

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome XCIV

1974

~~4^{me} trimestre~~

VOLUME PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
LILLE

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 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. — L'ensemble des notes présentées au cours d'une même année, par un même auteur, ne peut dépasser le total de 10 pages, 1 planche simill étant comptée pour 2 p. 1/2 de texte.

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

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

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

Avertissement

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

Tirages à part

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

Cotisations et Abonnements (à la date du 1^{er}-1-1975)

	QUALITE	COTISATION	ABONNEMENT
FRANCE et BENELUX	Personnes physiques (2)	15,00 F	55,00 F
	Personnes morales	40,00 F	75,00 F
AUTRES PAYS	Personnes physiques	15,00 F	60,00 F
	Personnes morales	40,00 F	75,00 F

FRANCE et ETRANGER : Abonnement des non-membres : 120,00 F.

Pour tous renseignements et règlements, s'adresser à : Secrétariat S.G.N., Sciences de la Terre,
B.P. 36, 59650 Villeneuve d'Ascq — Tél. 56.92.00 — C.C.P. Lille 5247

ANNALES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

La vente des Annales s'effectue par tomes entières aux prix suivants. Exceptionnellement, et jusqu'à épuisement du stock, certains fascicules sont en vente séparément. Leur liste figure en pages 233 et 234.

Tomes I à LXXXV (manquent I, II, V à IX, XVI, XXII, XXXIV à XXXVI, XXXIX à XLIII, XLV, XLVII à LVIII) 120,00 F.
Tomes LXXXVI et suivants (manque XCI) 130,00 F.

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

(2) Les étudiants qui en font la demande annuelle peuvent, par décision du Conseil, bénéficier d'un tarif préférentiel sur l'abonnement (35,00 F).

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome XCIV

1974

4^{me} trimestre,

VOLUME PUBLIÉ AVEC LE CONCOURS DU
CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
LILLE

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1974 —

<i>Président d'Honneur</i>	M. G. WATERLOT
<i>Président</i>	M. I. GODFRIAUX
<i>Premier Vice-Président</i>	M. J. PAQUET
<i>Vice-Présidents</i>	M. J. DIDON
	M. P. DOLLÉ
<i>Secrétaire</i>	M. J.J. FLEURY
<i>Secrétaire-Adjoint</i>	M. F. LETHIERS
<i>Déléguée aux Publications</i> ..	M ^{me} Paule CORSIN
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Archiviste-Bibliothécaire</i>	M. J.L. MANSY
<i>Conseillers</i>	M ^{lle} D. BRICE
	M. P. CELET
	M. G. SOULIEZ
	M. E. MÉRIAUX
	M. J. SOMMÉ
	M. J. DERCOURT

A N N A L E S
D E L A
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

publiées avec le concours du Centre national de la Recherche scientifique

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, Boîte Postale 36, 59650 Villeneuve d'Ascq
Tél. 56.92.00 — C.C.P. Lille 5.247

Compte rendu de l'activité de la Société

SEANCE ORDINAIRE DU 5 DECEMBRE 1974

Présidence de M. I. GODFRIAUX, Président

Le Président annonce d'abord le décès de deux Membres de notre Société : MM. Dom REMACLE ROME et Jean-Pierre DESTOMBES. Puis il fait procéder à l'élection de nouveaux membres. Sont donc élus :

M. Pierre-Yves GILLOT, Laboratoire de Péetrographie-Géochronologie, Université des Sciences de Paris XI, à 91400 Orsay, présenté par MM. J. Dercourt et J.J. Fleury.

M. René CLAISSE, 167, Boulevard de la République, à 59120 Loos, présenté par MM. I. Godfriaux et J.J. Fleury.

M. Daniel VACHARD, Laboratoire de Micropaléontologie, Université de Paris VI, 4, Place Jussieu à 75230 Paris Cedex 05, présenté par M^{me} G. Termier et M. l'Abbé A.F. de Lapparent.

M. Eric WIGNIOLLE, U.E.R. Sciences de la Terre, B.P. 36, à 59650 Villeneuve d'Ascq, présenté par MM. P. Celet et B. Clément.

M. Bruno DELPORTE, 13, rue du Terroir, à 59650 Villeneuve d'Ascq, présenté par MM. M. Waterlot et J.J. Fleury.

Communications orales

A. BONTE, J.P. COLBEAUX, B. HOYEZ et F. LETHIERS. — Les "Schistes d'Hydrequent" (Dévonien supérieur du Bas-Boulonnais), nouvelles observations.

J. MANIA et J. RICOUR. — Hydrogéologie de la nappe du Séquanien de la région boulonnaise.

Communication écrite

A.F. de LAPPARENT et E. MERIAUX. — Sur un charbon gondwanien d'Afghanistan central.

Sur un charbon gondwanien d'Afghanistan central

par † Albert F. de LAPPARENT (*) et Emile MERIAUX (**)
(Planches XIX et XX)

Sommaire. — L'étude d'un niveau charbonneux, observé au col de Bini-Darzak (Afghanistan) et rapporté au Carbonifère terminal (Sakmarien s. s.), a permis de montrer que les combustibles qu'il contient présentent des caractères gondwaniens typiques.

Summary. — The study of a coal layer, near Bini-Darzak Pass (Afghanistan), belonging to the Uppermost Carboniferous (Sakmarien s. s.) showed that the contained combustibles had the characteristics of the Gondwana formation.

INTRODUCTION

Une couche charbonneuse, épaisse d'une vingtaine de centimètres et visible sur une longueur de 50 m, fut remarquée en 1961 et 1963 par l'un de nous (A.F. de L.) à 3 km au Nord-Est du col de Bini-Darzak, à la bordure orientale du Dacht-e-Nawar (Province de Ghazni, Afghanistan central) (fig. 1). Elle avait fait l'objet d'un simple grattage, abandonné en raison de l'allure lenticulaire et de la pauvreté en matière combustible qui la caractérisent. La couche est située entre des bancs gréseux, au sein d'une série de schistes et quartzites rapportée au Carbonifère supérieur (fig. 2 et Pl. XIX, fig. 1 et 2).

L'étude par de Lapparent, Termier et Termier (1971) d'une faune de Brachiopodes récoltée ultérieurement dans des grès grossiers au toit de la couche charbonneuse a révélé ici l'existence de la faune d'*Umaria* à *Stepanoviella umariensis*. Or, cette faune assez rare est connue dans l'Inde, où elle forme une intercalation marine dans les couches de Gondwana. Elle caractérise le Sakmarien s. s., niveau considéré comme situé à l'extrême base du Permien, ou plutôt tout au sommet du Carbonifère (Doubinger, 1973).

L'étude suivante a pour objet de décrire les échantillons charbonneux de Bini-Darzak, de type gondwanien. Ils sont d'autant plus intéressants que les faciès gondwaniens ont été reconnus depuis peu dans le Permo-Carbonifère en Afghanistan central (de Lapparent, Termier et Termier, 1970 ; Termier, Termier, Marin, Desparmet et de Lapparent, 1973) alors qu'ils ne semblent pas représentés au Nord de l'Hindou Kouch, ni au Pamir (Dronov, Karapetov et Leven, 1959).

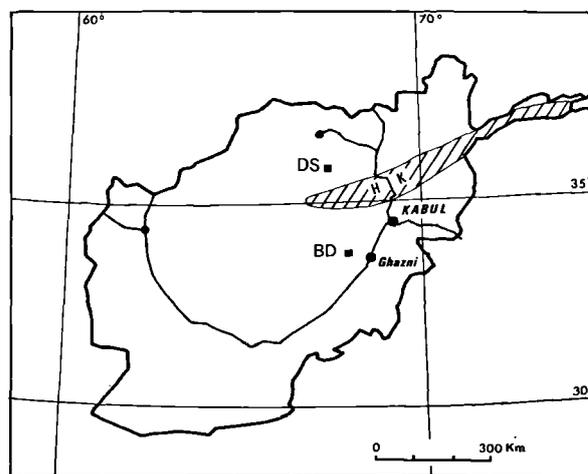


Fig. 1. — Position des charbons de Dara-e-Souf (DS) et de Bini-Darzak (BD) de part et d'autre de l'Hindou Kouch (HK), en Afghanistan.

(*) Institut de Géologie I.G.A.L., 21, rue d'Assas, Paris 6°.

(**) Université de Picardie, Amiens.

Note déposée le 1^{er} Décembre 1974.

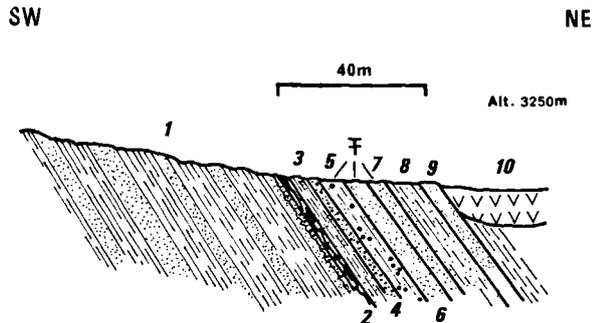


Fig. 2. — Coupe détaillée du niveau charbonneux de Bini-Darzak (Afghanistan central).

1. Série des schistes et quartzites.
2. Niveau charbonneux (20 cm) surmontant un grès grossier qui ravine un banc de quartzite.
3. Grès fins en plaquettes (on n'y a pas observé de traces végétales).
4. Grès grossier.
5. Schistes gréseux à nombreux galets roulés, dispersés sans ordre (tillitoïde), avec quelques Brachiopodes.
6. Grès bleuâtre dur, à gros grains de quartz ronds et dépolis, avec Productus et Spirifers.
7. Grès, avec des Spirifers.
8. Schistes gréseux.
9. Banc de quartzite.
10. Projections volcaniques quaternaires.

Les éléments de la faune d'Umaria à *Stepanoviella umariensis* (étudiés par Termier et Termier) sont présents dans les couches 5, 6 et 7 (F).

ETUDE PETROGRAPHIQUE

Le niveau charbonneux observé près du col de Bini-Darzak s'est révélé extrêmement altéré et son étude a été délicate. Ce niveau est constitué de schistes et de grès à minces intercalations de filets et de veinules charbonneux.

Un examen pétrographique préliminaire de surfaces polies, observées à immersion d'huile, avait montré que les lits charbonneux observables dans les passées schisteuses étaient minces et peu abondants. Dans ces conditions, un traitement par liqueur dense a permis de séparer les stériles et de concentrer les matières organiques. Les fractions charbonneuses ainsi obtenues ont elles-mêmes fait l'objet d'une séparation par densité. Les caractères chimiques et techniques [teneurs en cendres (% C), NF. M. 03.003, 1962 ; indice de matières volatiles (% MV), NF. M. 03.004, 1967 ; et indice de

gonflement (IG), NF. M. 11.001, 1944] des substances combustibles solides nous ont été fournis par le Laboratoire Central d'Hénin-Beaumont des Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais. Les résultats des analyses effectuées sur chaque fraction sont les suivants :

Fraction de densité	% C	% MV	IG
Inférieure à 1,70	19,90	19,80	0
Comprise entre 1,70 et 2,00	52,80	12,90	0
Supérieure à 2,00	80,00	9,80	0

Les fractions obtenues ont par ailleurs été enrobées dans une résine synthétique. Des surfaces polies ont été confectionnées et étudiées au microscope par réflexion à immersion d'huile en lumière naturelle et polarisée.

Ces examens ont permis de constater que la fraction de densité inférieure à 1,70 est essentiellement constituée de *fusinite*. Il s'agit de tissus ligneux bien conservés dont la structure cellulaire est généralement étirée, microplissée (Pl. XX, fig. 3), écrasée ou mylonitisée (Pl. XX, fig. 5). La teinte est jaunâtre en lumière réfléchie. On admet que la *fusinite* a une densité de 1,5 environ, quel que soit le rang du charbon (C.I.P.C., 1963). Les fragments ligneux sont parfois enrobés d'argile qui doit être tenue pour responsable de la haute teneur en cendres de cette première fraction.

La fraction de densité comprise entre 1,70 et 2,00 se compose de *vitrinite*. Les grains de *vitrinite* sont extrêmement fissurés en tous sens (Pl. XX, fig. 1 et 2). Les fissures sont parfois remplies d'argile ou le plus souvent colmatées par des carbonates (Pl. XX, fig. 1). Il existe aussi des lits de carbargilite syngénétique (Pl. XX, fig. 6) ainsi que des granules de pyrite disposés parallèlement par rapport aux lits argileux. Il peut arriver que l'argile révèle, par sa disposition particulière, la vraie nature de certains lits de *vitrinite* que l'on peut alors classer dans la *télinite*. Ici encore, l'abondance de la carbargilite, de la carbankérite et, dans une moindre mesure, de la carbopyrite, est responsable des hautes teneurs en cendres (52,8 %) et de la densité relativement élevée (1,7 à 2,00) de cette deuxième fraction ; la densité de la collinite oscillant de 1,2 à 1,7 selon le rang des charbons (C.I.P.C., 1963).

L'existence d'une fraction de densité supérieure à 2,00 est déterminée par la présence de matières minérales : schistes et sidérose

pouvant être associés à des fragments d'origine organique (Pl. XX, fig. 7 et 8) qu'il est parfois possible de rattacher en raison de leur morphologie, de leur relief et de leur teinte jaunâtre, à des fragments de *fusinite* (Pl. XX, fig 7 et 8) et de *sclérotinite* (Pl. XX, fig. 4). Comme on pouvait s'y attendre, les teneurs en cendres de cette fraction sont très élevées.

En raison du mélange intime des matières organiques et des matières minérales, les teneurs en cendres augmentent naturellement de la fraction de densité inférieure à 1,70 à celle de densité supérieure à 2,00. Dans le même temps, les indices de matières volatiles diminuent. Mais les teneurs en cendres étant élevées, les valeurs des indices de matières volatiles et celles des indices de gonflement sont peu significatives, car faussées par la présence de carbonates et de sulfures. De plus, l'analyse chimique a révélé la présence d'acide humique, ce qui indique une oxydation importante de l'échantillon et contribue à fausser ces résultats.

Dans ces conditions, il est bien difficile de situer ces combustibles dans une classification. C'est pourquoi il a été réalisé des mesures de pouvoir réflecteur destinées à préciser le rang de la collinite. Les conditions expérimentales furent les suivantes :

- lumière monochromatique polarisée verte ($\lambda = 525 \text{ nm}$),
- huile Leitz d'indice $n_D^{25} = 1,51$, soit $n = 1,773$ pour $\lambda = 525 \text{ nm}$,
- étalon : leucosaphir synthétique de $PR = 0,595 \%$ pour $\lambda = 525 \text{ nm}$,
- enregistrement potentiométrique automatique sur "Servogor".

Les résultats obtenus sont les suivants :

PR maximal (PRM) = 2,28 % $\sigma_{PRM} = 5,51$
 PR minimal (PRm) = 1,93 % $\sigma_{PRm} = 8,02$
 PR moyen = 2,10 %
 Anisotropie de réflexion = 0,35.

Les réflectogrammes correspondant à ces différentes mesures sont représentés sur la fig. 3. Les valeurs sont, on le voit, très irrégulièrement distribuées et on constate qu'il y a superposition entre les valeurs les plus élevées du PRm et les valeurs les plus faibles du PRM.

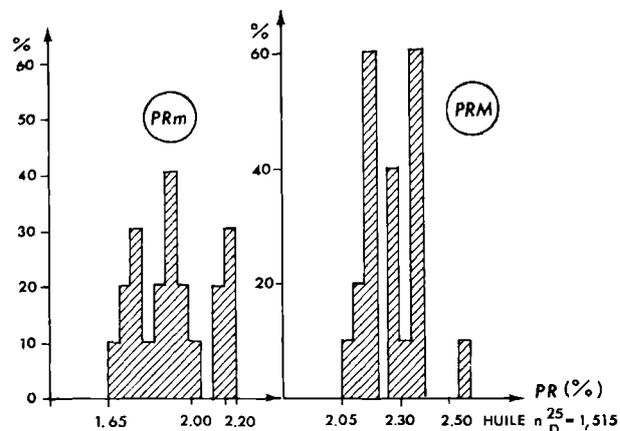


Fig. 3. — Réflectogrammes des PRM et PRm du niveau charbonneux.

En prenant la courbe de Kötter (1960) publiée dans le Lexique international de pétrographie des charbons (C.I.P.C., 1963) à la fiche rang, il apparaît que dans la classification allemande, les combustibles de Bini-Darzak sont des houilles maigres ayant des teneurs en carbone de l'ordre de 91-92 % et des indices de matières volatiles oscillant entre 10 et 13 %. Dans ces conditions, il est possible de ranger ces houilles dans les catégories des *quart-gras* et peut-être des *demi-gras* de la classification AFNOR (NF. M. 10-001, 1950). Ils correspondent alors au groupe statistique II ou III, classe 2 ou 3, groupe 0 ou 1 de la classification internationale de la Commission économique pour l'Europe (C.E.E., 1956).

L'analyse macérale quantitative révèle que ces combustibles sont constitués de 60 % de vitrinite et de 40 % d'inertinite presque exclusivement représentée par de la fusinite. L'exinite n'a pas été observée. Ces résultats ont été reportés sur un diagramme triangulaire VEI (fig. 4) qui montre que les combustibles de Bini-Darzak s'inscrivent dans le domaine défini par Snyman (1961) pour les charbons du Gondwana.

Rappelons ici la composition pétrographique des houilles de Dara-e-Souf (Mériaux, 1966) :

V = 65,8 %
 E = 16,5 %
 I = 17,6 %

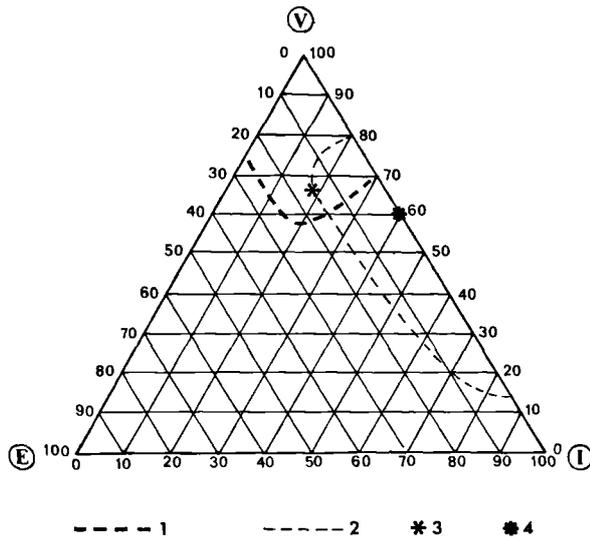


Fig. 4. — Composition en groupes de macéraux des combustibles du domaine nord-atlantique (1), du domaine gondwanien (2), des combustibles de Dara-e-Souf (3) et des niveaux charbonneux du col de Bini-Darzak (4).

En reportant la composition en groupes de macéraux de ces houilles sur le diagramme VEI de la fig. 4, il apparaît que ces derniers combustibles se placent à la limite du domaine pétrographique spécifique aux houilles du Continent de Gondwana, mais à l'intérieur de celui des combustibles du Continent nord-atlantique.

CONCLUSION

Comme le montrent les analyses chimiques et pétrographiques, il existe des différences essentielles entre la nature et l'évolution des charbons jurassiques de Dara-e-Souf situés au Nord de l'Hindou Kouch (Mériaux, 1966) et celles des niveaux charbonneux permo-carbonifères récoltés à Bini-Darzak en Afghanistan central et examinés ici. A la lumière de ces premiers résultats, l'âge et les positions paléogéographiques respectives de ces gisements peuvent être tenus pour responsables de la différenciation de ces combustibles.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1) C.E.E. (1956). — Classification internationale des houilles par type. *Nations Unies*.
- 2) C.I.P.C. (1963). — Lexique international de pétrographie des charbons du Comité international de pétrographie des charbons, 2^e édition. C.N.R.S., Paris.
- 3) DOUBINGER J. (1973). — Etudes palynologiques dans l'Autunien : Comparaison des associations sporologiques avec celles du Permien des séries marines. *Rev. of Palaeobot. and Palyn.*, Coll. C.I.M.P., Boussens.
- 4) DRONOV V.I., KARAPETOV S.S. et LEVEN E. Ya. (1959). — De l'âge des charbons au Pamir oriental. *Dokladi Acad. Sci. U.R.S.S.*, t. 127, n° 3, p. 634-636.
- 5) KÖTTER K. (1960). — Die mikroskopische Reflexionsmessung mit dem Photomultiplier und ihre Anwendung auf die Kohlenuntersuchung. *Brennstoff-Chemie*, Bd 41, Nr 9, p. 263-272, 18 fig., Essen.
- 6) LAPPARENT A.F. de, TERMIER G. et TERMIER H. (1970). — Sur la stratigraphie et la paléobiologie de la série permo-carbonifère du Dacht-e-Nawar (Afghanistan). *Bull. Soc. géol. France*, (7), XII, n° 3, p. 565-572, Paris.
- 7) LAPPARENT A.F. de, TERMIER G. et TERMIER H. (1971). — Découverte de la faune d'Umara (Permien inférieur de l'Inde) en Afghanistan et conséquences paléogéographiques. *C.R. Ac. Sc.*, t. 242, p. 381-384, Paris.
- 8) MERIAUX E. (1966). — Caractères des houilles de Dara-e-Souf (Turkestan afghan). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. LXXXVI, p. 47-52, 4 tabl., 1 pl., Lille.
- 9) NF. M.11-001 (1944). — Essai de gonflement au creuset des houilles cokéfiantes. *AFNOR*, Paris.
- 10) NF. M.10-001 (1950). — Classification, d'après leur nature, des anthracites et de leurs mélanges. *AFNOR*, Paris.
- 11) NF. M.03.003 (1962). — Détermination du taux de cendres des houilles. *AFNOR*, Paris.
- 12) NF. M.03-004 (1967). — Détermination de l'indice de matières volatiles d'un combustible solide. *AFNOR*, Paris.
- 13) SNYMAN C.P. (1961). — A comparison between the petrography of South African and some other Palaeozoic coals. *Publ. Univ. Pretoria, N.S.*, Nr 15, p. 1-37.
- 14) TERMIER G., TERMIER H., MARIN Ph., DESPARMET R. et LAPPARENT A.F. de (1973). — Données nouvelles sur la transgression glacio-eustatique permo-carbonifère (Gzhélien-Sakmarien) en Afghanistan central. *C.R. Ac. Sc.*, t. 276, p. 943-947, Paris.

EXPLICATION DES PLANCHES

Planche XIX

Fig. 1. — Encadrement du niveau charbonneux de Bini-Darzak. A gauche, série des schistes et quartzites ; à droite, le volcan "Mohamed" (3 486 m) ; au centre, les couches détaillées sur la fig. 2.

Noter les trainées de sable (formé de cendres volcaniques riches en quartz) amené du Dacht-e-Nawar par le vent du Nord.

Fig. 2. — Grattage de la couche charbonneuse, dégageant le mur gréseux, raviné, affecté d'un pendage de 50° vers le NE (à gauche).

Planche XX

Toutes les photographies de cette planche ont été réalisées en lumière naturelle en immersion d'huile sur des surfaces polies de grains charbonneux obtenus après séparation par liqueur dense et enrobés dans une résine polysynthétique.

Fig. 1. — *Vitrinite*. La collinite est extrêmement fracturée. Certaines fissures sont nettement orientées selon deux directions privilégiées disposées à 120°. Il en résulte un découpage losangique. Les blocs sont parfois eux-mêmes parcourus par des fentes curvilignes postérieures au premier réseau.

L'ensemble de ces fissures est colmaté par des matières minérales carbonatées de teinte grisâtre. La matière organique cimentée a ensuite été fracturée à nouveau comme l'atteste la présence de fentes non colmatées et empruntant le trajet du réseau primitif. Gr. = 320.

Fig. 2. — *Vitrinite*. Les plages observables sur cette photographie sont sans structure apparente. Elles montrent des teintes plus grises que les précédentes et

leur fissuration est d'ailleurs moins poussée et d'allure différente. Gr. = 320.

Les fig. 1 et 2 représentent des substances appartenant à la fraction de densité comprise entre 1,70 et 2,00.

Fig. 3. — *Fusinite*. Les tissus ligneux parfaitement bien conservés ont subi des déformations ayant entraîné une fragmentation dans l'axe des micropilis. Gr. = 320.

Fig. 4. — *Sclérotinite*. Corps dur allongé à contours lisses. La membrane, d'épaisseur apparemment variable, est fracturée. Elle entoure une zone centrale pluriloculaire. Les cavités, de taille inégale, sont parfois coalescentes. Gr. = 730.

Fig. 5. — *Fusinite*. Les contraintes subies par les tissus ligneux ont entraîné leur déformation et leur désagrégation. Il en résulte parfois des structures étoilées très caractéristiques. Gr. = 320.

Les fig. 3 et 5 représentent des matières organiques appartenant à la fraction de densité inférieure à 1,70.

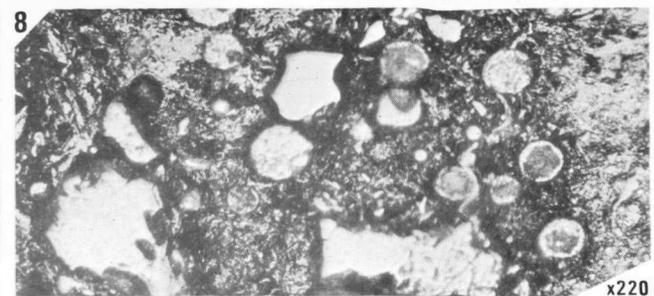
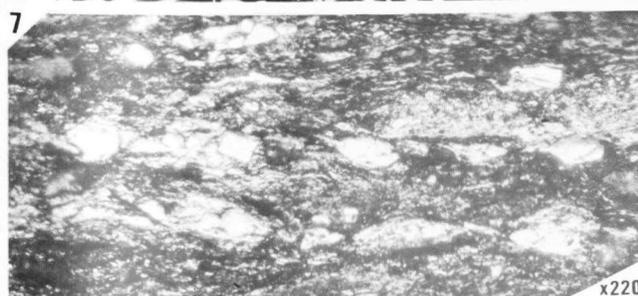
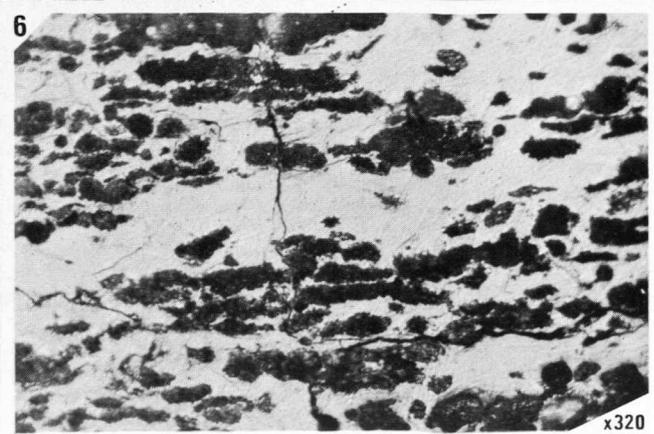
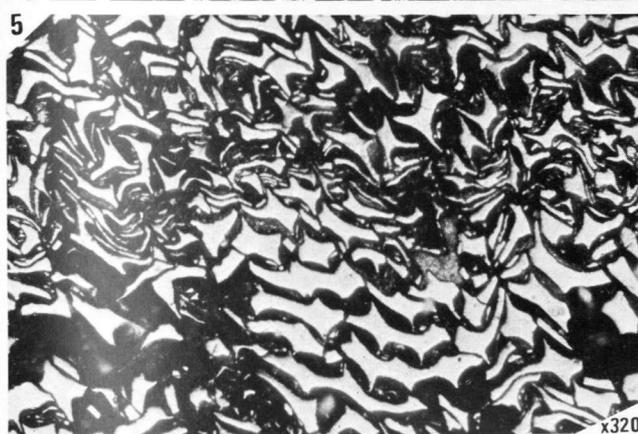
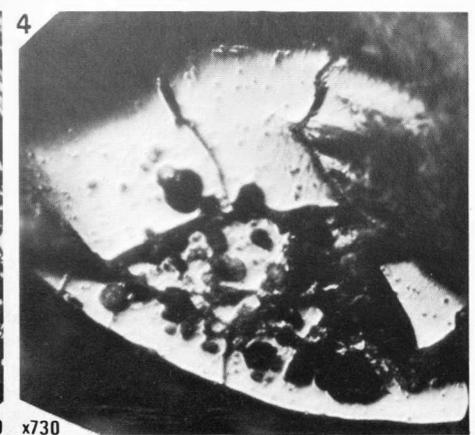
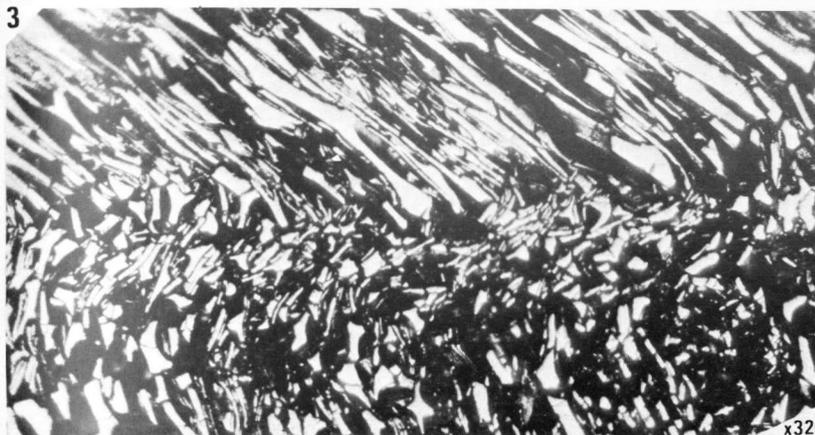
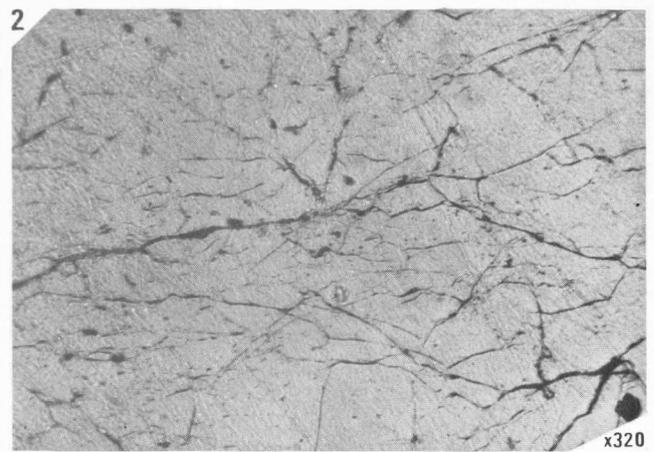
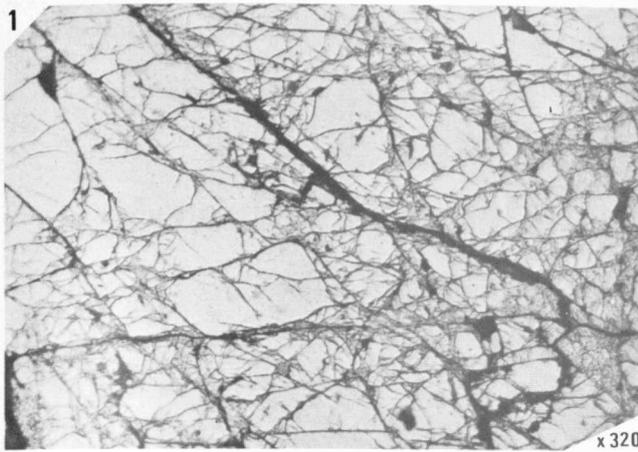
Fig. 6. — *Carbargilite*. L'association d'argile à la substance amorphe souligne parfaitement la stratification.

Fig. 7 et 8. — *Matières minérales et Inertodétrinite*. Les matières argileuses sont très abondantes. Il existe aussi parfois des grains arrondis de pyrite. Les carbonates sont présents, nous l'avons vu sur la fig. 1, dans les fissures observables dans la collinite et aussi dans les lits argileux.

Sur la fig. 8, les carbonates apparaissent sous forme de granules sphériques pleins ou creux et dispersés dans le sédiment. Ces niveaux argileux à grains de pyrite et granules de carbonates renferment des débris anguleux d'inertodétrinite. Gr. = 220.

Les figures 4, 6, 7 et 8 représentent des matières organiques et minérales appartenant à la fraction de densité supérieure à 2,00.





Hydrogéologie et alimentation artificielle de la nappe du Séquanien dans la région de Saint-Léonard (Pas-de-Calais)

par J. MANIA (*) et J. RICOUR (**)

Sommaire. — Les difficultés d'approvisionnement en eau du Syndicat intercommunal de la région de Boulogne-sur-Mer ont nécessité une sur exploitation de la nappe du Séquanien qui sera alimentée artificiellement pendant la période des hautes eaux de la Liane.

L'examen géologique et géophysique a permis de définir la géométrie du réservoir. L'étude du bilan hydrogéologique de la nappe montre un déficit local important. Des pompages d'essai de longue durée ont mis en évidence deux types de mécanisme hydrodynamique en relation avec la nappe des alluvions de la Liane.

L'ensemble des données permet une meilleure gestion des ressources et conduit à rechercher la solution de l'alimentation artificielle de la nappe par forage d'injection. Les eaux superficielles de la Liane seront stockées après traitement dans les réservoirs souterrains naturels d'un volume utile total estimé à 6.10^6 m³.

A partir des résultats du pompage d'essai effectué sur le futur forage d'injection, il a été possible d'établir par calcul un abaque distance - temps rendant compte des relèvements de la nappe à la suite d'une injection continue de débit identique à celui pompé.

Les relèvements ont été calculés d'après une hypothèse de Jacob pour la phase courte du palier d'injection et d'après une loi de Theis pour une phase longue durée.

Summary. — Intercommunal Syndicate of Boulogne-sur-Mer (North of France) Water supply difficulties necessitate an intensive exploitation of Sequanian aquifer which should be supplied by artificial mean during the high waters of the river Liane.

Geologic and geophysic prospections have permitted to define the geometric configuration of the rocky reservoir. The study of ground water inventory shows an important local deficit. Long term pumping tests put forward two hydrodynamic procedures in keeping with the alluvial aquifer of river Liane.

The general datums enable a better management resources and conduct to research the aquifer recharge solution by well. The water stream of Liane will be stored after treatment in natural ground water reservoir of wich the usefull bulk is valued at 6.10^6 m³.

With pumping tests results of the future well recharge it has been possible to set up by computation an time-distance diagram accounting for aquifer rise after an continue injection with a flow rate identical with the one pumped.

The rises in water-table have been computed with a Jacob assumption for the short period a Theis hypothesis for the long period.

INTRODUCTION

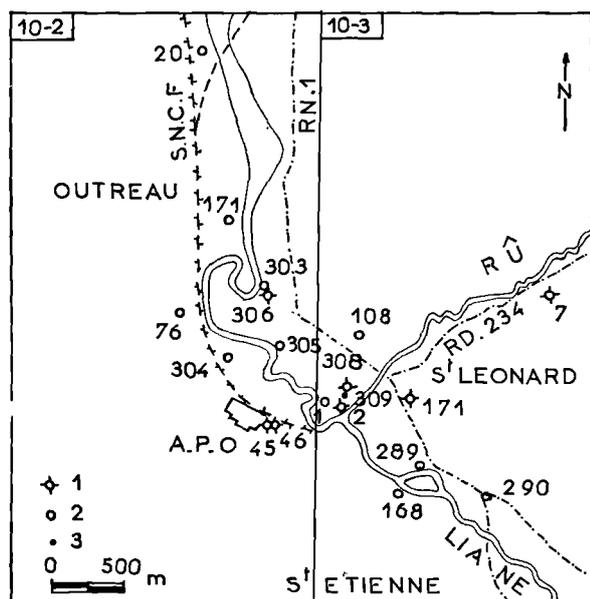
Cette dernière décennie a vu un accroissement net de la demande en eau de l'agglomération boulonnaise qui se trouve confrontée à de graves problèmes de ressources.

(*) Laboratoire de Géologie appliquée de l'Université des Sciences et Techniques de Lille.

(**) SGR NPA de Lezennes.

Note déposée le 5 Décembre 1974.

Les besoins en eau du Syndicat Intercommunal de la région boulonnaise (31 communes) ont été évalués en période de pointe à 65 000 m³ par jour pour 1985 et 115 000 m³/jour pour l'horizon 2000 (Debuisson, 1972). Actuellement, l'alimentation du Syndicat (25 000 m³/jour) est constituée par deux types de ressources : les eaux superficielles de rivière (prélèvement dans la Liane à la station de Carly) et celle des eaux souterraines (nappes de la craie des calcaires du Séquanien).



Plan de situation (Les ouvrages portent les indices BRGM).
1 : Forage d'exploitation. — 2 : Piézomètre de contrôle du Séquanien. — 3 : Piézomètre aux alluvions.

Une exploitation intensive, accompagnée d'une alimentation artificielle saisonnière de la nappe captive du Séquanien, a été décidée dans une première étape afin de pallier aux besoins les plus urgents.

L'étude hydrogéologique de l'aquifère du Séquanien de la région de Saint-Léonard a été confiée au Service Géologique Régional Nord-Pas-de-Calais à Lezennes (B.R.G.M.). Nous présentons ici l'ensemble des opérations réalisées depuis 1972 (*).

Des études préliminaires avaient été déjà entreprises au préalable pour définir le contexte hydrogéologique de la nappe du Séquanien Destombes et *al.*, 1968 et Syssau, 1969).

L'établissement d'un bilan très précis nous a amené à établir un programme de reconnais-

(*) Nous remercions le Syndicat Intercommunal de la région boulonnaise et l'Agence de Bassin Artois-Picardie qui ont financé cette étude et qui nous ont autorisés à publier les principaux résultats.

Nos remerciements vont aussi à M. G. Souliez, Directeur du SGR NPA de Lezennes, et M. A. Bonte, qui ont accepté de relire notre manuscrit.

sance géologique et diagraphique sous les alluvions de la Liane. Des pompages d'essai de longue durée ont été effectués avec la mise en place de stations limnigraphiques. L'ensemble de ces opérations conduit à l'élaboration d'un bilan et à définir les lignes directrices de la gestion de la nappe du Séquanien.

I. — DONNEES GENERALES

1) Géologie du secteur de Saint-Léonard.

Les affleurements respectifs du Jurassique dans les vallées de la Liane et du Rû d'Echinghen montrent successivement des pendages vers l'W et le SW (fig. 1). Au niveau de Saint-Léonard, les côtes du substratum du Séquanien qui est également représenté par le toit des argiles rauraciennes, mettent en évidence une structure faillée (fig. 2). La faille

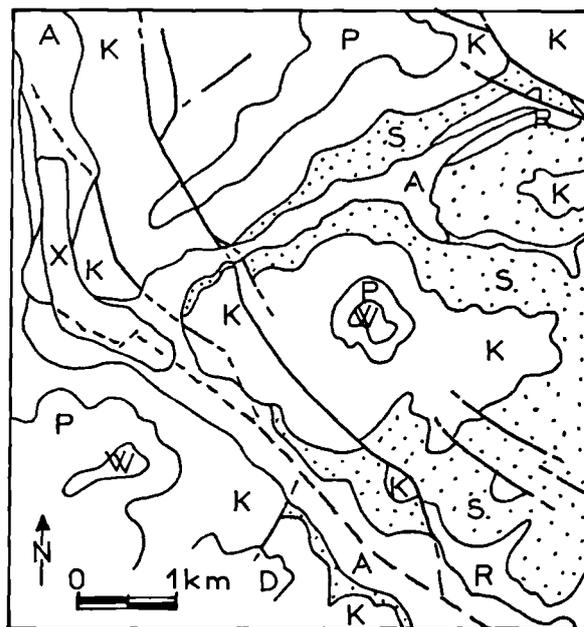


Fig. 1. — Carte géologique du secteur d'étude.
A : alluvions de la Liane. — X : dépôts superficiels (remblais). — D : dunes. — W : Wealdien. — P : Portlandien. — K : Kimméridgien. — S : Séquanien (figuré en points). — R : Rauracien.

Les failles sont portées en traits forts.

majeure appelée " faille de la Liane ", de direction N 120, possède un rejet de l'ordre de 20 m au niveau de Saint-Léonard. Le compartiment S qui constitue le flanc gauche de la Liane est affaissé. Une faille transverse N 30, d'un rejet faible (5 m) affecte la faille majeure. Des failles annexes repérées grâce à des affleurements ont été reportées sur le schéma de la figure 2.

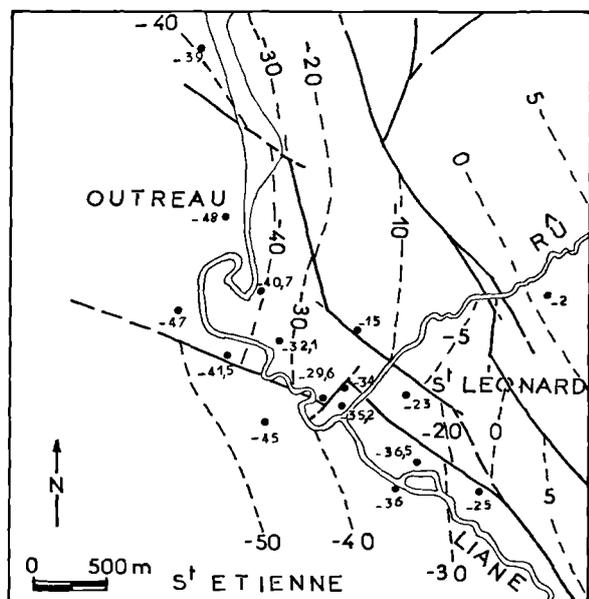


Fig. 2. — Carte structurale du toit des argiles rauraciennes. Les courbes isobathes sont portées en tiretés. Les failles sont portées en traits forts.

2) Corrélations lithostratigraphiques.

L'épaisseur des divers niveaux lithologiques du Séquanien, dont la stratigraphie a été finement étudiée par Dutertre (1924), a été reconnue grâce à des carottages continus (Ramon, 1972) et à la mise en œuvre de la prospection diagraphique (Ramon, 1972 ; Mania, 1974b).

L'examen des diagraphies de radioactivité naturelle et de résistivité (fig. 3) montre une bonne corrélation des niveaux lithostratigraphiques. Les faciès argileux à radioactivité naturelle forte apparaissent nettement (Argiles du Rauracien, marnes du Kimméridgien). On remarque l'existence d'un banc marneux épais de 2 m

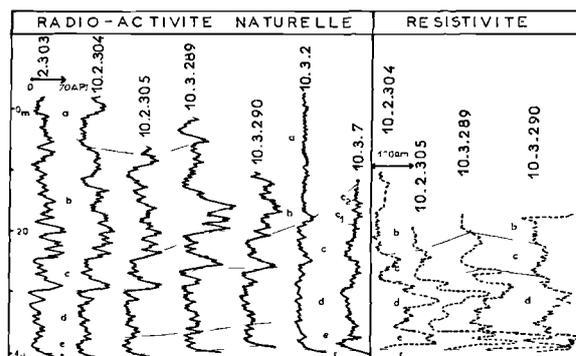


Fig. 3. — Corrélations lithostratigraphiques d'après les diagraphies.

a : alluvions. — b : marnocalcaires (Kimméridgien). — c : calcaires de Bellebrune (Séquanien). — c₁ : caillasses d'Hesdigneul (Séquanien). — c₂ : grès de Wirwignes (Séquanien). — d : calcaire oolithique d'Hesdin l'Abbé (Séquanien). — e : grès de Brunembert (Séquanien). — f : argiles (Rauracien).

entre l'oolithe et les calcaires de Bellebrune. Les résistivités les plus fortes mesurées sont celles des grès de Brunembert et de la partie supérieure de l'oolithe.

On remarque (tableau I) que l'épaisseur totale du Séquanien, qui oscille entre 15,80 et 20,25 m dans la vallée de la Liane, passe à plus de 24 m dans la vallée du Rû d'Echinghen par apparition de niveaux gréseux (reconnus à l'affleurement dans le secteur compris entre Baincthun, Wirwignes et Questrecques) et de calcaires compacts sublithographiques (les caillasses d'Hesdigneul). Au forage des Aciéries de Paris-Outreau (APO), près du quai minéralier à Boulogne, le Séquanien a une épaisseur de 26 m, mais il s'est révélé très pauvre en eau (Bonte, 1974). les niveaux marneux du Kimméridgien sont très peu radioactifs sous les alluvions en raison de leur altération.

3) Hydrodynamisme de la nappe. Pompages d'essai.

Quatre essais de pompages de longue durée ont été réalisés à des dates diverses (Mania, 1974a, b, c) afin d'évaluer les paramètres de l'aquifère et de déterminer le type de l'alimentation de la nappe du Séquanien. Le contexte géologique montre une superposition d'alluvions et de marno-calcaires du Kimméridgien sur

Epaisseur en m	Indice B.R.G.M.	10/2/303	10/2/304	10/2/305	10/3/168	10/3/2	10/2/308	10/3/289	10/3/290	10/3/7	10/3/171
ALLUVIONS	7	13	5,6	16,6	14	19,30	8,3	8	0	3	
KIMMERIDGIEN Marnes et calcaires	22	17	15,60	7	8	3,50	14,50	8	0	10	
SÉQUANIEN	Caillasses d'Heudigneu	0	0	0	0	0	0	0	0	1,75	0
	Grès de Wirwignes	0	0	0	0	0	0	0	0	4,50	0
	Calcaires de Bellebrune	6	5,50	+	6,50	3,2	6	5,50	5,50	6,25	+
	Oolithe d'Heudin ..	7,50	8	8	9,25	6	10	9	8,50	8,50	
	Grès de Brunembert ..	3,50	3	3	4,50	6,6	3	3,50	3,35	3,35	
Epaisseur totale du SÉQUANIEN	17	16,50	16,50	inconnue	20,25	15,8	19	18	24,35	?	

Tableau I. — Répartition des divers niveaux lithologiques de la vallée de la Liane.

l'aquifère séquanien. Une communication entre les trois nappes des niveaux précités est possible.

Deux schémas hydrogéologiques peuvent être envisagés :

1. - La nappe semi-captive du Séquanien est en communication à travers sa couverture semi-perméable (marno-calcaires du Kimméridgien) dont l'emmagasinement est négligeable avec une nappe à niveau d'eau constant (celle des alluvions de la Liane).

Le débit d'alimentation par les alluvions est suffisant pour maintenir une pression constante, ce qui se traduit après la phase de décompression par un palier de stabilisation (fig. 5). Le type des courbes obtenues permet une résolution bilogarithmique en régime transitoire dite de Walton, applicable à une nappe semi-captive. Le rabattement s'exprime de la manière suivante (Walton, 1970 ; Forkasiewicz, 1972) :

$$\Delta = \frac{Q}{4T} F(u', r/B)$$

où

T : transmissivité en m²/s

Δ : rabattement en mètres

Q : débit de pompage en m³/s

F : fonction de l'argument u' et de r/B

r : distance du forage au piézomètre de mesure

B : facteur de drainance

2. - La nappe semi-captive du Séquanien est réalimentée par effet de drainance à partir des alluvions et des niveaux du Kimméridgien. Cela se traduit après le stade de décompression du réservoir rocheux par un palier de drainance suivi d'un accroissement des rabattements (fig. 4). Un tel type de courbe est expliqué par l'existence d'alluvions aquifères épaisses drainées par la nappe du Séquanien dont la pression est inférieure à celle de la nappe des alluvions. La méthode de détermination des paramètres de la nappe sera effectuée d'après l'hypothèse de Boulton en régime transitoire (in Walton, 1970).

La courbe des descentes comporte deux éléments différents qui sont analysés :

— Une courbe de type A qui apparaît avant le palier de drainance et qui est significative de

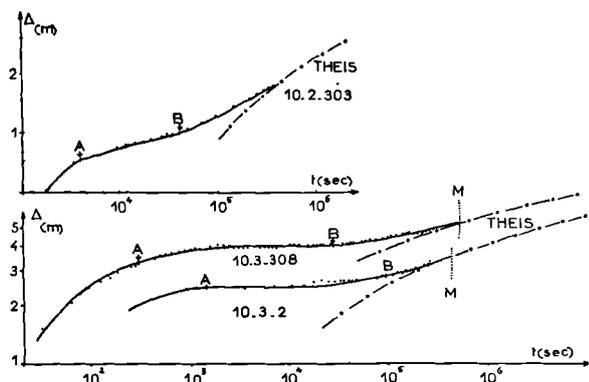


Fig. 4. — Courbes de descente lors des pompages de longue durée dans la nappe du Séquanien.

A et B représentent les points de référence pris en compte dans les calculs. — M: limite à partir de laquelle la descente suit une loi de Theis. — $\Delta(m)$: rabattement de la nappe en mètres. — $t(sec)$: temps de pompage en secondes.

la décompression du réservoir. Un point de référence A permet, grâce à ses coordonnées, de calculer la transmissivité T qui est égale à :

$$T = \frac{0,08 \cdot Q \cdot F(u', r/B)}{\Delta}$$

et un coefficient d'emmagasinement instantané de la couche aquifère :

$$S = \frac{4 T t}{r^2 u'}$$

— Une courbe de type B qui débute après le palier de drainance et qui permet de calculer une transmissivité identique à celle obtenue par la courbe A et d'évaluer le coefficient d'emmagasinement retardé S' .

APPLICATION AUX ESSAIS LOCAUX

1) Forage 10/2/306. La courbe de descente résulte d'un pompage de 70 heures en novembre 1970 au débit de $81 \text{ m}^3/\text{h}$. Un limnigraphe, placé à 45 m de distance sur le piézomètre 10/2/303, a enregistré les variations des niveaux au cours du temps (fig. 4).

La courbe obtenue, qui a été analysée par l'hypothèse de Boulton, montre le schéma hydraulique suivant :

— une phase de décompression,

— un apport progressif dû au drainage des marnes et des calcaires du Kimméridgien sus-jacents aux formations du Séquanien qui se traduit par un palier de stabilisation de courtes durée,

— un accroissement régulier des rabattements qui montre un débit retardé relativement faible issu du Kimméridgien altéré. La position en flanc de vallée ne permet pas ici de bénéficier d'un aquifère alluvionnaire épais.

La transmissivité de l'aquifère est de $2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$. Le coefficient d'emmagasinement instantané est de 0,2 %.

2) Forage 10/3/2. Il a été testé en novembre 1973 au débit constant de $170 \text{ m}^3/\text{h}$ pendant 191 heures consécutives. L'enregistrement des variations de niveau a été effectué sur l'ouvrage lui-même et sur un piézomètre (10/3/289) situé à 700 m (fig. 5a).

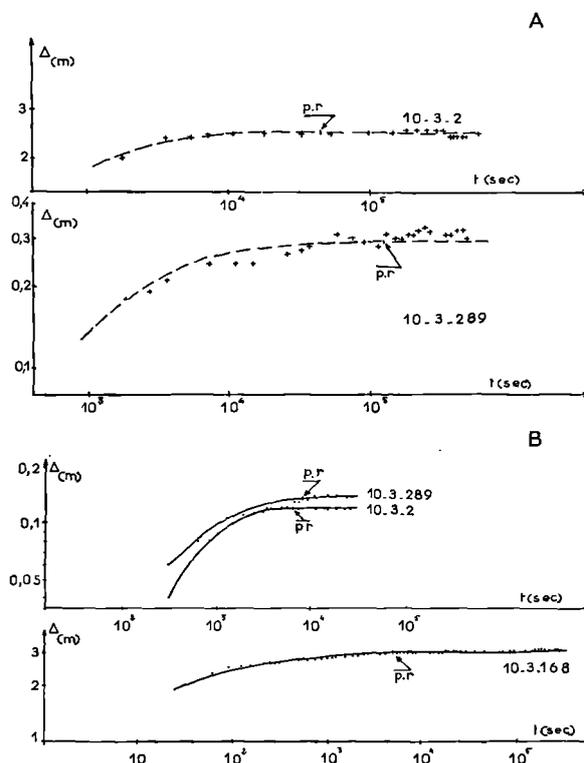


Fig. 5. — Courbes de descente lors des pompages de longue durée dans la nappe du Séquanien.

p.r. : point de référence pris en compte dans les calculs. — $\Delta(m)$: rabattement de la nappe en mètres. — $t(sec)$: temps de pompage en secondes.

Les courbes obtenues montrent un palier de stabilisation. L'analyse des résultats a été faite d'après l'hypothèse de Walton.

Les transmissivités obtenues sur l'ouvrage et le piézomètre sont respectivement de $9,3 \cdot 10^{-3}$ et $4,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$, soit une moyenne de $2,7 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$. Le coefficient d'emmagasinement est de l'ordre de 0,004 %.

3) Forage 10/3/168. Un pompage continu de 72 heures a été réalisé en janvier 1974 (Mania, 1974b). Deux points de surveillance ont été choisis à 210 m (piézomètre 10/3/289) et à 750 m (ouvrage 10/2/2 à l'arrêt). Les courbes obtenues indiquent l'apparition, comme dans le cas précédent, d'un palier (fig. 5b). Leurs analyses, d'après la méthode de Walton, donnent une transmissivité moyenne de $3,5 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$ et un coefficient d'emmagasinement de 0,07 %.

4) Forage 10/3/308. Un pompage de 72 h. en continu a été réalisé au débit de $241,8 \text{ m}^3/\text{h}$. en juillet 1974 (Mania, 1974c). Une surveillance de la nappe a été effectuée sur cinq points d'observation de la nappe du Séquanien. En outre, la nappe des alluvions a été surveillée grâce à un piézomètre (10/3/309) situé à 10 m de l'ouvrage testé.

Les courbes obtenues 10/3/308 et 10/3/2) sont du type Boulton (fig. 4).

Les transmissivités du réservoir sont de l'ordre de $7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$.

Les coefficients d'emmagasinement instantané et retardé sont respectivement de 0,01 % et 0,19 %. Ce qui indique l'importance de l'emmagasinement des alluvions.

Le facteur de drainance B est égal à 750 m.

L'apparition théorique de la mobilisation de l'eau du complexe alluvions et calcaires du Séquanien se fait à $4,35 \cdot 10^5$ secondes, soit environ 121 heures, ce qui correspond à une évolution des rabattements selon la loi de Theis.

L'influence au bout de 72 heures se répercute bien sur les points de surveillance. (tabl. II).

On constate que l'influence du pompage est nulle sur le piézomètre 10/2/305 qui est situé au NW du champ captant où la transmissivité est médiocre ($2,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$).

Ouvrage	Distance au forage testé (en mètres)	Rabattement (en mètres)
10/3/290 ..	1 275	0,45
10/3/168 ..	787,50	0,60
10/2/304 ..	720	0,50
10/2/305 ..	475	0
10/3/2	150	3,45

Tableau II. — Influence du pompage de longue durée sur les stations de surveillance.

Le piézomètre aux alluvions supérieures de la Liane montre un rabattement de 0,19 m de la nappe des alluvions au bout de 72 heures de pompage (fig. 6).

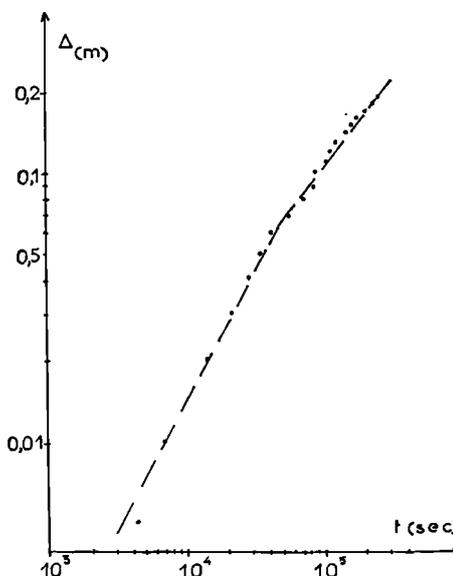


Fig. 6. — Courbes de descente de la nappe des alluvions lors du pompage de longue durée dans la nappe du Séquanien.

$\Delta(\text{m})$: rabattement de la nappe en mètres. — $t(\text{sec})$: temps de pompage en secondes.

Il y a donc bien drainage de la nappe alluvionnaire vers le réservoir sus-jacent. Le rabattement y est cependant 13 fois plus faible que celui observé pour la nappe du Séquanien à la même distance en raison des pertes de charge.

La courbe de variation du niveau de la nappe alluviale possède une pente supérieure à la

courbe théorique de Theis, ce qui indiquerait que les réserves sont entamées et que l'apport de l'eau environnante n'est pas assez rapide en raison des faibles vitesses de circulation de l'eau dans les sables argileux des alluvions.

5) *Conclusions relatives aux pompages d'essai.* On voit apparaître deux mécanismes hydrodynamiques de la nappe du Séquanien :

— une alimentation importante de l'aquifère semi-captif à travers une éponte semi-perméable et à partir d'une nappe alluviale joue le rôle d'un niveau d'eau constant. Cette alimentation est d'autant plus favorable que les niveaux du Kimméridgien sont peu épais et que les alluvions sont épaisses. D'autre part, la proximité de la Liane qui est sans doute en relation avec la nappe alluviale vient renforcer le potentiel hydraulique de cette dernière. C'est le cas des ouvrages 10/3/2 et 10/3/168.

— une alimentation de l'aquifère séquanien par effet de drainance des niveaux alluvionnaires et kimméridgiens sus-jacents dont le débit retardé n'arrive pas à résorber le rabattement de la nappe du Séquanien. Ce cas de figure est particulièrement concrétisé à l'ouvrage 10/3/306 situé en flanc de vallée avec une très faible épaisseur d'alluvions et une forte épaisseur de marno-calcaires altérés qui renferme une petite quantité d'eau.

A l'ouvrage 10/3/308, le débit pompé est supérieur au débit de transit de l'eau des alluvions de la Liane et l'on constate le décrochement progressif des niveaux de la nappe. Ce phénomène est accentué du fait de la décrue forte des nappes en juillet 1974.

4) Bilan hydrogéologique de la nappe du Séquanien.

Nous possédons depuis 1960 un relevé piézométrique hebdomadaire effectué sur les forages de la CGE (*) qui montre des variations relativement normales (fig. 7) jusqu'en 1971. Puis une chute spectaculaire de la nappe est visible jusqu'en novembre 1973. L'abaissement de la nappe est consécutif à des années sèches déficitaires et à des prélèvements accrus suite à une pénurie d'eaux superficielles.

(*) CGE : Compagnie Générale des Eaux.

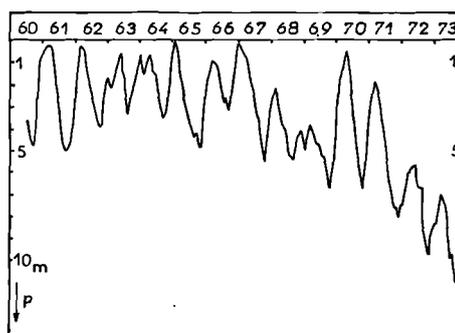


Fig. 7. — Evolution piézométrique de la nappe du Séquanien à Saint-Léonard, de 1960 à 1973.
p : profondeur de la nappe en mètres.

1) *Données climatiques.* Deux postes pluviométriques : Boulogne-sur-Mer et Desvres, nous renseignent sur les valeurs des précipitations. La station de Boulogne nous fournit en outre des relevés thermométriques.

La recherche de l'infiltration efficace dans la nappe a nécessité l'utilisation d'une formule d'évapotranspiration mensuelle (hypothèse de Thornthwaite) (voir tableaux III-1 et III-2).

2) *Comparaison de l'évolution piézométrique et des infiltrations.* Un programme sur ordinateur (Cauchetier et Ramon, 1972), permet de tracer à partir de l'infiltration efficace calculée à décroissance exponentielle (tableau III-1) une évolution piézométrique calculée (fig. 8). Les valeurs déduites de la pluviométrie de la station de Desvres semblent plus valables que celles issues de la station de Boulogne et correspondent de manière satisfaisante à la réalité. Cependant, une meilleure corrélation est réalisée en prenant en compte le volume d'exhaure mensuel des forages qui, ramené à une tranche d'eau, est soustrait à la valeur d'infiltration (fig. 8 et tableau III-2). Les calculs sont basés sur une zone d'exploitation de 6 km².

3) *Recherche du bilan.* Trois périodes de comparaison intéressantes apparaissent : de novembre 1967 à août 1971, de novembre 1971 à mai 1973, de novembre 1972 à juin 1973.

Pour chacun de ces trois cycles, la piézométrie est revenue au même niveau de départ, ce qui montre que les variations des réserves sont nulles.

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
1966	77	108	7	41	0	5	16	11	0	74	166	119
1967	34	67	52	18	18	0	0	0	0	80	97	104
1968	57	83	27	2	0	0	0	0	58	53	14	40
1969	38	77	44	22	48	11	0	0	0	0	92	97
1970	77	81	56	105	0	0	0	0	0	0	73	75
1971	90	30	29	0	0	0	22	0	0	0	0	0
1972	28	34	28	67	44	0	0	0	0	0	0	57
1973	32	35	0	25	0	0	0	0	0	—	—	—

Tableau III-1. — Station de Desvres. - Valeurs calculées des excédents et des déficits mensuels non corrigés (en mm).

Année	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept.	Octobre	Nov.	Déc.
1966	51	81	-20	15	-27	-25	-14	-17	-23	43	137	94
1967	8	39	22	-13	-12	-30	-27	-27	-30	50	63	70
1968	23	55	-11	-29	-26	-28	-30	-31	31	20	-19	6
1969	0	42	6	-14	10	-24	-33	-31	-30	-30	64	67
1970	47	50	24	73	-33	-32	-32	-34	-31	-31	48	50
1971	60	7	-12	-32	-33	-10	-35	-35	-35	-30	-30	-29
1972	-2	4	-3	38	10	-29	-33	-32	-36	-33	-35	28
1973	12	9	-30	-5	-34	0	-28	-34	-33	—	—	—

Tableau III-2. — Station de Desvres. - Valeurs calculées des excédents et des déficits mensuels (en mm) réajustés avec les débits d'exhaure et pris en compte dans le tracé automatique de l'évolution piézométrique.

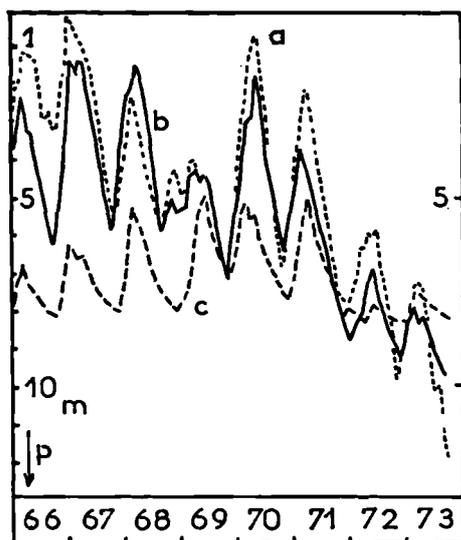


Fig. 8. — Corrélation de la piézométrie réelle avec la piézométrie calculée d'après l'infiltration efficace.

a : courbe piézométrique réelle. — b : Courbe piézométrique d'après les valeurs corrigées d'infiltration de la station de Desvres. — c : courbe piézométrique calculée d'après les valeurs brutes d'infiltration de la station de Desvres.

Pour chaque période, une comparaison est faite entre les prélèvements et les apports par les précipitations. On peut voir dans le tabl. IV que la première période considérée est relativement équilibrée avec un très faible déficit.

Par contre, pour les deux autres périodes, on constate en période de décrue de la nappe un déficit important de 180 000 m³ par mois.

Depuis août 1972 et jusqu'à novembre 1973 on comptabilise 13 mois de déficit, soit 390 mm auxquels il faut ajouter 33 mm de la période 1967-1971. Soit un total de 423 mm ou encore 2,5.10⁶ m³.

Si l'on ajoute à ce déficit les volumes qui seront prélevés en 1974, soit 1,25.10⁶ m³, la nappe sera déficitaire d'un volume de 4.10⁶ m³ environ. Encore a-t-on considéré ici une année 1974 équilibrée.

II. — REALIMENTATION DE LA NAPPE DU SEQUANIEN

1) Quantité d'eau à réinjecter.

Dès 1974, il faut injecter dans la nappe un volume de 4.10⁶ m³. Les années suivantes, une

	Volume en 10 ⁶ m ³	Lame équiv. en mm	Nbre de mois
Prélèvements nov. 67 à août 71	9,4	1 560	46
Apports des précipitations à la nappe	9,16	1 527	30
Déficit global	0,198 # 0,2	33	16
Déficit mensuel	0,012	2	1
Prélèvements nov. 71 à mai 73	3,7	620	19
Apports à la nappe	2,1	356	10
Déficit global	1,6	264	9
Déficit mensuel	0,18	29,3 # 30	1
Prélèvements nov. 72 à juin 73	1,6	266	8
Apports à la nappe	0,9	152	4
Déficit global	0,7	114	4
Déficit mensuel	0,18	28,5 # 30	1

Tableau IV. — Bilan hydrogéologique de la nappe à diverses périodes.

injection de 1,73.10⁶ m³/an sera encore nécessaire. Ce dernier chiffre correspond à l'augmentation du prélèvement à Saint-Léonard effectué par la Compagnie Générale des Eaux de Boulogne-sur-Mer pour le compte du Syndicat Intercommunal de la région boulonnaise.

2) Origines possibles des volumes d'eau nécessaires à l'alimentation artificielle.

Plusieurs possibilités s'offrent à nous qui ont chacune des avantages et des inconvénients.

1) Arrêt saisonnier des forages de St-Léonard.

L'arrêt des pompages aux APO (*) (10/2/45, 46) et à la CGE (10/3/2) pendant les 6 mois des hautes eaux de la nappe permet de stocker dans le sous-sol 1,25.10⁶ m³ qui seraient utilisés en période sèche. Pendant l'arrêt des pompages, il faudrait assurer un débit d'appoint venant de Carly et du Rû d'Echinghen pour l'eau industrielle.

(*) APO : Aciéries Paris-Outreau.

Une injection cependant devrait être de toute manière effectuée.

Inconvénients :

- l'arrêt des pompages des APO est assujéti à leur programme de recyclage industriel,
- l'usine de Carly devrait fournir et traiter de grosses quantités d'eau,
- coût du traitement de l'eau.

2) *Utilisation des eaux de l'usine de Carly.*

Le passage de la capacité de production et de traitement de l'eau à l'usine de Carly, de 540 à 720 m³/h. permet de compter sur un excédent éventuel représentant une marge de sécurité de 8 640 m³/jour qui seraient injectés après traitement en période de hautes eaux de la Liane.

Inconvénients :

- le coût du traitement de l'eau et de l'énergie dépensée pour le transport.

Avantages :

- les pompages de Saint-Léonard resteraient en activité,
- la nappe constitue un réservoir de stockage de l'usine de Carly qui, à tout moment, peut réinjecter ses excédents éventuels,
- la canalisation de Carly-Boulogne passe à proximité du champ captant.

3) *Utilisation des eaux de la Liane à St-Léonard.*

On pourrait utiliser les eaux de la Liane entre Isques et St-Léonard puis, après décanation et traitement, les réinjecter dans la nappe.

Inconvénients :

- l'eau de la Liane est de qualité médiocre et les traitements risquent d'avoir un coût important. Ce qui revient à construire une nouvelle unité de traitement analogue à celle de Carly.

Avantages :

- les volumes sont importants et faciles à utiliser parce qu'ils sont à proximité immédiate.

4) *Utilisation des eaux du Rû d'Echinghen.*

Les mesures de jaugeages effectuées mensuellement en 1968-1969 et 1973 montrent que le débit d'étiage du Rû est de l'ordre de 70 l/s,

soit 252 m³/h. au Pont d'Echinghen (Mania, 1974a).

Une corrélation linéaire a pu être établie entre les débits du Rû d'Echinghen et ceux de la Liane jaugée à Hesdigneul. Il apparaît que les débits du Rû d'Echinghen sont dix fois plus faibles que ceux de la Liane. En outre, on remarque que ce rapport est comparable au rapport des surfaces de bassin versant qui sont de 196 km² pour la Liane et de 24,5 km² pour le Rû d'Echinghen.

En période de crue, le débit moyen du Rû d'Echinghen peut être estimé à environ 1 200 mètres cubes/h.

Avantages :

- l'eau est relativement peu chargée en polluants, mais peut être contaminée par des particules argileuses en période de crue, ce qui nécessite la création de bassins de décanation.

L'eau du Rû d'Echinghen peut être envoyée par canalisation à l'usine de Carly pour traitement, ce qui nécessiterait un investissement pour l'extension des unités de traitement des eaux et pour la mise en place d'une nouvelle canalisation.

Actuellement, les APO prélèvent sur le Rû d'Echinghen un débit de l'ordre de 200 m³/h. Ce qui donne un volume utilisable de l'ordre de 1 000 m³/h. disponibles de décembre à mars, soit un volume total de 2,88.10⁶ m³ pour 4 mois.

On procéderait à une réinjection de ce volume 2 années consécutives, puis à un taux moindre (1,8.10⁶ m³) les années suivantes.

Aucun pompage n'est arrêté et on ne perturbe pas la marche de l'usine de Carly pour les besoins futurs.

Inconvénients :

- le coût du traitement de l'eau et des installations. Les débits du Rû sont irréguliers en raison de la faible superficie du bassin versant.

3) **Aspects techniques de la réalimentation.**

Ils sont relatifs à la qualité des eaux superficielles traitées, à la position et au nombre de forages.

1) *Qualité des eaux superficielles traitées.*

Seules des analyses chimiques complètes associées aux jaugeages de la Liane permettent d'apprécier les réactions hydrochimiques qui seraient provoquées par le mixage de l'eau de la nappe et de l'eau injectée. Une grande stabilité chimique des eaux superficielles est souhaitable pour éviter les risques de dégazage (CO_2 et H_2S) et de précipitation (CaCO_3).

2) *Position et nombre des forages.*

La position des forages d'injection est tributaire de quatre paramètres :

a) La qualité de l'eau.

Le calcul montre une vitesse de circulation de l'eau souterraine de l'ordre de 24 m/jour. Plus l'eau sera de bonne qualité et moins il faudra de temps de circulation à l'eau pour s'épurer dans le sol, donc plus les forages de réinjection peuvent être proches des ouvrages d'exploitation.

b) Contexte hydrogéologique.

En nappe captive, la réinjection produira une onde de pression presque immédiate qui se répercutera sur l'ensemble de la nappe. Il faut cependant, pour bénéficier du maximum du volume injecté, se placer à un endroit où la nappe est relativement déprimée. En effet, plus le dénivelé entre le niveau de la nappe et la pression d'injection est grand et plus le volume d'eau que l'on pourra envoyer dans l'aquifère sera élevé.

On a intérêt à avoir des forages nombreux et espacés afin de répartir de façon uniforme la réalimentation et de ne pas faire chevaucher entre eux les cônes de réinjection.

Il faut remarquer qu'au cours du temps de réalimentation, en raison de la diminution de l'écart entre le niveau de la nappe et le niveau du sol (niveau supposé de réinjection), il y aura une chute des débits possibles à injecter et cela en fonction d'une loi logarithmique.

Un dispositif d'injection sous pression peut être prévu si l'on veut se limiter à un nombre faible de forages.

Le diamètre utile des forages d'injection doit être important (500 mm au minimum), afin d'évi-

ter les pertes de charges au niveau des ouvertures de crépine. Il faut diminuer la vitesse de l'eau à travers la crépine, soit en réduisant le débit d'injection, soit en augmentant le diamètre de l'ouvrage.

c) L'importance de la géologie.

On a remarqué, à la suite des travaux de reconnaissance (Mania, 1974c), que les alluvions du Rû d'Echinghen étaient très importantes (15 m) et érodaient les calcaires du Séquanien. Pour bénéficier au maximum d'épaisseur de l'aquifère, il faut se placer de part et d'autre de la vallée du Rû d'Echinghen à sa jonction avec la Liane (forage 10/3/308).

d) Le prix de revient.

Les conduites d'amenée d'eau doivent être les moins longues possible afin de diminuer au maximum le coût de l'opération et les pertes de charge.

Les forages d'injection fonctionnent comme des forages d'exploitation en période d'étiage. Un raccordement sur le circuit de distribution est alors nécessaire. L'alternance des injections et des pompages est d'autre part conseillé pour éviter le colmatage des crépines et de l'aquifère au niveau de l'ouvrage (Bize, Bourguet et Lemoine, 1972).

4) **Possibilités de stockage à long terme dans les réservoirs naturels.**

La réinjection d'un volume d'eau estimé à 4.10^6 m^3 dans le secteur de St-Léonard améliorera très rapidement les niveaux de la nappe captive ; l'apparition d'un palier d'injection va ensuite ralentir considérablement le mouvement. Il y aura alors recharge dans un premier temps de la nappe alluviale et des strates du Kimméridgien, puis de la nappe du Séquanien libre dans les parties amont des vallées de la Liane et du Rû d'Echinghen (fig. 9).

Les volumes de stockage ne peuvent être ainsi évalués que grossièrement en raison du faible nombre des éléments en notre possession (tableau V).

Il semble que les stockages pourront être réalisés assez facilement.

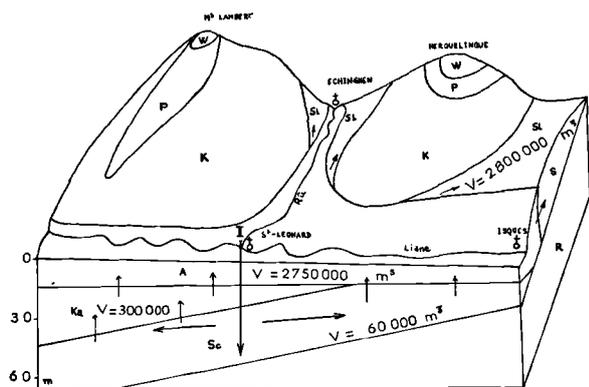


Fig. 9. — Schéma en bloc-diagramme des capacités de stockage des aquifères dans le secteur de Saint-Léonard. A : alluvions. — W : Wealdien. — P : Portlandien. — K : Kimméridgien. — Ka : Kimméridgien altéré. — SL : Séquanien en régime libre. — Sc : Séquanien en régime captif. — I : injection artificielle. — V : volume de stockage présumé.

Les affleurements du contact Séquano-Rauracien sont les limites physiques de la réinjection de la nappe puisque le Rauracien argileux constitue le substratum imperméable du réservoir Séquanien.

5) Prévisions de l'influence d'une injection dans la nappe à court et long termes.

L'ouvrage 10/3/308, d'un diamètre utile de 600 mm, a été réalisé en vue de l'injection. Nous utiliserons les données obtenues par le pompage effectué au débit de 241,8 m³/h. Des prévisions de ce type ont déjà été envisagées par différents auteurs (Witherspoon et Neuman, 1973) pour un schéma différent.

En partant de l'hypothèse que la courbe de relèvement, lors d'une injection, est symétrique de la courbe de descente obtenue par un pompage à débit identique à celui que l'on veut injecter, il est possible de calculer l'influence de l'injection. On considèrera que les pertes de charges à l'injection sont négligeables.

Comme nous possédons une courbe avec un palier, il est intéressant de noter les relèvements en fonction de la distance du forage d'injection pendant ce palier.

1) Palier d'injection.

Nous supposons que le temps de pompage de 2 à 4 heures est suffisant pour que s'établisse un équilibre entre le volume pompé et l'apport par drainance, ce qui se traduit par les paliers relevés sur les courbes de descente du forage testé et du point de surveillance 10/3/2 (fig. 4).

Nous utiliserons la méthode bilogarithmique symétrique de Jacob où le relèvement s'exprime de la manière suivante :

$$s = \frac{0,159 Q}{T} \cdot Ko(r/B) = 1,49 Ko(r/B)$$

avec

- Q : le débit d'injection, soit 241 m³/h.,
- T : la transmissivité, soit 7,5.10⁻⁸ m²/s,
- Ko(r/B) : la fonction de Bessel modifiée de second degré et d'ordre zéro,
- B : facteur de drainance calculé précédemment = 750 m.

Les diverses valeurs de relèvement obtenues à une distance croissante du forage sont don-

	Coefficient d'emmagasinem ^t	Surface (en km ²)	Epaisseur utile (en m)	Volume de stockage (en m ³)
Séquanien en régime captif ..	1.10 ⁻⁴ 1.10 ⁻³	14 6	10 10	5 000 60 000
Séquanien en régime libre ...	1.10 ⁻²	5	20	2 800 000
Alluvions	1.10 ⁻² 1.10 ⁻¹	5 5	5 5	250 000 2 500 000
Kimméridgien inférieur altéré ..	1.10 ⁻²	3	10	300 000
TOTAL				5 915 000

Tableau V.

nées dans le tableau VI et représentées dans la figure 8. Les valeurs de $Ko(r/b)$ sont tirées des tables établies par Hantush (1956) (in Forkasiewicz, 1972).

Distance en m (r)	Coefficient r/B	Fonction de Bessel $Ko(r/B)$	Relèvement en m (*)
100	0,133	2,16	3,07
150	0,200	1,75	2,45
250	0,333	1,28	1,79
475	0,633	0,74	1,04
500	0,666	0,70	0,98
720	0,96	0,45	0,63
750	1	0,42	0,59
787,50	1,050	0,39	0,54
1 000	1,33	0,28	0,39
1 250	1,67	0,17	0,23
1 275	1,70	0,16	0,22
1 500	2	0,11	0,15
2 500	3,33	0,024	0,033
3 750	5	0,003	0,004

(*) $s = 1,49 \cdot Ko(r/B)$.

Tableau VI. — Relèvements calculés pendant le palier d'injection.

2) Injection de longue durée.

Après le palier de courte durée, la courbe d'injection amorcera un relèvement de plus en plus important selon une hypothèse symétrique de Theis dans le schéma de Boulton.

On établit, en fonction du temps et de la distance, les divers relèvements calculés pour un milieu infini et sans barrières latérales.

La méthode de calcul suivante a été suivie :

— Calcul de la valeur de $u'1$ (argument de la fonction puits) pour plusieurs périodes (7, 10, 20, 30, 60, 90 et 120 jours) et diverses distances :

$$u'1 = \frac{4 T t}{S' r^2} = 15,4 \frac{t}{r^2}$$

avec

T : transmissivité égale à $7,5 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2/\text{s}$,

S' : coefficient d'emmagasinement retardé égal à $1,94 \cdot 10^{-3}$.

— Recherche de la valeur de la fonction F ($u'1$) par méthode graphique sur l'abaque de Boulton.

— Calcul de la valeur du relèvement s d'après $s = \frac{0,08 Q}{T} F(u'1)$

avec Q : débit d'injection de $241,8 \text{ m}^3/\text{h}$.

L'ensemble des valeurs de relèvement est présenté dans le tableau VII et d'un abaque (fig. 10).

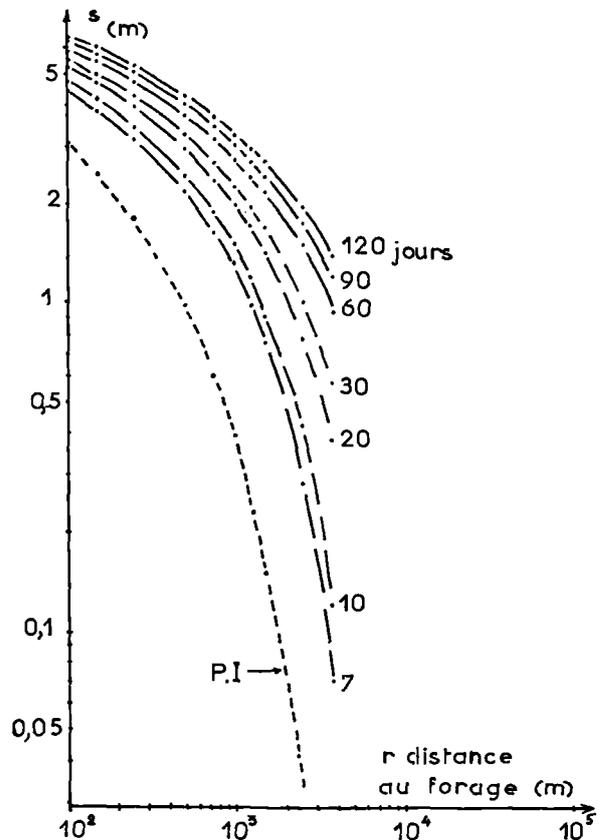


Fig. 10. — Répercussions de l'injection en fonction de la distance et du temps sur la nappe du Séquanien. $S(m)$: relèvements calculés en mètres. — $r(m)$: distance au forage d'injection. — P.I. : palier d'injection de courte durée.

Les calculs intermédiaires [$u'1$ et $F(u'1)$] ne sont pas reproduits dans la note.

Le nombre de jours maximum pris en compte est de 120 (4 mois), ce qui correspond à un débit d'injection total de $696 384 \text{ m}^3$.

Les relèvements ont été calculés jusqu'à une distance de $3,750 \text{ km}$.

Temps Jours	Distance m		Forage	100	150	250	475	500	720	750	787,5	1000	1250	1275	1500	2500	3750
	en 10 ⁻⁶ sec.																
7	0,604		5,40	4,44	3,85	3,15	2,25	2,18	1,69	1,64	1,58	1,32	0,97	0,96	0,75	0,28	0,07
10	0,864		5,70	4,70	4,15	3,40	2,50	2,43	1,82	1,86	1,79	1,50	1,18	1,16	0,90	0,42	0,14
20	1,728		6,30	5,20	4,05	3,94	3,00	2,93	2,40	2,36	2,25	1,97	1,64	1,60	1,41	0,78	0,38
30	2,59		6,60	5,47	4,96	4,22	3,29	3,22	2,68	2,65	2,57	2,25	1,93	1,90	1,68	1,00	0,57
60	5,18		7,20	5,96	5,42	4,65	3,80	3,70	3,18	3,15	3,06	2,72	2,40	2,36	2,15	1,50	0,93
90	7,77		7,40	6,30	5,71	5,00	4,07	4,00	3,46	3,43	3,37	3,00	2,68	2,65	2,40	1,74	1,19
120	10,36		7,90	6,50	6,00	5,20	4,30	4,22	3,69	3,65	3,55	3,22	2,95	2,86	2,68	1,93	1,38

Tableau VII. — Valeurs des relèvements à l'injection (en m) en fonction du temps et de la distance.

On peut constater une amélioration intéressante des niveaux de la nappe jusqu'à des distances assez importantes.

Nous ne pouvons pas malheureusement établir de telles relations pour la nappe des alluvions qui emmagasinerait 95 % du débit injecté, ce qui y entraînerait une remontée des niveaux.

CONCLUSIONS

L'étude du bilan hydrogéologique de la nappe du Séquanien montre un déficit local important de l'aquifère. Des pompages d'essai de longue durée et une surveillance étroite des variations piézométriques ont permis de mettre en évidence deux types de mécanismes hydrodynamiques : ceux de Walton et de Boulton. Ce dernier existe en bordure de vallée, là où les alluvions possèdent une faible épaisseur. Au centre de la vallée, un drainage des alluvions vers le Séquanien semi-captif explique le schéma de Walton.

L'ensemble de ces données permet une meilleure gestion des ressources et nous conduit à rechercher la solution de l'alimentation artificielle à partir d'eaux superficielles en période de crue afin d'améliorer les stockages souterrains naturels de la nappe du Séquanien et de la nappe alluviale.

Le forage d'injection de Saint-Léonard se situe dans un contexte hydrogéologique très favorable. Les débits soutirés par pompage sont de l'ordre de 250 m³/h. L'analyse des courbes de descente montre un schéma de type Boulton avec drainance de la nappe des alluvions vers la nappe du Séquanien. Un contrôle du niveau de la nappe des alluvions supérieures y a montré un rabattement de 0,20 m à une distance de 10 m, au bout de 72 heures.

A partir des valeurs issues des essais de pompage, un abaque distance-temps a été établi afin d'estimer l'évolution spatio-temporelle du cône d'injection. Le nombre maximum de jours pris en compte est de 120 (4 mois). Les relèvements ont été établis jusqu'à une distance de 3,750 km.

L'estimation a été effectuée pour la phase courte du "palier d'injection" d'après une hypothèse de Jacob et pour une phase de longue durée selon la loi de Theis.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BIZE J., BOURGUET L. et LEMOINE J. (1972). — *L'alimentation artificielle des nappes souterraines*. Masson, édit., Paris, 1972, 199 p., 61 fig.
- 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) CAUCHETIER B. et RAMON S. (1972). — Relation entre les fluctuations de la nappe et le bilan de Thornthwaite dans la région de Dunkerque. *Rapport B.R.G.M.*, 72 SGN 320 NPA, 6 p., 3 ann.
- 4) DEBUISSON J. (1972). — Aménagement à long terme pour la satisfaction des besoins en eau de distribution publique du Syndicat Intercommunal de la région boulonnaise. *C.R. de l'A.B.A.P. du 7-12-1972*, 6 p., 2 fig.
- 5) DESTOMBES J.P. et al. (1968). — Données géologiques et hydrogéologiques du Bas-Boulonnais. *Rapport B.R.G.M.*, 68 SGL 77 NPA, 78 p., 10 fig., 8 ann.
- 6) DUTERTRE A.P. (1924). — Observations sur les terrains jurassiques supérieurs dans la vallée de la Liane (Bas-Boulonnais). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XLIX, p. 216-236, 1 pl.
- 7) FORKASIEWICZ J. (1972). — Interprétation des données de pompages d'essai pour l'évaluation des paramètres des aquifères. *Rapport B.R.G.M.*, 72 SGN 273 AME, 50 p., 13 fig., 6 pl.
- 8) MANIA J. (1974a). — Etude de la nappe du Séquanien de la région de Boulogne-sur-Mer. Recherche de nouveaux sites d'exploitation et de réalimentation artificielle. *Rapport B.R.G.M.*, 74 SGN 014 NPA, 45 p., 13 fig., 4 ann.
- 9) MANIA J. (1974b). — Surveillance d'un pompage d'essai au captage S.N.C.F. de Pont-de-Briques (Pas-de-Calais). Exécution de diagraphies gamma-ray. *Rapport B.R.G.M.*, 74 SGN 079 NPA, 28 p., 7 fig., 4 ann.
- 10) MANIA J. (1974c). — Compte rendu des essais de pompage sur le forage d'injection exécuté à Saint-Léonard (Pas-de-Calais). *Rapport B.R.G.M.*, 74 SGN 312 NPA, 30 p., 10 fig., 6 tabl.
- 11) RAMON S. (1972). — Alimentation en eau potable de la région boulonnaise. Etude hydrogéologique du Séquanien de la région de Saint-Léonard (Pas-de-Calais). *Rapport B.R.G.M.*, 72 SGN 330 NPA, 18 p., 5 fig., 4 ann.
- 12) SYSSAU A. (1970). — Contribution à l'étude de la nappe du Séquanien dans le bassin de la Liane (Bas-Boulonnais). *D.E.S.*, Université des Sciences de Lille, 86 p., 10 ann., 15 fig.
- 13) WALTON W.C. (1970). — Ground Water Resource Evaluation. *Ed Mac Graw Hill*. Book Company, 1970, 664 p.
- 14) WHITHERSPOON P.A. et NEUMAN S.P. (1973). — Hydrodynamics of fluid injection. *Wat. Res. Res.*, vol. 9, n° 9, p. 258-272, 11 fig.

———— « » —————

Arguments pour l'attribution de la série de la fenêtre de l'Olympe (Grèce) à la zone de Gavrovo-Tripolitza : présence de fossiles du Maastrichtien et de l'Eocène inférieur (et moyen ?)

par Jean-Jacques FLEURY (*) et Ivan GODFRIAUX (**)

Sommaire. — De nouvelles données paléontologiques et stratigraphiques sur les calcaires du sommet de la série de l'Olympe étayent la proposition hypothétique souvent énoncée de l'appartenance de cette série à la zone de Gavrovo-Tripolitza par :

— la présence de *Rhapydionina liburnica* (Stache), fossile maastrichtien jusqu'à présent caractéristique des domaines de plateformes externes des chaînes de la Méditerranée moyenne et orientale ;

— l'existence paléontologiquement décelée de couches d'âge éocène inférieur ou moyen, 50 m environ sous les premiers sédiments détritiques du flysch.

Summary. — New paleontological and stratigraphic data collected from the limestones in the Upper part of the Olympus series give some basis to the hypothetical proposition accepted by several authors that the Olympus series belongs to the Gavrovo-Tripolitza zone :

— *Rhapydionina liburnica* (Stache), a well known maastrichtian Foraminifera seems to belong — for our present knowledge — to the external carbonate platforms, and especially to the Gavrovo-Tripolitza one, which was the only place during Maastrichtian-time where the conditions for this shallow-water living Foraminifera were prevailing.

— The flysch cannot be older than Lower or Middle Eocene, some levels of this age being known about 50 meters under the top of the Carbonates. A flysch of that age is still unknown in the internal Hellenides and would be better attributed to the Gavrovo-Tripolitza zone.

La série stratigraphique de l'Olympe thésalien (Grèce) qui réapparaît en fenêtre tectonique à l'intérieur des Hellénides internes (Godfriaux, 1962) présente certaines affinités avec les séries de plateforme des zones externes caractérisées par :

— des alternances puissantes de calcaires et de dolomies néritiques, surmontées par un flysch ;

(*) U.E.R. Sciences de la Terre, Université des Sciences et Techniques de Lille, B.P. 36, 59650 Villeneuve d'Ascq et Lab. Ass. au C.N.R.S. n° 215.

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

Note déposée le 2 Juin 1975.

— une continuité de sédimentation, sans lacunes, ni discordances importantes, du Trias jusqu'au début du Tertiaire ;

— l'absence de phases orogéniques précoces, de phénomènes métamorphiques et de venues magmatiques (comme les "Roches Vertes", par exemple).

En raison de la rareté des niveaux fossilifères, l'échelle stratigraphique (établie par l'un d'entre nous ; Godfriaux, 1968) restait imprécise, et si l'on voulait tenter quelques comparaisons, on pouvait hésiter entre les séries de Gavrovo-Tripolitza et du Parnasse. En effet, seul le Norien (formation d'Aghiou Diounissiou) était alors daté avec certitude (fig. 1). La formation du Mitika

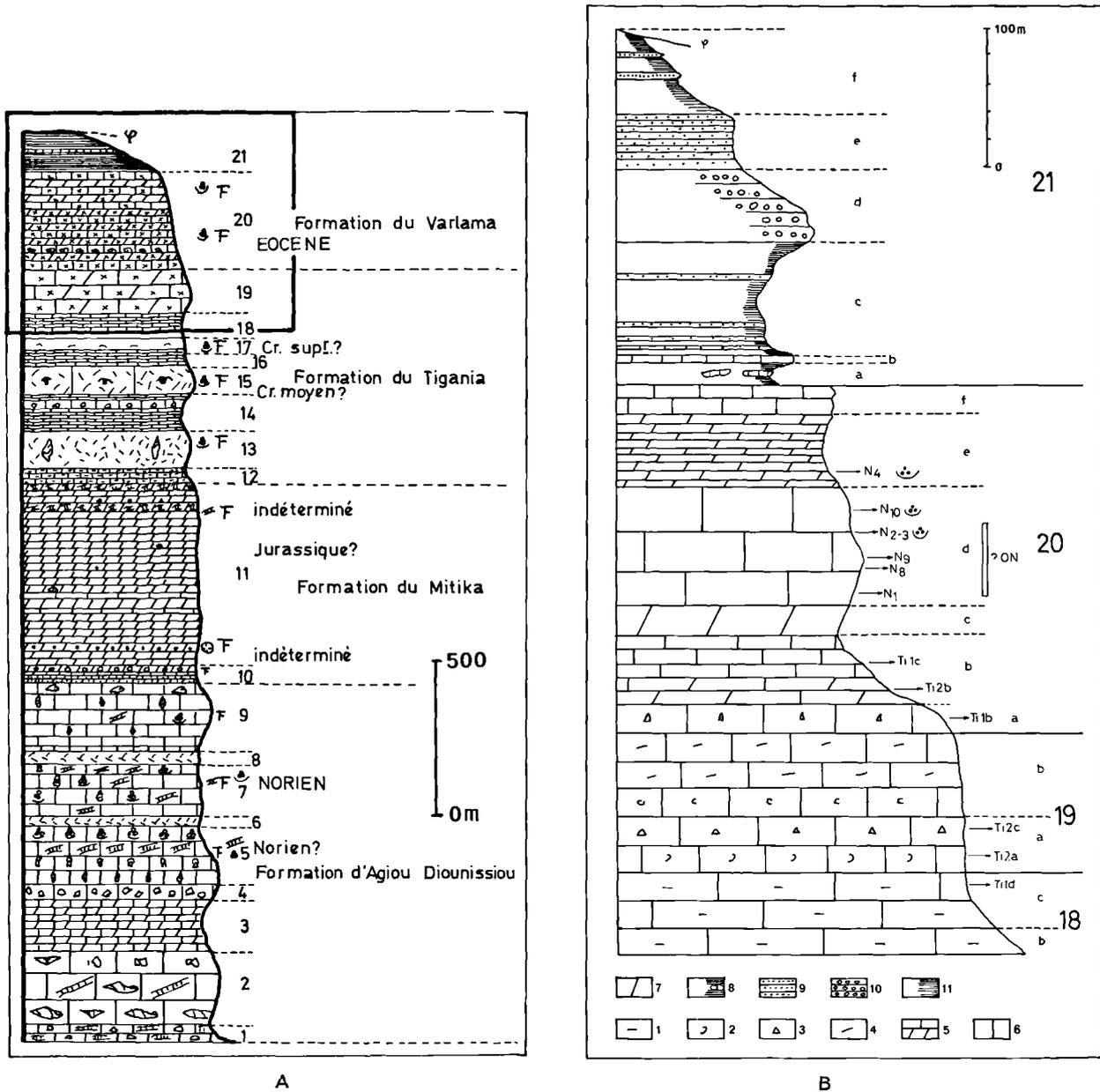


Figure 1

A) Echelle lithostratigraphique de la série de la fenêtre de l'Olympe. Termes 1 à 21 (Godfriaux, 1968).
La partie supérieure encadrée est détaillée sur la fig. 1 b.

B) Echelle lithostratigraphique des termes 18 à 21 de la série de l'Olympe.

1. Calcaire bleu-noir en gros bancs. — 2. Calcaire à Rudistes et Miliolidae. — 3. Calcaires bréchiques. — 4. Calcaires veinés de calcite. — 5. Alternances de calcaires et de calcaires dolomitiques. — 6. Calcaires noirs. — 7. Calcaires dolomitiques. — 8. Lentilles calcaires dans les pélites de base du flysch. — 9. Flysch gréseux. — 10. Flysch conglomératique. — 11. Flysch pélitique. — N₁... N₁₀; ? ON; Ti1b... Ti2c: position des échantillons analysés.

était définie comme renfermant des organismes d'âge jurassique ; celle du Tigania, des restes de fossiles crétacés ; et même les Nummulites des calcaires de la formation du Varlama (qui termine la série carbonatée) étaient indéterminables jusqu'à l'espèce.

De nouveaux affleurements, à l'Ouest de Xirolaki Olympou, mis à jour grâce à la construction d'une piste automobile de Lokova à Kokkinoplos, permettent aujourd'hui de préciser l'échelle stratigraphique, surtout dans les derniers termes de la série (18 à 20) (*), les plus importants et les plus significatifs puisqu'ils précèdent l'épisode terrigène terminal.

I. — SITUATION DES FOSSILES RECOLTES

Au-dessus des premiers mètres du terme 18, cachés par des éboulis, près du ravin du Xirolaki Olympou, on observe en concordance (fig. 1) :

- 20 m de calcaire dolomitique bleu-noir à très nombreux petits Rudistes allongés et recristallisés, indéterminables même génériquement (**) (terme 18b) ;
- 40 m de calcaire gris, bleu ou blanc et de dolomie saccharoïde bleu-clair à linéoles blanches, riches en Foraminifères benthoniques dont des Miliolidae et en particulier *Rhapydionina liburnica* (Stache) et *Cuneolina* sp. (terme 18c) ;
- 40 m de calcaire à débris de Rudistes et de calcaire bréchique à pâte blanche dans lesquels on observe des Algues Dasycladacées, et *Rhapydionina liburnica* (terme 19a) ;
- 60 m de calcaire bleu et noir et de calcaire dolomitique bleu à patine roussâtre à *Rhapydionina liburnica* (terme 19b).

Interprétation d'âges (***) :

— terme 18b : Crétacé supérieur

— termes 18c, 19a, 19b : Maastrichtien (Fleury, 1973 ; Hamaoui et Fourcade, 1973).

- 20 m de brèche calcaire alternant avec des petits bancs de calcaire dolomitique (terme 20a) ;
- 50 m de calcaire et de dolomie noire à *Alveolina ellipsoidalis* Schwager, forme A, coupe axiale, *Alveolina* sp., *Glomalveolina* sp., *Orbitolites* ou *Opertorbitolites* sp., *Operculina* cf. *ammonea* Leymerie, *Operculina* groupe *canalifera* d'Archiac, *Alveolina* sp. (groupe *ellipsoidalis* ?) (plaques minces des niveaux Ti2b, Ti1c) (terme 20b) (****).

(*) Nous reprenons la numérotation des termes de Godfriaux (1968).

(**) D'après Sornay.

Interprétation d'âge :

Ilerdien, basée surtout sur la présence de *A. ellipsoidalis*.

- 20 m de dolomies noires (50 % de dolomite) (terme 20c) ;
- 80 m de calcaire bleu marmoréen à *Nummulites* (terme 20d).

Un échantillon ramassé sur le bord de la route (marqué ? ON sur la figure 1) situé probablement à la base des calcaires bleus, renferme :

— *Nummulites* du groupe *discorbinus* (Schlotheim), *Alveolina* (gr. *boscii*), Alvéoline allongée, *Assilina* sp., *Orbitolites* sp., Alvéoline fuselée (microsphérique ?) du type *cremae* Checchia-Rispoli, Alvéoline flosculinisée du groupe *canavarii* ou *globula*, forme mégalo-sphérique écrasée, *Operculina* sp., *Nummulites* du groupe *discorbinus* (Schlotheim), coupe équatoriale oblique (*N. migiurtinus* Azzaroli ?) *Operculina* groupe *ammonea* [*O. praespira* (Douville) ?], Alvéoline flosculinisée subsphérique à loges peu nombreuses (*A. leupoldi* Hott. ou *A. pasticillata* Schwager), *Alveolina* sp. indét., *Operculina* du groupe *canalifera* d'Archiac, *Operculina* du groupe *ammonea* Leym.

Remarques sur les *Nummulites* :

Les espèces du groupe *N. discorbinus* (restreintes à l'Eocène moyen) ont un test particulièrement épais et paraissent être mieux conservées que les représentants des autres groupes. Il n'est toutefois pas exclu que *N. globulus* (Ilerdien) puisse se présenter d'une manière similaire dans de telles conditions de

(***) Ces mêmes niveaux ont été à nouveau échantillonnés par l'un d'entre nous (J.J.F.) sur le bord de la même route, à environ 1 km au S du Xirolaki Olympou. Il s'agit d'une série de calcaires sombres recristallisés, alternant avec des niveaux clairs, parfois dolomitiques. Ceux-ci, souvent micro-lités et bréchiques, renferment une microfaune parfois bien conservée, dans laquelle on reconnaît : *Rhapydionina liburnica*, *Cuneolina* sp., des Miliolidae, des débris de Mollusques (Rudistes, Gastéropodes) et des Algues Dasycladacées. La structure laminée et/ou bréchique de certains bancs, la présence de structures de type "birdseyes", la composition de la microfaune comme la recristallisation affectant le test des Foraminifères évoquent très précisément les niveaux à *Rhapydionina liburnica* de certains secteurs de la zone de Gavrovo-Tripolitza, et particulièrement les faciès décrits dans le Massif du Klokoza (Fleury, 1970).

(****) Toutes les déterminations des Foraminifères éocènes, les remarques les concernant ainsi que les données stratigraphiques en découlant sont dues à M. L. Hottinger, à qui va toute notre gratitude.

préservation. Il serait donc possible de les confondre.

Interprétation d'âge :

Ilerdien ou Cuisien ou Eocène moyen ? avec Eocène inférieur probable.

Deux autres niveaux bien repérés sur le terrain et sur la coupe (fig. 1, plaques minces N 9 et N 8) ont fourni : *Operculina* du groupe *parva* Douville, alvéoline flosculinisée, ovale, indéterminable ; Alvéolines, Glomalvéolines (?), Orbitolites.

Interprétation d'âge :

Eocène inférieur ou moyen.

— 50 m de marbre bleu-clair et bleu-foncé ligné de blanc en petits bancs de 5 cm d'épaisseur, très légèrement dolomitique et renfermant de nombreux fantômes de fossiles très recristallisés (terme 20e).

Un échantillon situé à la base de ces marbres (N 4) a fourni une Alvéoline allongée, spécifiquement indéterminable ; elle ne peut toutefois appartenir à une zone plus ancienne que la zone à *A. dainellii* (partie moyenne de l'Eocène inférieur) et plus récente que la zone à *A. elongata* (sommet de l'Eocène moyen = Biarritzien).

Interprétation d'âge :

Partie supérieure de l'Eocène inférieur ou Eocène moyen.

— 20 m de marbre bleu-clair sans fossile (terme 20f).

La sédimentation terrigène poursuit la série carbonatée et constitue l'ensemble du terme 21 (250 m minimum) ; elle est constituée de bas en haut par :

- a) 15 m de schiste micacé brun à lentilles calcaires ;
- b) 5 m de calcaire argileux ligné ;
- c) 80 m d'alternance de schiste brun et de grès rouge à figures de charges ;
- d) 50 m de conglomérat granoclassé ;
- e) 50 m de grès kaki ;
- f) 60 m de schiste rouge et vert plus ou moins gréseux. Aucune trace d'organisme n'a encore été trouvée dans les 250 m de ce flysch.

La série olympienne est donc caractérisée par des faciès carbonatés néritiques ou à tendance récifale au Crétacé supérieur et au Paléocène-Eocène inférieur (et moyen ?), ce qui implique l'âge plus récent que l'Eocène inférieur (ou moyen) de son flysch situé 50 m au-

dessus des derniers niveaux datés. Ces caractères incitent à la comparer aux séries des plateformes carbonatées des Dinarides s.l. externes.

Un essai sur la signification paléogéographique de *Rhapydionina liburnica* préludera à cette comparaison et nous permettra d'y joindre un élément important.

II. — REPARTITION DE *RHAPYDIONINA LIBURNICA* DANS LE DOMAINE MESOGEEN

Le domaine de répartition connu actuellement de *Rhapydionina liburnica* s'étend sur l'ensemble des chaînes alpines du bord nord de la Méditerranée, depuis l'Apennin jusqu'aux Taurides (fig. 2).

— Le vaste domaine carbonaté d'Italie méridionale considéré comme l'avant-pays des chaînes apennique et dinarique [zone d'Apulie et zone des Abruzzes (Aubouin, 1969) ; zone des Abruzzes-Campanie-Murge (Grandjacquet et Glangeaud, 1963)] présente des secteurs ayant connu une évolution en milieu néritique ["faciès di piattaforme" (Crescenti et al., 1969)] au cours du Mésozoïque et de l'Eocène. Les faciès comme les faunes y sont parfois identiques à celles qui se trouvent dans la zone de Gavrovo-Tripolitza (Sartoni et Crescenti, 1962 ; Crescenti et al., 1969) (*). *R. liburnica* y a été citée en plusieurs points (Farinacci, 1965 ; Ricchetti, 1971, 1972).

— Dans les chaînes dinariques, l'ensemble "zone de Gavrovo-Tripolitza — zone de Kruja — zone dalmate" (et vers le Nord, "zone croate" lorsque la zone dalmate et la zone du Haut Karst ne sont pas distinguées) présente des séries carbonatées néritiques mésozoïques et éocènes surmontées par un flysch ; *Rhapydionina liburnica* est citée en Istrie (Cita, 1965 ; Bignot, 1971, 1972) et en Yougoslavie méridionale (Radoicic, 1959, 1967), en Albanie (Peza, 1973) et dans l'ensemble du domaine occupé par la zone de Gavrovo-Tripolitza en Grèce

(*) Ce point mériterait de longs développements et la bibliographie en serait très abondante. En particulier les organismes benthoniques du Jurassique supérieur et du Crétacé cités par de nombreux auteurs italiens dans ces domaines se trouvent dans la sous-zone du Gavrovo (J. F., inédit).

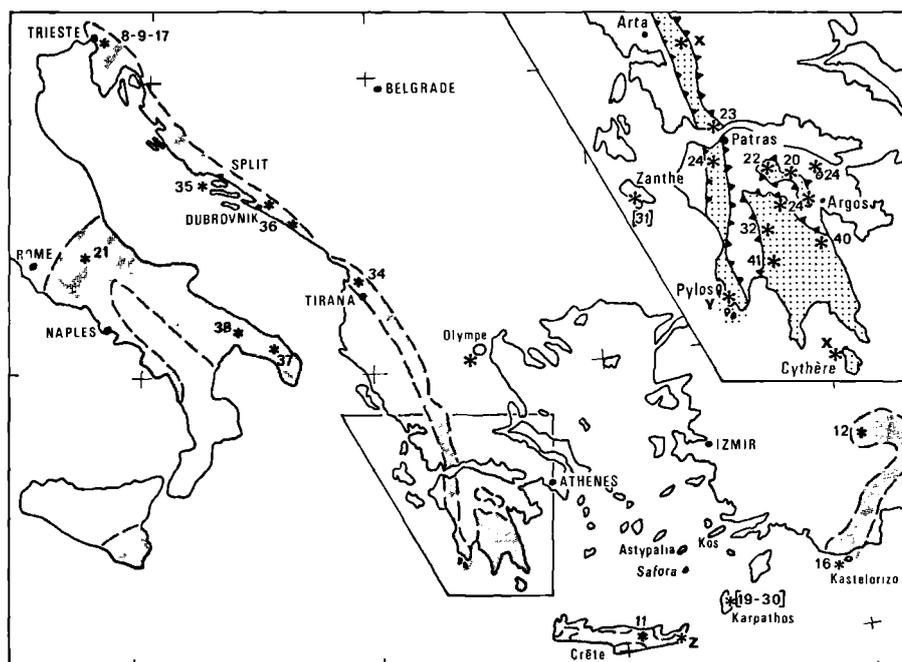


Fig 2. — Situation des gisements actuellement connus de *Rhapydionina liburnica*.

En grisé sont figurés les domaines ayant connu en partie ou en totalité une évolution comparable à celle de la zone de Gavrovo-Tripolitza au cours du Mésozoïque et de l'Eocène et faisant l'objet d'une analyse dans le texte. La partie agrandie dans l'angle supérieur droit met en évidence les affleurements de la zone de Gavrovo-Tripolitza en Grèce continentale et Péloponnèse. Les astérisques indiquent la position approximative des localités à *Rhapydionina liburnica*. Ils sont accompagnés d'un numéro renvoyant à la bibliographie ; les numéros entre crochets indiquent les localités où le fossile est soit remanié [31], soit dans les Olistolithes [19-30]. Les localités inédites sont signalées par les lettres X, Y, Z : X (Fleury), Massif du Gavrovo (Sommet Fourka) et Ile de Cythère ; Y (Fleury, Thiébault et Tsofilas), région de Pylos, nombreuses localités tant sur le continent que dans les îles Sphactiria, Sapientza et Skhiza ; Z (A. Zambétakis, renseignement oral).

continentale et en Péloponnèse (Fleury, 1970, 1973 ; Mania, 1971 ; Flament, 1973 ; Thiébault, 1973 ; De Wever, 1975).

En Mer Egée, la Crète présente la série de Tripolitza avec la plupart de ses caractéristiques (Aubouin et Dercourt, 1965) et *Rhapydionina liburnica* y est connue (Bonneau, 1972). Plus à l'Est, des séries affleurant dans les îles Astypalia (Christodoulou, 1967), Chamili, Di Adelphi, Safora (Bernouilli et al., 1974), Kos (Blondeau et al., 1975) (*) et surtout Kastelorizo où *Rhapydio-*

nina liburnica est connue (Christodoulou, 1972), présentent des caractères qui les rapprochent de la zone de Gavrovo-Tripolitza.

— Les "terrains autochtones tauriques" (Brunn et al., 1972) présentent une couverture carbonatée dont certains domaines ont connu une évolution en milieu néritique qui peut évoquer celle de la zone de Gavrovo-Tripolitza. La série de Kir Dag (Taurus de Pisidie) montre des faciès carbonatés crétacés et éocènes à faune benthique où existent des *Rhapydionina* (*R. liburnica*, selon Bignot, 1972, p. 217).

(*) Selon Le Boulenger et Matesco (3^e Réunion Ann. des Sciences de la Terre, Avril 1975, p. 223), la "nappe d'Archangelos" à Rhodes pourrait être rapportée à la zone de Gavrovo-Tripolitza.

R. liburnica semble donc être, dans l'état actuel des connaissances, un fossile caractéristique des zones externes des chaînes de

l'ensemble Apennides-Dinarides-Taurides, et en particulier semble liée à des domaines dont l'histoire est comparable à celle de la zone de Gavrovo-Tripolitza.

III. — CONSIDERATIONS SUR L'APPARTENANCE DE LA SÉRIE DE L'OLYMPE AUX ZONES EXTERNES

L'analyse des nouvelles découvertes incite donc à comparer de manière plus précise la série olympienne aux séries des zones externes des Dinarides *s.l.* et plus particulièrement à celles des deux rides néritiques, soit la plus externe : zone dalmate — zone de Kruja — zone de Gavrovo-Tripolitza, et la plus interne : zone du Haut-Karst — zone des Alpes albanaises — zone du Parnasse (Trapézona).

On doit, de ce point de vue, distinguer deux tronçons dans les Dinarides *s.l.*, de part et d'autre d'une ligne d'orientation SW-NE, joignant Dubrovnik à Belgrade :

1) Au Sud-Est de cette ligne, l'ensemble zone dalmate — zone de Kruja — zone de Gavrovo-Tripolitza est nettement séparé de l'ensemble zone du Haut-Karst — zone des Alpes albanaises — zone du Parnasse (Trapézona) par la zone de Budva — zone de Krasta-Cukali — zone du Pinde-Olonos (à caractère de sillon) :

— Le premier est représenté par une série carbonatée néritique du Trias (?) Lias au Lutétien ou Priabonien et un flysch concordant. *Rhapydionina liburnica* s'y trouve de manière générale dans le Crétacé terminal, à la faveur des conditions marines très peu profondes (voir laguno-lacustres par moment : on peut évoquer, même en Grèce, les faciès "liburniens" d'Istrie ; Fleury, 1970) qui régnaient sur l'ensemble de la plateforme.

— Le second est en Yougoslavie méridionale (Monténégro), caractérisé par une série carbonatée néritique connue du Trias supérieur au Crétacé supérieur (*R. liburnica* n'y aurait jamais été signalée, selon un renseignement oral de Cadet) à laquelle le flysch "succède en continuité dès la base de l'Eocène" (Aubouin et *al.*, 1972, p. 1063). En Albanie (zone des Alpes albanaises), les sédiments néritiques mésozoïques sont surmontés d'un flysch qui débute au Maastrichtien-Danien (Papa, 1972). En Grèce,

la série carbonatée du Parnasse (Celet, 1962) est néritique jusqu'au Sénonien inférieur inclus puis pélagique au Campanien-Maastrichtien. Le flysch est précédé de couches pélitiques rouges d'âge paléocène.

2) Au Nord-Ouest de cette ligne, les deux rides ne sont plus séparées par le sillon du Pinde et il semble qu'une homogénéisation des faciès et de l'âge du flysch se manifeste (Aubouin et *al.*, 1972 ; Cadet, 1972) ; si bien qu'au Nord de la Yougoslavie, on ne distingue plus qu'une "zone croate" (Aubouin, 1963). C'est dans une partie plutôt interne de celle-ci que se placent (Bignot, 1972) les gisements à *R. liburnica* d'Istrie, le flysch envahissant la même unité au cours de l'Yprésien.

La situation géographique actuelle de l'Olympe conduit évidemment à comparer sa série à celles des plateformes néritiques externes situées au Sud-Est de la ligne Dubrovnik-Belgrade, et la présence de *Rhapydionina liburnica* comme l'âge des carbonates précédant le flysch militent nettement en faveur de l'attribution de la série olympienne à la plus externe (zone de Gavrovo-Tripolitza).

CONCLUSION

Les nouvelles découvertes de fossiles dans la série de l'Olympe donnent donc deux éléments qui permettent de la rapporter avec vraisemblance à la zone de Gavrovo-Tripolitza, comme l'avaient d'ailleurs déjà suggéré ou admis plusieurs auteurs [Aubouin *in* Godfriaux (1964), p. 161 ; Bernouilli et Laubscher (1972) ; Aubouin (1974)...]. On peut ainsi se faire une meilleure idée de la largeur — considérable — de la plateforme néritique externe et corrélativement de l'ampleur du charriage des zones internes sur cette plateforme.

Dans le détail, l'âge du flysch de l'Olympe pourrait sembler plus ancien que celui de la zone de Gavrovo-Tripolitza (à la réserve que les 50 derniers mètres de la série calcaire ne sont pas encore datés). On sait cependant que le flysch de cette zone est diachronique (Fleury et Tsoflias, 1972 ; Thiébault, 1973) et que le plus ancien se trouve dans la partie interne (sous-zone de Tripolitza), ce qui pourra constituer un élément d'appréciation de la situation de la série de l'Olympe lorsque l'âge de la base de son flysch sera connu avec précision.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) AUBOUIN J. (1963). — Esquisse paléogéographique et structurale des chaînes alpines de la Méditerranée moyenne. *Geol. Rundschau*, Bd. 53, p. 480-534.
- 2) AUBOUIN J. (1969). — Apennin. *Encyclopaedia Universalis*, vol. II, p. 141-142.
- 3) AUBOUIN J. (1974). — Des tectoniques superposées et de leur signification par rapport aux modèles géophysiques : l'exemple des Dinarides ; paléotectonique, tectonique, tarditectonique, néotectonique. *Bull. Soc. géol. France*, (7), t. XV, (1973), p. 426-460.
- 4) AUBOUIN J. et DERCOURT J. (1965). — Sur la géologie de l'Égée : regard sur la Crète (Grèce). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. VIII, p. 787-821.
- 5) AUBOUIN J., BLANCHET R., CADET J.P., CELET P., CHARVET J., CHOROWICZ J., COUSIN M. et RAMPNOUX J.P. (1970). — Essai sur la géologie des Dinarides. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. XII, (1970), p. 1060-1095.
- 6) BERNOUILLI D. et LAUBSCHER M. (1972). — The palinspatic Problem of the Hellenides. *Ecl. geol. Helv.*, vol. 65/1, p. 107-118.
- 7) BERNOUILLI D., GRACIANSKY P.Ch. de et MONOD O. (1974). — The extension of the Lycian Nappes (SW Turkey) into the Southern Aegean Islands. *Ecl. geol. Helv.*, vol. 67/1, p. 39-90.
- 8) BIGNOT G. (1971). — Contribution à l'étude des espèces liburniennes des genres *Rhapydionina* Stache, 1913 et *Rhipidionina* Stache, 1913. *Rev. de Micropaléontologie*, vol. 13, n° 4, p. 222-236.
- 9) BIGNOT G. (1972). — Recherches stratigraphiques sur les calcaires du Crétacé supérieur et de l'Eocène d'Istrie et des régions voisines. Essai de révision du Liburnien. *Trav. lab. Micropaléontologie*, Univ. Paris VI, n° 2, p. 1-353.
- 10) BLONDEAU A., FLEURY J.J. et GUERNET C. (1975). — Sur l'existence dans l'île de Kos (Dodécanèse, Grèce), d'une série néritique surmontée d'un flysch d'âge Cuisien supérieur ou Lutétien inférieur à sa base. *C.R. Ac. Sc.*, t. 280, sér. D, p. 817-819.
- 11) BONNEAU M. (1972). — Les lambeaux allochtones du revers septentrional du Massif des Psiloriti (Crète moyenne, Grèce). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. XII, (1970), p. 1124-1129.
- 12) BRUNN J., GRACIANSKY P.Ch. de, GUTNIC M., JUTEAU T., LEFEVRE R., MARCOUX J., MONOD O. et POISSON A. (1972). — Structures majeures et corrélations stratigraphiques dans les Taurides occidentales. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. XII, (1970), p. 515-556.
- 13) CADET J.P. (1972). — Esquisse géologique de la Bosnie Herzégovine méridionale et du Monténégro occidental. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), XII, (1970), p. 973-985.
- 14) CELET P. (1962). — Contribution à l'étude géologique du Parnasse-Kiona et d'une partie des régions méridionales de la Grèce continentale. *Ann. géol. Pays Hellén.*, t. XIII, p. 1-446, (Thèse Lille, 1961).
- 15) CHRISTODOULOU G. (1967). — [Contribution to the geology of Astypalaea island]. *Ann. Univ. Aristote Thessalonique* (École scientifique physico-mathématique), t. X, p. 171-180.
- 16) CHRISTODOULOU G. (1972). — [Observations on the geological structure of Kasteloriza Island (Dodecanesus) and the age of its limestones]. *Bull. geol. Soc. Greece*, t. IX, p. 387-412.
- 17) CITA M.B. (1965). — Jurassic, Cretaceous and Tertiary microfascies from the Southern Alps (Northern Italy). *Intern. Sedim. Petr. ser.*, vol. VIII, E.J. Brill.
- 18) CRESCENTI U., CROSTELLA A., DONZELLI G. et RAFFI G. (1969). — Stratigrafia della serie calcarea dal Lias al Miocene nella regione Marchigiano-Abruzzese (Parte II - lithostratigrafia, biostratigrafia, paleogeografia). *Mem. Soc. geol. Ital.*, vol. VIII, p. 343-420.
- 19) DAVIDSON-MONETT J. (1974). — Contribution à l'étude géologique de l'arc égéen : l'île de Karpathos (Dodécanèse méridional, Grèce). *Thèse 3^e Cycle*, Univ. Paris VI (Dép. Géologie structurale).
- 20) DE WEVER P. (1975). — Etude géologique des séries apparaissant en fenêtre sous l'allochtone pindique (Série de Tripolitza et Série épimétamorphique de Zaroukla). Péloponnèse septentrional, Grèce. *Thèse 3^e Cycle*, Univ. Sc. et Tech. Lille.
- 21) FARINACCI A. (1965). — "Laffiteina marsicana". Nuova specie di Rotalide nel calcare maastrichtiano a "Rhapydionina liburnica" di M. Turchio (Marsica). *Riv. Ital. Paleont.*, vol. 71, n° 4, p. 1251-1262.
- 22) FLAMENT J.M. (1973). — De l'Olonos au Chelmos. Etude géologique d'un secteur de la nappe du Pinde-Olonos. *Thèse 3^e Cycle*, Univ. Sc. et Tech. Lille.
- 23) FLEURY J.J. (1970). — Le Sénonien et l'Eocène à microorganismes benthoniques du Klokova (zone du Gavrovo, Akamanie, Grèce continentale). *Rev. de Micropaléontologie*, vol. 13, n° 1, p. 30-44 (Paris).
- 24) FLEURY J.J. (1973). — Sur l'âge crétacé terminal (Maastrichtien) des couches à *Rhapydionina liburnica* (Stache) de la zone de Gavrovo-Tripolitza (Grèce continentale et Péloponnèse). *C.R. somm. Soc. géol. Fr.*, 1973, p. 125-127.
- 25) FLEURY J.J. et TSOFLIAS P. (1972). — Sur l'âge de la base du flysch de la zone de Gavrovo-Tripolitza en Péloponnèse septentrional. *Bull. geol. Soc. Greece*, t. IX, p. 111-121 (Athènes).
- 26) GODFRIAUX I. (1962). — L'Olympe : une fenêtre tectonique dans les Hellénides internes. *C.R. Ac. Sc.*, t. 255, p. 1761.

- 27) GODFRIAUX I. (1964). — Sur le métamorphisme dans la zone pélagonienne orientale (Région de l'Olympe, Grèce). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. VI, p. 146-162.
- 28) GODFRIAUX I. (1968). — Etude géologique de la région de l'Olympe (Grèce). *Ann. géol. Pays Hellén.*, t. XIX, p. 1-280. (Thèse Lille, 1965).
- 29) GRANDJACQUET C. et GLANGEAUD L. (1963). — Structures mégamétriques et évolution de la mer Tyrhénienne et des zones pérityrrhéniennes. *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), t. IV, (1962), p. 760-773.
- 30) HAMAOUÏ M. et FOURCADE E. (1973). — Révision des Rhapydionininae (Alveolinidae, Foraminifères). *Bull. Centre Rech. Pau*, (7), 2, p. 361-435.
- 31) HORSTMANN G. (1967). — Géologie de la partie méridionale de l'île de Zante (Grèce). *Thèse Univ.*, Paris, p. 1-127.
- 32) MANIA J. (1971). — Etude géologique d'un secteur de l'Arcadie (Péloponnèse central, Grèce). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCI, p. 47-56.
- 33) PAPA A. (1972). — Conceptions nouvelles sur la structure des Albanides (présentation de la Carte tectonique de l'Albanie au 500 000^e). *Bull. Soc. géol. Fr.*, (7), 12, (1970), p. 1096-1109.
- 34) PEZA L. (1973). — [Mise au jour d'un autre niveau stratigraphique dans la zone de Kruja (la coupe normale de Shkalle e Vajes)]. *Përmbledhje studimesh.* n° 4, 1973, p. 51-63 (Tirana).
- 35) RADOICIC R. (1959). — [Some problematic microfossils from the Dinarian Cretaceous]. *Vesnik Zadova Geol. Geogr. Istr. Srbije*, t. 17, p. 87-92.
- 36) RADOICIC R. (1967). — [On problematic microfossils from the Jurassic and Cretaceous of the Dinarides]. *Vesnik Zadova Za geoloskai geofisicka Istrazivanja*, ser. A, n° 24-25, (1966-67), p. 269-279.
- 37) RICCHETTI G. (1971). — Sulla presenza di *Rhapydionina liburnica* (Stache) nei calcari cretacei della Penisola salentina. *Bull. Soc. Natur. Napoli*, vol LXXX, p. 321-328.
- 38) RICCHETTI G. (1972). — Considerazioni sul ritrovamento di strati con *Rhapydionina liburnica* (Stache) nel Cretaceo delle Murge. *Bull. Soc. Natur. Napoli*, vol. LXXXI, p. 533-542.
- 39) SARTONI S. et CRESCENTI U. (1962). — Ricerche biostratigrafiche nel mesozoico dell'Appennino meridionale. *Giornale di Geologia*, ser. 2, vol. XXIX, (1960-1961), p. 161-388.
- 40) TATARIS A. et MARAGOUKAKIS M. (1966). — [The stratigraphy of Upper horizons of Tripolitza zone Tectonic and other observations in Kynouria-Lakonia area (Peloponnesus)]. *Bull. Geol. Soc. Greece*, t. VI, (1965), p. 365-384.
- 41) THIEBAULT F. (1973). — Etude géologique du Taygète septentrional (Péloponnèse méridional, Grèce). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCIII, p. 55-74.



TABLE DES MATIÈRES

1974

TABLE DES MATIERES

Activité de la Société

Elections pour le renouvellement du Conseil d'Administration, p. 4.

Elections de nouveaux membres, p. 4, 9, 65, 95, 125.

Séances ordinaires de la Société : 10 Janvier 1974, p. 4 ; 7 Février 1974, p. 5 ; 7 Mars 1974, p. 9 ; 11 Avril 1974, p. 65 ; 2 Mai 1974, p. 65 ; 6 Juin 1974, p. 95 ; 7 Novembre 1974, p. 95 ; 5 Décembre 1974, p. 125.

Assemblée Générale : 10 Janvier 1974, p. 4.

Discours

M. J. DERCOURT, p. 5.

M. I. GODFRIAUX, p.7.

Stratigraphie

A. BONTE. — Lias et Bajocien dans le Boulonnais. Le sondage de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais), p. 11.

D. BRICE, † A.F. de LAPPARENT et B. MISTIAEN. — Le Dévonien supérieur à l'Est d'Hajigak (Afghanistan), p. 67.

J. CHARVET, R. FISCHER et G. KAUFFMANN. — Précisions sur le Trias pélagique des Dinarides au Nord de Sarajevo, p. 109.

A. BONTE, J.P. COLBEAUX, B. HOYEZ et F. LETHIERS. — Les " Schistes d'Hydrequent " (Dévonien supérieur du Bas-Boulonnais) : nouvelles observations, p. 117.

Tectonique

- M. BONNEAU, L. BEAUVAIS et F.A. MIDDLEMISS. — L'unité de Miamou (Crète - Grèce) et sa macrofaune d'âge jurassique supérieur (Brachiopodes, Madréporaires), p. 71.
- J.J. FLEURY et I. GODFRIAUX. — Arguments pour l'attribution de la série de la fenêtre de l'Olympe (Grèce) à la zone de Gavrovo-Tripolitza : présence de fossiles du Maastrichtien et de l'Eocène inférieur (et moyen?), p. 149.

Hydrogéologie

- J. MANIA et J. RICOUR. — Hydrogéologie et alimentation artificielle de la nappe du Séquanien dans la région de Saint-Léonard (Pas-de-Calais), p. 133.

Pétrographie

- † A.F. de LAPPARENT et E. MERIAUX. — Sur un charbon gondwanien d'Afghanistan central, p. 127.

Paléontologie

- C. BABIN et M. ROBARDET. — Mollusques Bivalves du Silurien supérieur et de l'extrême base du Dévonien en Normandie, p. 19.
- D. BRICE et J.C. ROHART. — Les Phillipsastraeidae (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). Première note. Le genre *Macgeea* Webster, 1889. Nouvelles observations, p. 47.
- M. BONNEAU, L. BEAUVAIS et F.A. MIDDLEMISS. — L'unité de Miamou (Crète - Grèce) et sa macrofaune d'âge jurassique supérieur (Brachiopodes, Madréporaires), p. 71.
- H. TERMIER, G. TERMIER et D. VACHARD. — Une texture de Conocardiidé dans l'Emsien de la Montagne Noire, p. 87.
- J. LE MENN. — Le genre *Thylacocrinus* Ehlert, 1878 (Crinoidea, Camerata), p. 97.
- A. BONTE, J.P. COLBEAUX, B. HOYEZ et F. LETHIERS. — Les "Schistes d'Hydrequent" (Dévonien supérieur du Bas-Boulonnais) : nouvelles observations, p. 117.

Terrains Primaires

- C. BABIN et M. ROBARDET. — Mollusques Bivalves du Silurien supérieur et de l'extrême base du Dévonien en Normandie, p. 19.
- D. BRICE et J.C. ROHART. — Les Phillipsastraeidae (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). Première note. Le genre *Macgeea* Webster, 1889. Nouvelles observations, p. 47.
- D. BRICE, † A.F. de LAPPARENT et B. MISTIAEN. — Le Dévonien supérieur à l'Est d'Hajigak (Afghanistan), p. 67.

- H. TERMIER, G. TERMIER et D. VACHARD. — Une texture de Conocardiidé dans l'Emsien de la Montagne Noire, p. 87.
- J. LE MENN. — Le genre *Thylacocrinus* Ehlert, 1878 (Crinoidea, Camerata), p. 97.
- A. BONTE, J.P. COLBEAUX, B. HOYEZ et F. LETHIERS. — Les "Schistes d'Hydrequent" (Dévonien supérieur du Bas-Boulonnais) : nouvelles observations, p. 117.
- † A.F. de LAPPARENT et E. MERIAUX. — Sur un charbon gondwanien d'Afghanistan central, p. 127.

Terrains Secondaires

- A. BONTE. — Lias et Bajocien dans le Boulonnais. Le sondage de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais), p. 11.
- M. BONNEAU, L. BEAUVAIS et F.A. MIDDLEMISS. — L'unité de Miamou (Crète - Grèce) et sa macrofaune d'âge jurassique supérieur (Brachiopodes, Madréporaires), p. 71.
- J. CHARVET, R. FISCHER et G. KAUFFMANN. — Précisions sur le Trias pélagique des Dinarides au Nord de Sarajevo, p. 109.
- J.J. FLEURY et I. GODFRIAUX. — Arguments pour l'attribution de la série de la fenêtre de l'Olympe (Grèce) à la zone de Gavrovo-Tripolitza : présence de fossiles du Maastrichtien et de l'Eocène inférieur (et moyen?), p. 149.

Terrains Tertiaires

- J.J. FLEURY et I. GODFRIAUX. — Arguments pour l'attribution de la série de la fenêtre de l'Olympe (Grèce) à la zone de Gavrovo-Tripolitza : présence de fossiles du Maastrichtien et de l'Eocène inférieur (et moyen?), p. 149.



TABLE DES PLANCHES

- Pl. I à VI. — Mollusques Bivalves du Silurien supérieur de Normandie (note de C. BABIN et M. ROBARDET, p. 44).
- Pl. VII à IX. — Phillipsastraeidae (Rugosa) du Dévonien du Boulonnais (note de D. BRICE et J.C. ROHART, p. 62).
- Pl. X. — Madréporaires de l'unité de Miamou (Crète - Grèce) (note de M. BONNEAU, L. BEAUVAIS et F.A. MIDDLEMISS, p. 86).
- Pl. XI. — Madréporaires et Brachiopodes de l'unité de Miamou (Crète - Grèce) (note de M. BONNEAU, L. BEAUVAIS et F.A. MIDDLEMISS, p. 86).
- Pl. XII à XIV. — Conocardiidé de l'Emsien de la Montagne Noire (note de H. TERMIER, G. TERMIER et D. VACHARD, p. 92).
- Pl. XV à XVIII. — Le genre *Thylacocrinus* (note de J. LE MENN, p. 108).
- Pl. XIX et XX. — Charbon gondwanien d'Afghanistan central (note de A.F. de LAPPARENT et E. MERIAUX, p. 132).

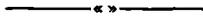


TABLE ALPHABETIQUE DES AUTEURS

- C. BABIN et M. ROBARDET. — Mollusques Bivalves du Silurien supérieur et de l'extrême base du Dévonien en Normandie, p. 19.
- L. BEAUVAIS. — Voir M. BONNEAU, L. BEAUVAIS et F.A. MIDDLEMISS, p. 71.
- M. BONNEAU, L. BEAUVAIS et F.A. MIDDLEMISS. — L'unité de Miamou (Crète - Grèce) et sa macrofaune d'âge jurassique supérieur (Brachiopodes, Madréporaires), p. 71.
- A. BONTE. — Lias et Bajocien dans le Boulonnais. Le sondage de Boulogne-sur-Mer (Pas-de-Calais), p. 11.
- A. BONTE, J.P. COLBEAUX, B. HOYEZ et F. LETHIERS. — Les "Schistes d'Hydrequent" (Dévonien supérieur du Bas-Boulonnais) : nouvelles observations, p. 117.
- D. BRICE et J.C. ROHART. — Les Phillipsastraeidae (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). Première note. Le genre *Macgeea* Webster, 1889. Nouvelles observations, p. 47.
- D. BRICE, † A.F. de LAPPARENT et B. MISTIAEN. — Le Dévonien supérieur à l'Est d'Hajigak (Afghanistan), p. 67.
- J. CHARVET, R. FISCHER et G. KAUFFMANN. — Précisions sur le Trias pélagique des Dinarides au Nord de Sarajevo, p. 109.
- J.P. COLBEAUX. — Voir A. BONTE, J.P. COLBEAUX, B. HOYEZ et F. LETHIERS, p. 117.
- R. FISCHER. — Voir J. CHARVET, R. FISCHER et G. KAUFFMANN, p. 109.
- J.J. FLEURY et I. GODFRIAUX. — Arguments pour l'attribution de la série de la fenêtre de l'Olympe (Grèce) à la zone de Gavrovo-Tripolitza : présence de fossiles du Maastrichtien et de l'Eocène inférieur (et moyen ?), p. 149.
- I. GODFRIAUX. — Voir J.J. FLEURY et I. GODFRIAUX, p. 149.
- B. HOYEZ. — Voir A. BONTE, J.P. COLBEAUX, B. HOYEZ et F. LETHIERS, p. 117.
- G. KAUFFMANN. — Voir J. CHARVET, R. FISCHER et G. KAUFFMANN, p. 109.
- † A.F. de LAPPARENT. — Voir D. BRICE, † A.F. de LAPPARENT et B. MISTIAEN, p. 67.
- † A.F. de LAPPARENT et E. MERIAUX. — Sur un charbon gondwanien d'Afghanistan central, p. 127.
- J. LE MENN. — Le genre *Thylacocrinus* Ehlert, 1878 (Crinoidea, Camerata), p. 97.
- F. LETHIERS. — Voir A. BONTE, J.P. COLBEAUX, B. HOYEZ et F. LETHIERS, p. 117.
- J. MANIA et J. RICOUR. — Hydrogéologie et alimentation artificielle de la nappe du Séquanien dans la région de Saint-Léonard (Pas-de-Calais), p. 133.
- E. MERIAUX. — Voir † A.F. de LAPPARENT et E. MERIAUX, p. 127.
- F.A. MIDDLEMISS. — Voir M. BONNEAU, L. BEAUVAIS et F.A. MIDDLEMISS, p. 71.

B. MISTIAEN. — Voir D. BRICE, † A.F. de LAPPARENT et B. MISTIAEN, p. 67.

J. RICOUR. — Voir J. MANIA et J. RICOUR, p. 133.

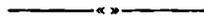
M. ROBARDET. — Voir C. BABIN et M. ROBARDET, p. 19.

J.C. ROHART. — Voir D. BRICE et J.C. ROHART, p. 47.

G. TERMIER. — Voir H. TERMIER, G. TERMIER et D. VACHARD, p. 87.

H. TERMIER, G. TERMIER et D. VACHARD. — Une texture de Conocardiidé dans l'Emsien de la Montagne Noire, p. 87.

D. VACHARD. — Voir H. TERMIER, G. TERMIER et D. VACHARD, p. 87.



ANNALES DE LA SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD

Liste des fascicules disponibles en vente séparée jusqu'à épuisement du stock (*)

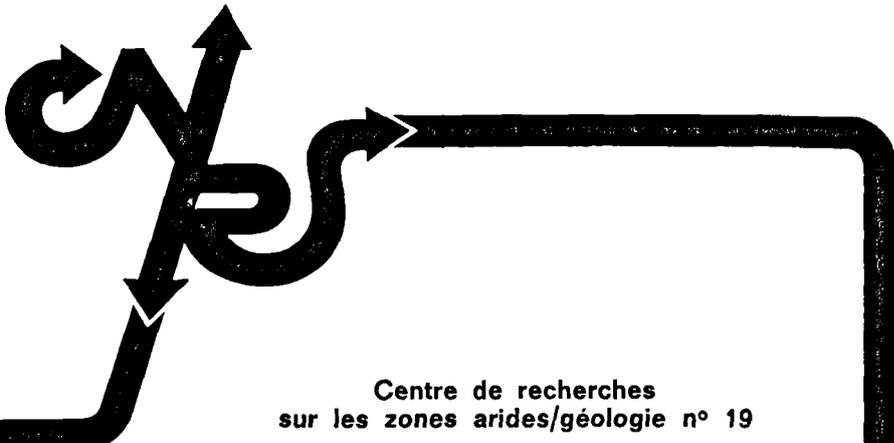
			Le fascicule
Tome IX	(1881-82)	fascicules 1, 2, 4 et 5	30,00 F.
Tome XI	(1883-84)	fascicules 1, 4	40,00 F.
Tome XIII	(1885-86)	fascicules (1-2), 3, 4, 6	30,00 F.
Tome XIV	(1886-87)	fascicules 1, (2-3), 4	40,00 F.
Tome XV	(1887-88)	fascicules 1, 2, (5-6)	40,00 F.
Tome XVI	(1888-89)	fascicules 1, 5, 6	30,00 F.
Tome XVII	(1889-90)	fascicules 4, 5, 6	30,00 F.
Tome XVIII	(1890)	fascicule 3	40,00 F.
Tome XIX	(1891)	fascicules 2, (3-4), (5-6)	40,00 F.
Tome XXII	(1894)	fascicule 3	40,00 F.
Tome XXIII	(1895)	fascicules 1, 4	40,00 F.
Tome XXVI	(1897)	fascicules 1, 2, 4	40,00 F.
Tome XXVII	(1898)	fascicules 3, 4	40,00 F.
Tome XXVIII	(1899)	fascicules 1, 3, 4	40,00 F.
Tome XXIX	(1900)	fascicules 2, 4	40,00 F.
Tome XXX	(1901)	fascicules 1, 2, 3, 5	30,00 F.
Tome XXXI	(1902)	fascicules 1, 3, 4	40,00 F.
Tome XXXII	(1903)	fascicules 1, 2, 4	40,00 F.
Tome XXXIII	(1904)	fascicules 2, 3	40,00 F.
Tome XXXIV	(1905)	fascicules 1, 2, 4	40,00 F.
Tome XXXV	(1906)	fascicule 4	40,00 F.
Tome XXXVI	(1907)	fascicule 4	40,00 F.
Tome XXXVII	(1908)	fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome XXXVIII	(1909)	fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome XL	(1911)	fascicules 3, 4	40,00 F.
Tome XLI	(1912)	fascicules 1, 2, 4	40,00 F.
Tome XLII	(1913)	fascicules 3, 4	40,00 F.
Tome XLIII	(1914)	fascicules 2, (3-4)	48,00 F.
Tome XLV	(1920)	fascicule 2	40,00 F.
Tome XLIX	(1924)	fascicules 1, 3	48,00 F.
Tome L	(1925)	fascicule 2	72,00 F.
Tome LI	(1926)	fascicules 2, 3, 4	40,00 F.

(*) Les Annales de la Société géologique du Nord sont normalement en vente par tomes entiers (voir tarif couverture). Cependant, un certain nombre de fascicules sont actuellement disponibles et seuls vendus séparément. Leur prix a été fixé lors de la Séance du Conseil du 11 avril 1974.

			Le fascicule
			—
Tome LII	(1927)	..... fascicule 1	60,00 F.
Tome LIII	(1928)	..... fascicule 2	40,00 F.
Tome LIX	(1934)	..... fascicules 2, 3	48,00 F.
Tome LX	(1935)	..... fascicule 2	72,00 F.
Tome LXI	(1936)	..... fascicule 2	72,00 F.
Tome LXII	(1937)	..... fascicule 1	72,00 F.
Tome LXIII	(1938)	..... fascicule 2	72,00 F.
Tome LXIV	(1939)	..... fascicule 2	72,00 F.
Tome LXVI	(1946)	..... fascicule 2	72,00 F.
Tome LXVII	(1947)	..... fascicule 2	72,00 F.
Tome LXVIII	(1948)	..... fascicules 1, 3	48,00 F.
Tome LXIX	(1949)	..... fascicule 2	72,00 F.
Tome LXXI	(1951)	..... fascicules 2, 3	48,00 F.
Tome LXXIV	(1954)	..... fascicules 1, 3	48,00 F.
Tome LXXV	(1955)	..... fascicules 2, 3	48,00 F.
Tome LXXVI	(1956)	..... fascicules 1, 2	48,00 F.
Tome LXXVIII	(1958)	..... fascicules 2, 3	48,00 F.
Tome LXXIX	(1959)	..... fascicules 1, 2	48,00 F.
Tome LXXX	(1960)	..... fascicules 2, 4	40,00 F.
Tome LXXXI	(1961)	..... fascicules 1, 2	48,00 F.
Tome LXXXII	(1962)	..... fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome LXXXIII	(1963)	..... fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome LXXXIV	(1964)	..... fascicules 2, 3, 4	40,00 F.
Tome LXXXV	(1965)	..... fascicules 3, 4	40,00 F.
Tome LXXXVI	(1966)	..... fascicules 1, 2, 3	45,00 F.
Tome LXXXVII	(1967)	..... fascicules 1, 2, 3	45,00 F.
Tome LXXXVIII	(1968)	..... fascicules 1, 2, 4	45,00 F.
Tome LXXXIX	(1969)	..... fascicules 1 (*), 2, 4	45,00 F.
Tome XC	(1970)	..... fascicules 2, 3, 4 (**)	45,00 F.
Tome XCI	(1971)	..... fascicule 4	45,00 F.
Tome XCII	(1972)	..... fascicules 1, 2, 3	45,00 F.

(*) Fascicule réservé à la Géologie du Nord de la France : 45,00 F.

(**) Fascicule spécial du Centenaire de la S.G.N. : 75,00 F.



Centre de recherches
sur les zones arides/géologie n° 19

ÉVOLUTION POLYCYCLIQUE DES GNEISS PRÉCAMBRIENS DE L'ALEKSOD

(Hoggar central, Sahara algérien)

aspects structuraux, pétrologiques, géochimiques et géochronologiques

J.M.L. BERTRAND

Contribution à la connaissance géologique du Hoggar et surtout approche des questions de l'évolution d'un segment de croûte sialique au cours d'une histoire orogénique polycyclique.

- Géologie régionale et structurale, lithostratigraphie et tectonique.
- Etude pétrographique et géochimique de quelques formations gneissiques ; métamorphisme et processus de migmatisation.
- Géochronologie.

(Abondante bibliographie).

Intéresse géologues.

PRIX : 80,00 F.

21 × 27 - 380 pages - broché

101 fig. - 46 tabl. - 78 pl. H.T. - 1 carte dépl. coul.

ISBN 2-222-01685-1

Editions du CNRS

15 quai Anatole France. 75700 Paris

CCP. Paris 9061-11 - Tél. 555-92-25

M. _____
profession _____
adresse _____
achète le livre _____

chez son libraire
à défaut aux Éditions du CNRS (chèque joint)
et demande votre documentation
 Sciences humaines
 Sciences exactes et naturelles
 Trésor de la langue Française
 Revue de l'Art

COLLOQUE DU JURASSIQUE

à Luxembourg, 1967

MEMOIRE DU B. R. G. M.

N° 75, 760 pages, nombreuses illustrations

Prix de vente : 200,00 F.F.

Cet important colloque se propose de faire le point sur un grand nombre d'études relatives au Jurassique.

Après une introduction sur les définitions, la nomenclature et les méthodes d'études spécifiques à cet étage, une partie importante de l'ouvrage est consacrée aux problèmes paléogéographiques, biogéographiques et biostratigraphiques du Jurassique.

Un chapitre traite plus spécialement des limites Jurassique-Crétacé et de celles Jurassique moyen et supérieur.

Enfin, les derniers chapitres concernent la stratigraphie régionale en Europe, les problèmes de zonations et l'ouvrage se termine par un ensemble d'articles sur la stratigraphie générale du Jurassique, ~~en Europe~~ (Canada, Etats-Unis, Nouvelle-Zélande, etc...).

MEMOIRES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

Tome I :	
Mémoire N° 1. - Ch. BARROIS, <i>Recherches sur le terrain crétacé de l'Angleterre et de l'Irlande</i> , 1876, 232 p.	240,00 F.
Mémoire N° 2. - P. FRAZER, <i>Géologie de la partie Sud-Est de la Pensylvanie</i> , 1882, 178 p.	180,00 F.
Mémoire N° 3. - R. ZEILLER, <i>Mémoire sur la flore houillère des Asturies</i> , 1882, 24 p.	24,00 F.
Tome II. — Ch. BARROIS, <i>Recherches sur les terrains anciens des Asturies et de la Galice</i> , 1882	épuisé
Tome III. — Ch. BARROIS, <i>Faune du Calcaire d'Erbray</i> , 1889	épuisé
Tome IV :	
Mémoire N° 1. - J. GOSSELET, <i>Etude sur les variations du Spirifer Verneulli</i> , 1894, 63 p., 7 pl.	60,00 F.
Mémoire N° 2. - L. CAYEUX, <i>Contribution à l'étude micrographique des terrains sédimentaires</i> , 590 p., 10 pl.	épuisé
Tome V. — M. LERICHE, <i>Contribution à l'étude des Poissons fossiles du Nord de la France et des régions voisines</i> , 1906	épuisé
Tome VI :	
Mémoire N° 1. - P. BERTRAND, <i>Etude du stipe de l'Adelophyton jutieri</i> B. Renault, 1907, 38 p., 4 pl.	60,00 F.
Mémoire N° 2. - J. GOSSELET, Ch. BARROIS, M. LERICHE, A. CREPIN, P. PRUVOST, G. DUBOIS, <i>Description de la faune silurodévonienne de Liévin</i> , 1912-1920. Fascicule 1	épuisé
Fascicule 2, 230 p., 17 pl.	240,00 F.
Mémoire N° 3. - V. COMMONT, <i>Saint-Acheul et Montières : Notés de Géologie, de Paléontologie et de Préhistoire</i> , 1909, 68 p., 3 pl.	120,00 F.
Tome VII :	
Mémoire N° 1. - P. BERTRAND, <i>Etude des Stipes d'Asterochloena laxa</i> Stenzel, 1911, 72 p., 6 pl.	72,00 F.
Mémoire N° 2. - A. CARPENTIER, <i>Contribution à l'étude du Carbonifère du Nord de la France</i> , 1913	épuisé
Tome VIII :	
Mémoire N° 1. - G. DUBOIS, <i>Recherches sur les terrains quaternaires du Nord de la France</i> , 1923	épuisé
Mémoire N° 2. - Ed. LEROUX, <i>Le tunnel de l'Ave Maria. Observations géologiques et hydrologiques sur le plateau et la falaise au Sud de Boulogne-sur-Mer</i> , 1929, 50 p., 5 pl.	84,00 F.
Tome IX :	
Mémoire N° 1. - G. DUBAR, <i>Etude sur le Lias des Pyrénées françaises</i> , 1925, 332 p., 7 pl.	300,00 F.
Mémoire N° 2. - Dom Grégoire FOURNIER et P. PRUVOST, <i>Description des poissons élasmodontes du marbre noir de Denée</i> , 1926, 23 p., 6 pl.	72,00 F.
Tome X :	
Mémoire N° 1. - A. CARPENTIER, <i>La flore wealdienne de Féron-Glignon (Nord)</i> , 1927	épuisé
Mémoire N° 2. - J.W. LAVERDIERE, <i>Contribution à l'étude des terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales</i> , 1931, 132 p., 8 pl.	120,00 F.
Tome XI. — A. DUPARQUE, <i>Structure microscopique des charbons du Bassin houiller du Nord et du Pas-de-Calais</i> , 1934	épuisé
Tome XII. — D. LE MAITRE, <i>Etude sur la Faune des Calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis</i> , 1934, 268 p., 18 pl.	240,00 F.
Tome XIII. — P. BRICHE, P. DANZE-CORSIN et J.P. LAVEINE, <i>Flore infraliasique du Boulonnais (Macro- et Microflore)</i> , 1963, 145 p., 11 pl.	180,00 F.
Tome XIV. — G. WATERLOT, <i>Les Gigantotrachés du Siluro-Dévonien de Liévin</i> , 1966, 23 p., 5 pl.	62,00 F.

ESQUISSE GEOLOGIQUE DU NORD DE LA FRANCE

par J. GOSSELET

Fascicule I (Terrains primaires), Fascicule II (Terrains secondaires), Fascicule III (Terrains tertiaires)	épuisés
Fascicule IV (Terrains quaternaires)	20,00 F.
Carte géologique du Département du Nord au 1/320 000° (par J. GOSSELET, M. LERICHE, H. DOUXAMI)	31,00 F.
Ecorché géologique infra-mésozoïque (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.)	30,00 F.

SERIE DOCUMENTATION (Pochettes de 6 Diapositives avec notice)

Série I. — Paysages du Nord de la France au cours des temps géologiques	20,00 F.
Série II. — Aperçu sur les microfaciès de la craie	20,00 F.
Série III. — Les Nannofossiles calcaires de la craie	15,00 F.

Les membres 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 XCIV

4^{me} trimestre

	Pages
A.F. de LAPPARENT et E. MERIAUX. — Sur un charbon-gondwanien d'Afghanistan central	127
J. MANIA et J. RICOUR. — Hydrogéologie et alimentation artificielle de la nappe du Séquanien dans la région de Saint-Léonard (Pas-de-Calais)	133
J.J. FLEURY et I. GODFRIAUX. — Arguments pour l'attribution de la série de la fenêtre de l'Olympe (Grèce) à la zone de Gavrovo-Tripolizza : présence de fossiles du Maastrichtien et de l'Eocène inférieur (et moyen ?)	149