n° 1. - J. GOSSELET, <i>Etudes sur les variations du Spirifer Verneuilli</i> , 1894, 63 p., 7 pl. ....	90,00 F.
<b>Tome VI</b> , 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 siluro-dévonienne 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.
<b>Tome VII</b> , n° 1. — P. BERTRAND, <i>Etude des Stipes d'Asterochloena laxa</i> Stenzel, 1911, 72 p., 6 pl. ....	102,00 F.
<b>Tome VIII</b> , n° 2. — Ed. LEROUX, <i>Le tunnel de l'Ave Maria. Observations géologiques et hydrologiques sur le plateau et la falaise au Suc de Boulogne-sur-Mer</i> , 1929, 50 p., 5 pl. ....	120,00 F.
<b>Tome IX</b> , 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.
<b>Tome X</b> , 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.
<b>Tome XII</b> . — D. LE MAITRE, <i>Etude sur la Faune des Calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis</i> , 1934, 263 p., 18 pl. ....	336,00 F.
<b>Tome XIII</b> . — 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.
<b>Tome XIV</b> . — G. WATERLOT, <i>Les Gigantostrocés du Siluro-Dévonien de Liévin</i> , 1966, 23 p., 5 pl. ....	84,00 F.
<b>Tome XV</b> . — J. MANIA, <i>Gestion des Systèmes aquifères. Applications au Nord de la France</i> , 1978, 228 p.	180,00 F.

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.
<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) (\*)

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

1981

4<sup>me</sup> trimestre

---

	pages
Ch. DELATTRE. — L'œuvre de Gérard Waterlot (1904-1982) .....	149
H. DECOMMER — Etude palynoplantologique et cadre sédimentologique du Jurassique et du Crétacé du Nord de la France .....	161
G. KATSIKATSOS, G. MIGIROS et M. VIDAKIS. Structure géologique de la région de Thessalie orientale (Grèce) .....	177
A. DELMER, V. LECLERCQ, R. MARLIERE et F. ROBASZYNSKI. — La géothermie en Hainaut et le sondage de Ghlin (Mons - Belgique) ....	189
J.F. BECQ-GIRAUDON, J.P. COLBEAUX et J. LEPLAT. Une coupe dans le Jurassique et le Houiller à la carrière de Leulinghen (Boulonnais) .....	207

© 1982 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)

Le Directeur de la publication : Paule CORSIN.  
Commission Paritaire N° 55.940.

Imprimerie Centrale du Nord, 12, rue Lepelletier, 59800 Lille - 10-1982  
Dépôt légal N° 647 — 4<sup>e</sup> trimestre 1982