

# Étude préliminaire du contenu en matière organique du Kimméridgien normand \*

## *Preliminary study of organic matter content in the Kimmeridgian of Normandy*

François BAUDIN <sup>(1)</sup>

Mots-clés : Matière organique, Kimméridgien, Carbone organique, Composés hydrocarbonés.  
Seine-Maritime (Région du Havre).

### Résumé

Le contenu en matière organique des formations du Kimméridgien de la région du Havre varie entre 0 et 4 % de carbone organique total. Relativement altérée dans les marnes et calcaires du Kimméridgien inférieur, la matière organique marine a été mieux préservée dans les Argiles d'Octeville (Kimméridgien supérieur) ce qui pourrait être principalement lié à l'approfondissement du milieu et à une plus forte productivité organique pendant cette période.

### Abstract

The organic content of Kimmeridgian deposits outcropping to the northward of Le Havre varies from 0 to 4% of total organic carbon. Strongly altered within Lower Kimmeridgian marls and limestones, marine organic matter has been better preserved in the Octeville Clay Formation (Late Kimmeridgian). This seems mainly related to the basin deepening and an higher organic productivity during the Late Kimmeridgian.

---

## Introduction

---

Le Kimméridgien est, à l'échelle globale, une période favorable à la conservation de la matière organique dans des environnements variés (Baudin *et al.*, 1992). Parmi les formations riches en carbone organique, celle de la Kimmeridge Clay, qui affleure dans le Dorset (Sud de l'Angleterre), est sans doute une des plus fameuses par son statut de stratotype et de principale roche-mère du pétrole en mer du Nord. Les affleurements français, géographiquement les plus proches des argiles de Kimmeridge Bay (fig. 1) et présentant des faciès comparables, sont ceux des falaises normandes. Si le contenu en matière organique des

argiles de la région stratotypique est relativement bien connu (Farrimond *et al.*, 1984 ; Ebukanson et Kinghorn, 1985 ; Myers et Wignall, 1987 ; Scotchman, 1991), celui de la région havraise est pratiquement inexploré. L'objet de la présente étude est donc de quantifier et de caractériser l'origine de la matière organique contenue dans les formations kimméridgiennes de Normandie.

Pour ce faire, les coupes du cap de la Hève, de Saint-Andrieux, du Croquet et de La Brière, étudiées par J. Guyader (1968) ont été échantillonnées. Si, dans la région havraise, aucune coupe ne présente la série kimméridgienne au complet, un très léger pendage nord des séries du Jurassique supérieur permet d'observer la partie inférieure de l'étage au cap de la

\* Manuscrit reçu le 21 août 1992, accepté le 5 octobre 1992.

(1) CNRS-URA 1315 et Département de Géologie Sédimentaire - Université Pierre-et-Marie-Curie - Tour 15 - 16 E4 - 4, place Jussieu, 75252 Paris Cedex 05.

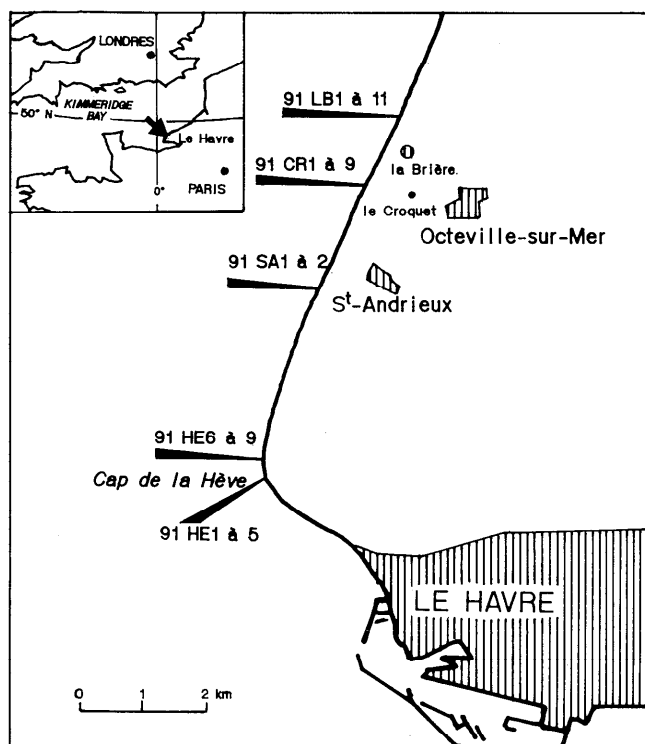


Fig. 1. - Affleurements kimmeridgiens des falaises au nord du Havre (d'après Guyader, 1968) et localisation des échantillons prélevés.

Fig. 1. - Kimmeridgian outcrops in the cliffs to the north of Le Havre (after Guyader, 1968) showing sample locations.

Hève tandis que sa partie supérieure affleure dans les falaises d'Octeville-sur-Mer. La localisation des coupes et la répartition des prélèvements sont données figure 1. La position relative des échantillons provenant de ces divers affleurements a été reportée sur une coupe synthétique (fig. 2).

## Description sommaire de la série kimmeridgienne de Normandie

A la suite des travaux de A. Dollfus (1863), G. Lenier (1867) et Tornquist (1896), la stratigraphie et la paléontologie du Kimmeridgien de la côte normande ont été précisées par M. Rioult (1958, 1961), J. Guyader (1968) et M. Rioult et G. Fily (1975). Récemment P. Hantzpergue (1989) a révisé la biostratigraphie des ammonites des coupes étudiées par J. Guyader (1968). Le Kimmeridgien de la côte normande, peu épais, montre la succession de cinq formations (fig. 2) :

L'étage débute par les « Calcaires coquilliers » (1 à 3 m) constitués de trois petites séquences de marnes sableuses — calcaires bioclastiques silteux. Les premiers niveaux contiennent des bioclastes limonitiques ou des grains phosphatés, les autres des grains de quartz roulés et de la pyrite. Ces couches contiennent *Pictonia baylei* et *P. thurmanni* (zone à Baylei) et de gros nautes *Paracenoceras giganteum*. En outre, elles sont riches en *Gervillella kimmeridgiensis*, *Pholadomya protei*, *Trigonia papillata*, *Myophorella muricata*, en restes de vertébrés et montrent une abondante micro-

faune. On y rencontre également un polypier solitaire : *Montlivaltia lesueuri*.

Au-dessus les « Argiles à *Deltoideum delta* » (3 à 6 m) brunes à grises, à passées silteuses bioturbées, comportent des lits d'huîtres (*Ostreina*) à la base et au sommet, ainsi que de petits moules de mollusques. Les lumachelles indiquent vraisemblablement un milieu abrité, peu profond, à conditions écologiques sélectives. L'appartenance de ces marnes à la zone à Baylei est hypothétique selon P. Hantzpergue (1989).

Les « Bancs de Plomb » (1 à 2,5 m) couronnent cette première unité. Il s'agit de deux gros bancs (« plomb inférieur » et « plomb supérieur » anciennement exploités par les carriers comme pierre à chaux et calcaires lithographiques) de biomicrite grise, à débris phosphatés et restes de vertébrés. Leur sommet est une surface bosselée, bioturbée, creusée de nombreux terriers simples ou en U (*Rhizocorallium*) qui correspond à un hiatus. Au toit du second, deux empreintes de *Rasenia cymodoce* indiquent la deuxième zone du Kimmeridgien. Au-dessus se développe localement un peuplement monospécifique à *Zeilleria kimmeridgiensis* (= *Zeilleria humeralis*). Outre *D. delta*, on trouve également *Nanogyra virgula*. On recueille également des morceaux de bois flottés au sein des argiles entre les « Bancs de Plomb ».

La formation des « Marnes de Bléville » (8 à 11 m) qui repose sur cette surface, débute par un conglomérat à galets perforés et verdis, centimétriques à décimétriques, provenant du « Banc de Plomb » supérieur. Une marne sableuse, pétrie de petites exogyres, recouvre ces galets. La formation se poursuit par des alternances marno-calcaires jusqu'à sa partie médiane (« Calcaire à *Harpagodes* »), constituée de calcaires sableux et noduleux (0,9 à 1,5 m) renfermant de rares oolites et de petits oncolites. Ces niveaux sont riches en ammonites *Rasenia berryeri*, *R. lexoviensis* et *R. pseudoeumela* (zone à Cymodoce), en nautes : *Paracenoceras giganteum* et *Eutrephoceras subinflatum* mais également en gastéropodes (*Harpagodes* notamment) et lamellibranches *Pholadomya protei*, *Pleuromya*, *Lopha solitaria*, *Gervillella*. Un oursin régulier *Rhabdocidaris orbignyana* est signalé ainsi que des restes de crustacés et de vertébrés (tortue en particulier). Cette formation se termine par un banc calcaire biomicritique bioturbé, renfermant de rares *Rasenoidea* f. *lepidula*. Ce banc, à surface érosive durcie (hard ground), marque la limite entre le Kimmeridgien inférieur et supérieur *sensu gallico*.

La dernière unité, épaisse de près de 20 m, est celle des « Argiles d'Octeville ». Cette formation, riche en ammonites (*Aspidoceras*, *Aulacostephanus*) et aptychus, est subdivisée en trois membres informels.

— Le premier débute avec une lumachelle à *Nanogyra virgula* dont la matrice argilo-sableuse et glauconieuse contient des débris phosphatés et des grains de pyrite. Les argiles se terminent avec des passées marno-silteuses à *Trigonia*, *Gervillella* et des bancs de calcaire argileux dans lesquels furent trouvés des fragments de dinosaures (Galton et Boiné, 1980) et des restes de poissons (Filliol et Filliol, 1976). Prélèvés en éboulis, mais provenant vraisemblablement de ces argiles, C. Meyer, (1988) y décrit une plaque calcaire couverte d'ophiures (*Ophionusium gagnebini*). La faune d'ammonites de ces argiles est caractéristique de la

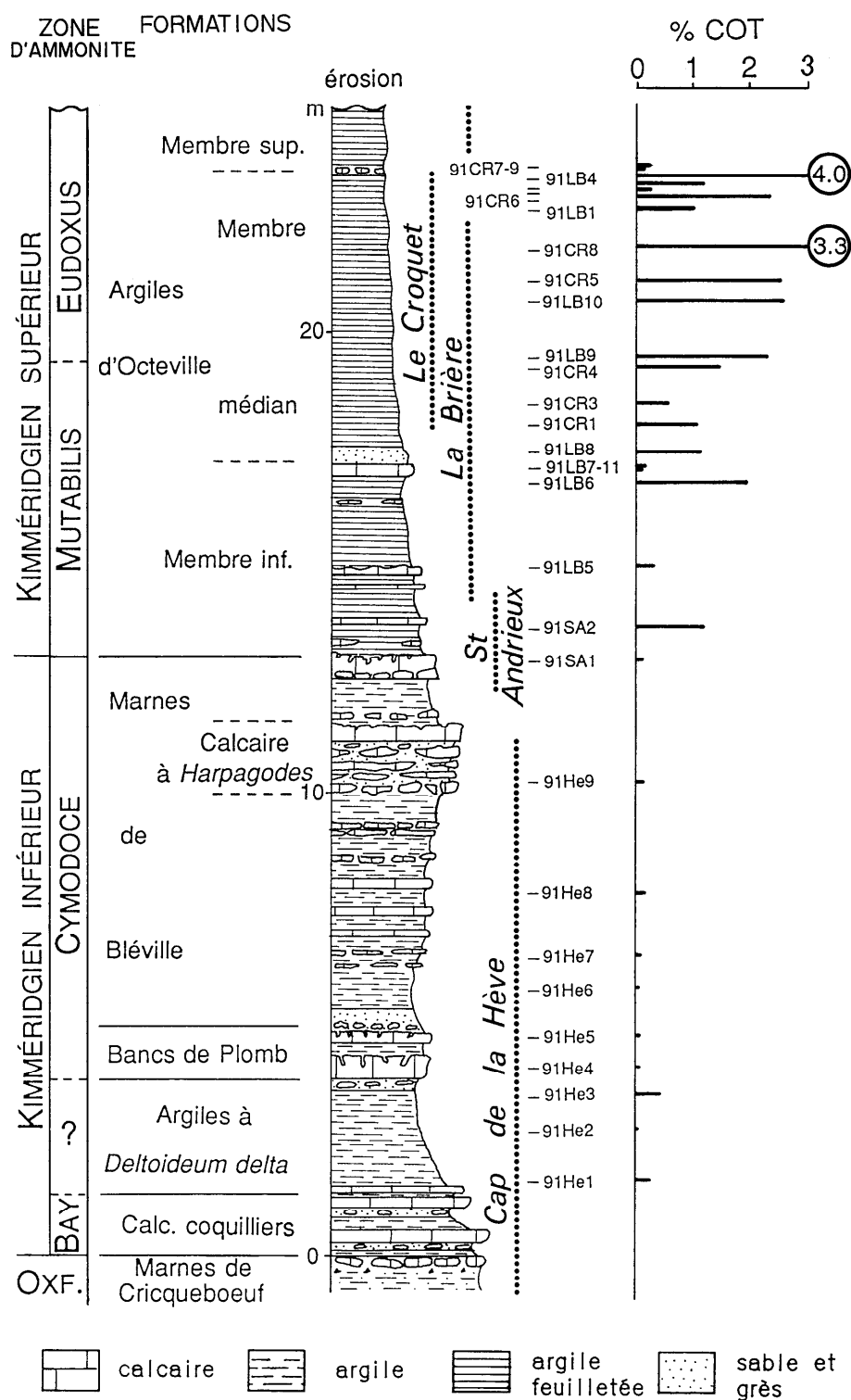


Fig. 2. - Coupe synthétique de la succession kimméridgienne de Normandie (d'après Hantzpergue, 1989), position relative des échantillons étudiés et teneurs en carbone organique total (% COT). Les concentrations supérieures à 3 % sont indiquées dans des cercles.

Fig. 2. - Synthetic column of the Kimmeridgian succession in Normandy (after Hantzpergue, 1989) showing relative positions of the samples studied and total organic carbon contents (% TOC). Concentrations greater than 3% are circled.

base de la zone à Mutabilis (*Aulacostephanoides linealis*, *Orthaspidoceras lallierianum*, *Aulacostephanoides gr. mutabilis* et *A. attenuatus*).

— Le membre médian correspond à des argiles à ammonites, débutant par un niveau lumachellique à *Aulacostephanoides* à test nacré, écrasés, appartenant aux espèces *A. eulipidus* et *A. peregrinus*. Dans ces argiles, S. Wenz *et al.*, (1987) ont décrit un poisson appartenant au genre *Caturus*. La partie moyenne livre *Orthaspidoceras orthocera* et *A. eudoxus* (zone à Eudoxus). La partie supérieure appartient toujours à la

zone à Eudoxus avec les espèces *Sutneria eumela*, *Aulacostephanus eudoxus*, *Aspidoceras longispinum* et *A. caletanum*, avec leur aptychus : *Laevaptychus latus*. Cette séquence se termine par un niveau à *Trigonia* et *Gervillella*, sous un cordon à débris phosphatés.

— Le membre terminal est constitué d'argiles sombres à la base passant à des argiles grises au sommet, plus riches en débris de lignite. Ces niveaux livrent de petits *Amoeboceras* et *Aulacostephanus gr. contejeani*. On y trouve également des restes de vertébrés, comme par exemple un Actinoptérygien du genre *Belonostomus*

Ech.	COT	T <sub>max</sub>	S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	IH	IO
91He1	0,27	433	0,04	0,14	50	557
91He2	0,00	-	-	0,00	-	-
91He3	0,44	420	0,04	0,22	48	425
91He4	0,00	-	-	0,01	-	-
91He5bc	0,00	-	-	0,01	-	-
91He5ter	0,00	-	-	0,01	-	-
91He6	0,00	-	-	0,00	-	-
91He7	0,08	-	-	0,06	80	473
91He8	0,19	418	-	0,09	46	259
91He9	0,15	-	0,07	0,20	130	91
91SA1	0,10	-	0,06	0,03	31	11
91SA2	1,19	423	0,11	1,08	91	19
91CR1	1,10	419	0,16	0,77	70	59
91CR3	0,62	409	0,06	0,28	45	43
91CR4	1,55	426	0,12	2,84	183	25
91CR5	2,58	420	0,16	7,30	283	23
91CR6	0,36	410	0,06	0,12	33	46
91CR7	0,15	-	0,02	0,04	27	-
91CR8	3,25	426	0,23	11,12	342	40
91CR9	0,28	421	0,02	0,12	41	70
91LB1	1,05	424	0,05	1,35	129	34
91LB2	2,81	424	0,17	9,01	321	30
91LB3	1,21	425	0,05	1,79	148	36
91LB4	4,04	422	0,35	17,64	439	31
91LB5	0,32	420	0,02	0,16	51	106
91LB6	1,93	425	0,11	4,72	245	33
91LB7	0,18	-	0,01	0,11	58	61
91LB8	1,13	426	0,06	2,26	201	40
91LB9	2,35	424	0,16	7,60	324	33
91LB10	2,65	425	0,14	7,49	283	32
91LB11	0,15	-	0,03	0,09	58	103

Tabl. I. - Résultats des pyrolyses rock-eval des échantillons du Kimméridgien de Normandie. COT : carbone organique total en % de poids, Tmax : température maximale de pyrolyse en °C, S<sub>1</sub> : hydrocarbures libres et S<sub>2</sub> : hydrocarbures pyrolysables en mg HC/g de roche, IH : indice d'hydrogène en mg HC/g COT, IO : indice d'oxygène en mg CO<sub>2</sub>/g COT.

Tabl. I. - Results of Rock-Eval pyrolysis on samples from the Kimmeridgian in Normandy. COT: (TOC) total organic carbon in wt. %. Tmax: maximum pyrolysis temperatures in °C. S<sub>1</sub>: free hydrocarbons. S<sub>2</sub>: pyrolysable hydrocarbons in mg HC/g of rock. IH: hydrogen index in mg HC/g TOC. IO: oxygen index in mg CO<sub>2</sub>/g TOC.

(Dumontet et Wenz, 1979), des écailles de poissons, d'assez nombreux ostracodes, une algue dasycladale (*Goniolina hemispherica*) et des brachiopodes inarticulés (*Lingula ovalis*, *Discina latissima*) caractéristiques de la Kimmeridge Clay.

La dernière zone du Kimméridgien (zone à *Autisiodorensis*) n'est pas connue dans les falaises de Normandie du fait de l'érosion anté-aptienne.

## Résultats des analyses rock-eval

Trente et un échantillons ont été analysés par pyrolyse rock-eval (Espitalié *et al.*, 1985-1986). Cette méthode est fondée sur la détection sélective des composés hydrocarbonés et oxygénés provenant de la combustion d'une petite quantité de roche broyée. Cette technique fournit plusieurs paramètres parmi lesquels : la quantité d'hydrocarbures libres dans l'échantillon (S<sub>1</sub>) ainsi que la quantité d'hydrocarbures (S<sub>2</sub>) qui

pourraient être formés au cours d'une évolution ultérieure. La somme S<sub>1</sub> + S<sub>2</sub> correspond au potentiel pétrolier de la roche. Deux paramètres appelés indice d'hydrogène et indice d'oxygène, notés respectivement IH et IO, peuvent être corrélés avec le rapport atomique H/C et O/C de la matière organique. Ces paramètres permettent d'apprécier l'origine de la matière organique ; celle d'origine marine présente des IH plus élevés que celle d'origine continentale. Un dernier paramètre, la température atteinte au sommet du pic de pyrolyse (Tmax), est à rattacher à l'état d'évolution thermique de la matière organique. Généralement la zone de diagenèse (réflectance de la vitrine < 0,5 %), qui précède la zone principale de formation de l'huile, correspond à des températures de l'ordre de 400-435 °C. Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau I.

Les teneurs en Carbone Organique Total (% COT) varient entre 0 et 4 % (fig. 2). Les Argiles à *Deltoideum delta*, les Bancs de Plomb et les Marnes de Bléville sont pratiquement dépourvus de matière organique. Les teneurs en COT n'y dépassent pas 0,44 %. Les plus fortes concentrations en carbone sont enregistrées dans les Argiles d'Octeville avec des valeurs de COT atteignant 4 % dans la zone à Eudoxus.

Les niveaux argileux des zones à Mutabilis et Eudoxus montrent des IH fluctuant entre 180 et 440 (fig. 3) ce qui suggère une origine mixte — marine et continentale —, du matériel organique. L'échantillon 91LB4 qui présente le plus fort IH (440) contiendrait principalement une matière organique d'origine marine. Les rares niveaux carbonatés du Kimméridgien supérieur ainsi que l'ensemble des échantillons du Kimméridgien inférieur renferment une matière organique altérée (fig. 3).

Les valeurs de température maximale de pyrolyse (Tmax) sont en moyenne de 422 °C ce qui indique une faible évolution thermique de la matière organique (fig. 3). D'un point de vue pétrolier, ces argiles sont immatures, c'est-à-dire qu'elles n'ont pas encore produit d'hydrocarbures.

L'échantillon présentant le plus fort pourcentage de carbone organique (91LB4) a été analysé par chromatographie au moyen d'un Geofina Hydrocarbon Meter. Cette technique fournit, dans un premier temps, un pyrogramme comparable à celui du rock-eval, suivi d'une analyse chromatographique des pics S<sub>1</sub> et S<sub>2</sub>, c'est-à-dire la séparation par nombre de carbone des composés hydrocarbonés constitutifs de ces deux fractions. La lecture qualitative et quantitative des chromatogrammes permet une détermination de l'origine de la matière organique. Celle dérivant d'une biomasse marine se distingue généralement par une distribution chromatographique de C<sub>5</sub> à C<sub>30</sub>, et par une forte concentration des hydrocarbures supérieurs à C<sub>11</sub>, tandis que les charbons sont caractérisés par la prédominance d'hydrocarbures à chaîne courte (C<sub>1</sub> à C<sub>4</sub>), une décroissance rapide après C<sub>12</sub> et par l'abondance des composés aromatiques (Whelan *et al.*, 1980 ; Dembicki *et al.*, 1983). Les résultats de cette analyse (fig. 4) montrent une distribution décroissante des doublets alcane-alcène de C<sub>6</sub> à C<sub>25</sub>, ainsi que la présence de composés aromatiques (xylène en particulier), caractéristiques d'une matière organique d'origine marine.

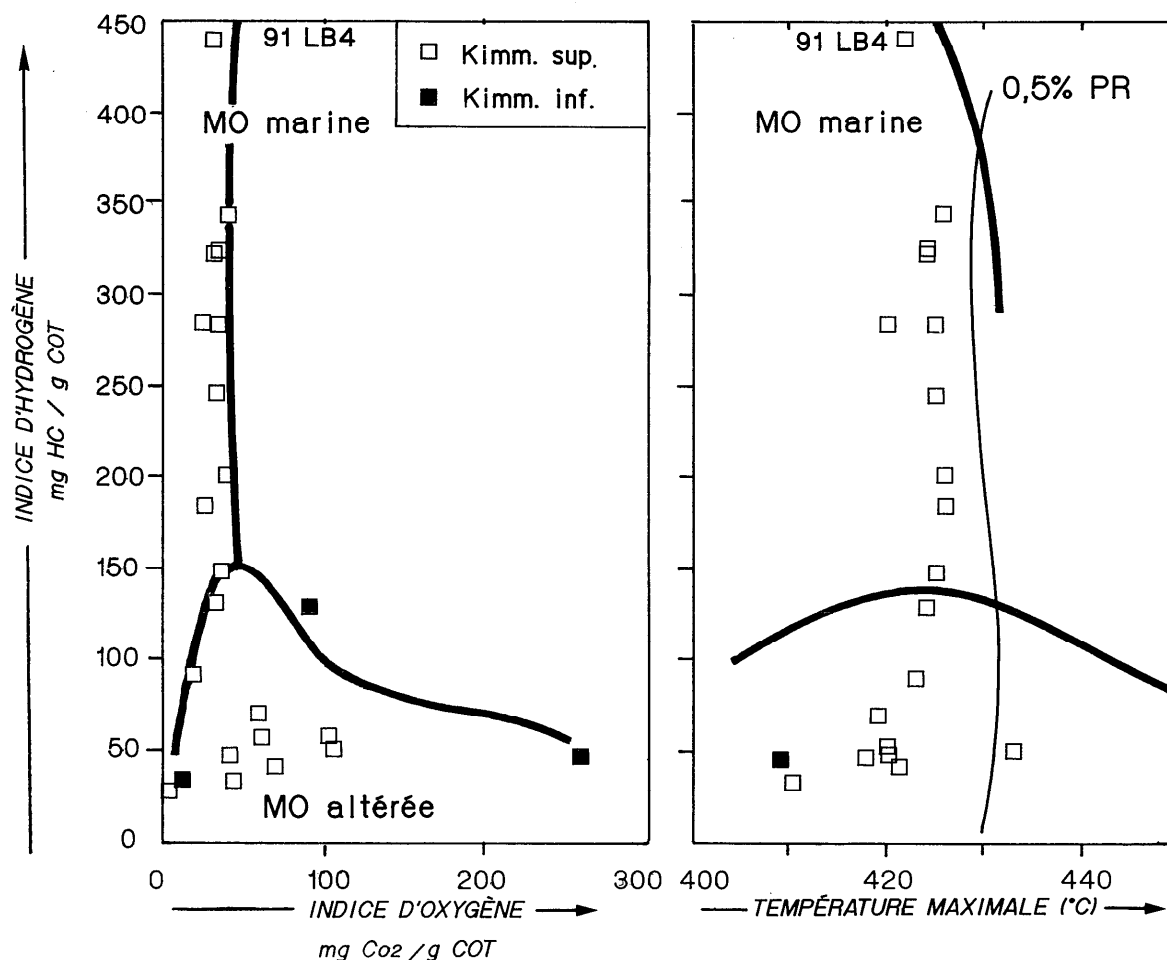


Fig. 3. - Diagrammes IH-IO et IH-Tmax des échantillons kimméridgiens de Normandie. Les échantillons pauvres en carbone contiennent une matière organique altérée. Une tendance de plus en plus marine s'exprime lorsque les teneurs en COT augmentent. La répartition des températures maximales de pyrolyse (Tmax) indique une matière organique immature d'un point de vue pétrolier. La courbe 0,5 % d'isoreflectance de la vitrinite est placée pour comparaison d'après les données de J. Espitalié *et al.* (1985-86).

Fig. 3. - IH-IO and IH-Tmax diagrams of the Kimmeridgian samples from Normandy. The carbon-poor samples contain altered organic matter. Increasing marine influence is indicated by increasing TOC concentrations. The distribution of maximum pyrolysis temperatures (Tmax) indicates an immature organic matter with respect to petroleum generation. The 0.5% isoreflectance line for vitrinite is shown for comparison (data from J. Espitalié *et al.*, 1985-86).

## Discussion

La quantité et la qualité de la matière organique, dans un sédiment donné, dépendent des influences combinées de la productivité organique, des dégradations biochimiques du carbone organique et des processus sédimentaires. Une forte productivité planctonique associée à une faible dégradation et à un taux de sédimentation élevé sont des conditions nécessaires, mais pas toujours suffisantes, à l'existence de couches riches en matière organique. Il est clair que le premier facteur dont dépend la concentration en carbone du sédiment est la productivité organique. De nombreux auteurs, parmi lesquels R. Pelet (1985) et S.E. Calvert (1987) ont montré que la distribution des concentrations en carbone organique dans les sédiments marins actuels coïncide avec les zones de haute productivité. Cependant une forte productivité n'est pas le garant d'une préservation de grande quantité de matière organique

dans les sédiments. Plusieurs auteurs ont insisté sur le contrôle exercé par l'intensité des dégradations bactériennes sur la conservation de la matière organique (Demaison et Moore, 1980 ; Tissot et Welte, 1984). L'activité microbienne et benthique décroît rapidement dans la colonne sédimentaire et son extension verticale dépend des limitations à la diffusion de l'oxygène ( $O_2$ ) et des sulfates ( $SO_4^{2-}$ ) dans les sédiments. Par ailleurs, le taux de sédimentation a aussi un effet critique dans la conservation de la matière organique car il contrôle la vitesse de passage des particules sédimentaires à travers les zones de dégradation de la matière organique. On sait également (Müller et Suess, 1979) que le contenu en carbone organique des sédiments récents augmente quantitativement avec le taux de sédimentation. Une relation équivalente entre taux de sédimentation et % COT a été reconnue dans les séries anciennes (Ibach, 1982).

Peut-on estimer les facteurs qui ont influencé la préservation du carbone organique dans les formations kimméridgiennes de Normandie ?

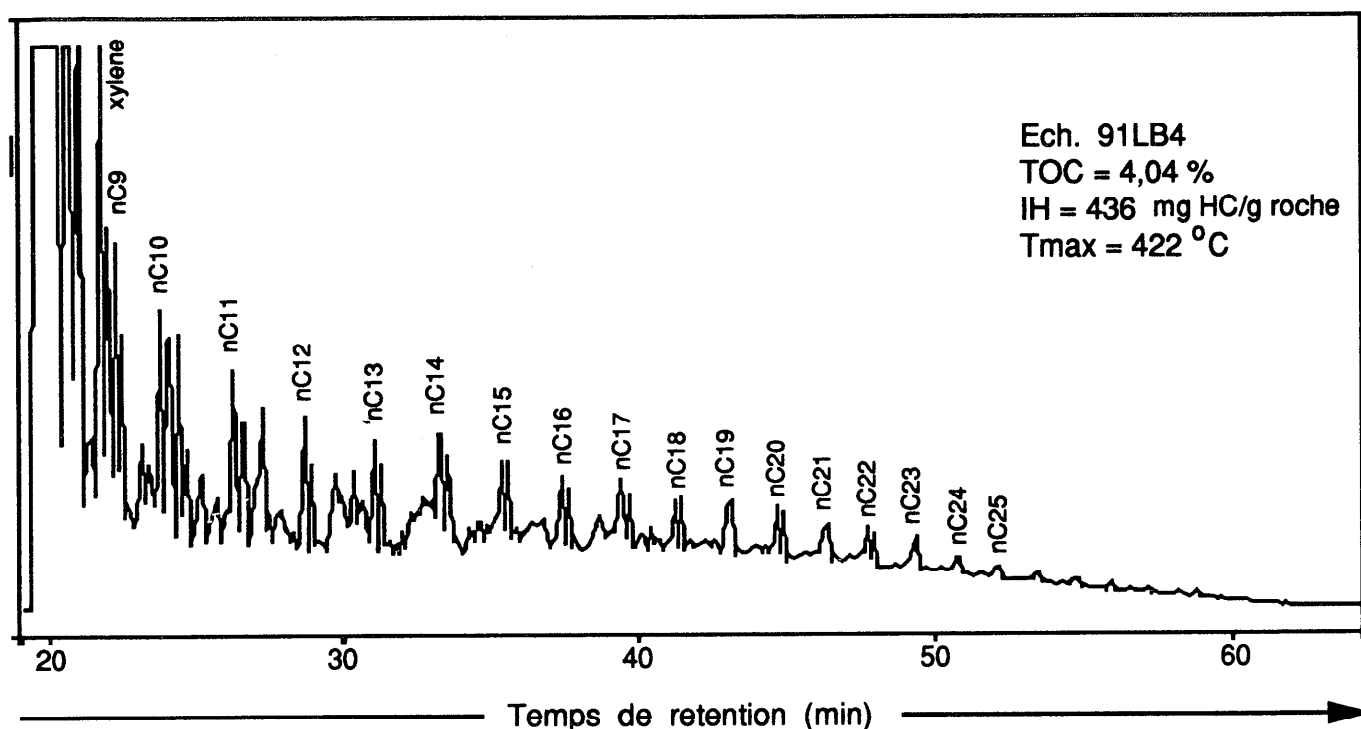


Fig. 4. - Chromatographie des gaz de pyrolyse de l'échantillon 91LB4. La répartition décroissante des doublets alcane-alcène est caractéristique d'une matière organique d'origine marine.

Fig. 4. - Pyrolysis gas chromatography of Sample 91LB4. The decreasing frequency of paraffin-olefin doublets is characteristic of marine organic matter.

On constate tout d'abord (sans effectuer de calcul de décompaction) que l'épaisseur actuelle des dépôts du Kimméridgien inférieur est à peu près équivalente à celle des deux premières zones du Kimméridgien supérieur. Il semble donc que les taux de sédimentation n'aient pas ici une influence prépondérante sur la préservation de la matière organique. La productivité et les dégradations pourraient être les facteurs principaux.

Pendant le Kimméridgien inférieur (zones à Baylei et Cymodoce), la succession de milieux contrastés — indiquée par la variété des faciès — et les arrêts de sédimentation (hard-grounds) — marqués par des surfaces de banc taraudées et encroutées, traces des organismes fouisseurs — n'ont vraisemblablement pas favorisé la mise en place d'une anoxie dans le bassin. Ces conditions se traduisent par de très faibles concentrations en carbone organique dont les caractéristiques géochimiques révèlent une forte altération. Ceci semble le cas y compris pendant le dépôt des Argiles à *Deltoideum delta* qui correspondrait pourtant à un milieu plus abrité.

Pendant les zones à Mutabilis et Eudoxus, l'excellent état de conservation de la matière organique, déduit des valeurs des paramètres de pyrolyse, et l'absence de bioturbation, au moins dans les niveaux les plus riches en carbone, militent en faveur de l'existence de conditions anoxiques. En première hypothèse, cette déficience en oxygène proviendrait d'une augmentation relative de la profondeur d'eau pendant la sédimentation des Argiles d'Octeville comme en témoignent l'abondance des formes pélagiques et une apparente uniformité de la sédimentation. On pourrait voir dans cet approfondissement l'influence probable

de l'eustatisme ; la zone à Eudoxus étant caractérisée par un intervalle transgressif dans la courbe des variations eustatiques globales (Haq *et al.*, 1987). Cette hypothèse nécessite toutefois une confirmation par une analyse en stratigraphie séquentielle de la série kimméridgienne de Normandie. Conjointement un accroissement de la productivité organique serait alors enregistré dans les sédiments. La raréfaction du benthos serait la conséquence des effets conjugués de l'approfondissement et de l'anoxie. On ne peut exclure néanmoins, l'existence de courtes périodes d'amélioration de l'oxygénation du milieu qui se traduisent par des concentrations plus faibles en carbone organique et la réapparition des faunes benthiques. Ces périodes pourraient correspondre à des paraséquences régressives ou à des épisodes de tempêtes, déjà évoqués par C.A. Meyer (1988) pour expliquer la récurrence de lumachelle à *Nanogyra* et l'excellente conservation des ophiures dans les Argiles d'Octeville.

### Comparaison avec le Sud de l'Angleterre

Dans la région stratotypique, l'épaisseur de la série est cinq à dix fois supérieure à celle de Normandie. Pourtant l'épaisseur du Kimmeridgien inférieur *sensu gallico* est du même ordre de grandeur des deux côtés de la Manche : environ 12,5 m en Normandie contre 18 m dans le Dorset. La succession lithologique du Kimméridgien inférieur est d'ailleurs comparable même si, dans le détail, on note de petites variations. Les différences principales (d'épaisseur et de lithologie) entre les deux régions apparaissent à la base de la

zone à Mutabilis. Si la présence d'une lacune d'érosion au sommet de la série normande ne permet pas une comparaison totale, il est clair que les sédiments déposés pendant les zones à Mutabilis et à la base de la zone à Eudoxus sont beaucoup plus développés et plus carbonatés dans le Dorset qu'en Normandie.

En ce qui concerne le contenu organique, il faut souligner que la plupart des auteurs ont focalisé leurs études sur les parties médiane et supérieure de la Kimmeridge Clay ; en conséquence, la base de l'étage reste encore mal connue. Néanmoins d'après les indications de B. Cox et R. Gallois (1981), on peut reporter la distribution verticale des niveaux organiques avec une certaine précision (fig. 5). Dans le Dorset, les premiers

faciès organiques font timidement leur apparition dans la zone à Mutabilis, semblent disparaître ensuite et culminent dans le sommet de la zone à Eudoxus et à la base de la zone à Autissiodorensis. En Normandie, les premières argiles avec plus de 1 % de COT apparaissent au sein de la zone à Mutabilis et semblent se poursuivre sans interruption notable (exception faite des rares bancs carbonatés au sein des Argiles d'Octeville) dans la zone à Eudoxus. D'après nos premières analyses, les teneurs en carbone et le type de matière organique sont très comparables de part et d'autre du bassin.

## Conclusion

Alors que l'on bénéficie d'une relativement bonne connaissance du contenu organique des Kimmeridge Clay du Sud de l'Angleterre, les affleurements du Kimmeridgien de la région du Havre étaient jusqu'à présent inexplorés de ce point de vue. Cette première étude, dont les prolongements sont en cours, a permis de quantifier les teneurs en carbone organique et d'apprécier l'origine de la matière organique conservée dans les formations kimmeridgiennes de Normandie. Relativement altérée dans les marnes et calcaires du Kimmeridgien inférieur, la matière organique marine a été mieux préservée dans les Argiles d'Octeville (Kimmeridgien supérieur) où les teneurs en carbone atteignent 4 %. Il apparaît que les enrichissements en matière organique au sein de la zone à Eudoxus doivent leur origine à un approfondissement du milieu et probablement à une plus forte productivité. Ces hypothèses doivent maintenant être confirmées par une analyse séquentielle détaillée et des observations plus denses des variations du contenu organique par des méthodes optiques et géochimiques.

## Remerciements

Les analyses géochimiques ont été effectuées à l'Institut français du Pétrole. Nous remercions P. Hantzpergue et G. Gorin de leurs remarques et suggestions lors de la lecture du manuscrit.

## Références bibliographiques

- BAUDIN F., CECCA F., FOURCADE E., AZEMA J. (1992). - Faciès organiques et paléoenvironnements du Kimmeridgien inférieur de la Téthys. *C.R. Acad. Sci. Fr.*, **314**, 2, pp. 373-379.
- DOLLEU A. (1863). - Essai d'une révision paléontologique de la faune kimmeridgienne du Cap de la Hève. *Imprimerie Savy*, Paris, 102 p.
- CALVERT S.E. (1987). - Oceanographic controls on the accumulation of organic matter in marine sediments. *Geol. Soc. Spec. Publ.*, London, **26**, pp. 137-151.
- COX B.M., GALLOIS R.W. (1981). - The stratigraphy of the Kimmeridge Clay of the Dorset type area and its correlation with some other Kimmeridgian sequences. *Institute Geol. Sci. Report*, Londres, **80/4**, 44 p.
- DEMAISON G.J., MOORE G.T. (1980). - Anoxic environments and oil source bed genesis. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, Tulsa, **64**, 8, pp. 1179-1209.
- DEMBICKI H., HORSFIELD B., HO T.T.Y. (1983). - Source rock evaluation by pyrolysis gas chromatography. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, Tulsa, **67**, 7, pp. 1094-1103.

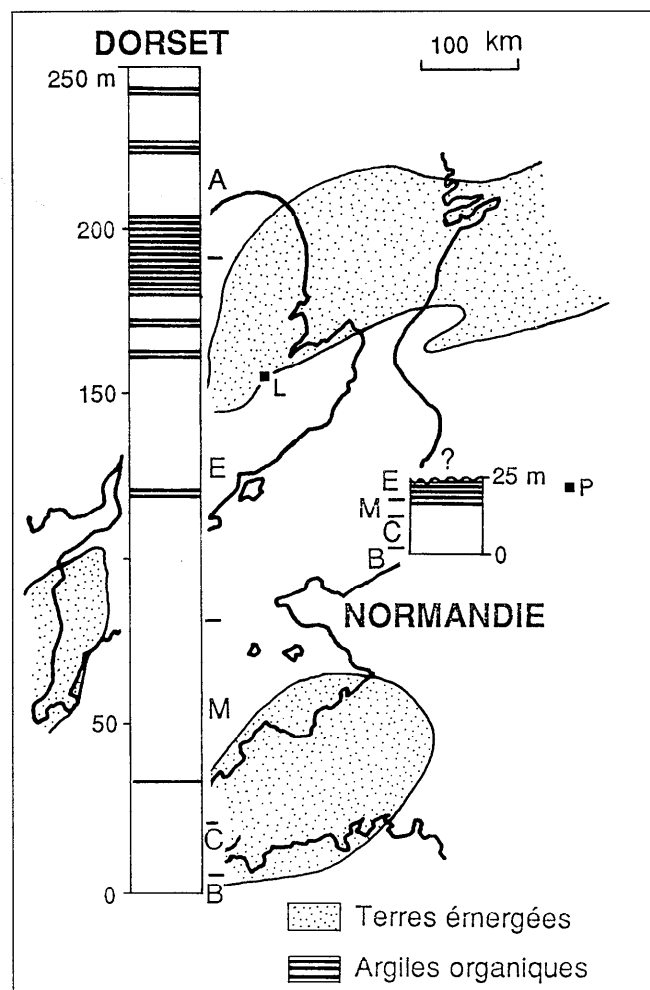


Fig. 5. - Paléogéographie simplifiée de la Manche au Kimméridgien (d'après Ziegler, 1990) et répartition verticale des principaux niveaux d'argiles riches en matière organique dans le Dorset et en Normandie. La colonne schématique du Dorset est établie d'après les données de B.M. Cox et R.W. Gallois (1981). Les corrélations des zones d'ammonites sont tirées de P. Hantzpergue (1989) : zones à Baylei (B), à Cymodoce (C), à Mutabilis (M) à Eudoxus (E) et à Autissiodorensis (A).

Fig. 5. - Simplified palaeogeography of the English Channel during the Kimmeridgian (after Ziegler, 1990) and vertical distribution of the main organic-rich clay beds in Dorset and Normandy. The schematic column for Dorset was drawn up from the data of B. M. Cox and R. W. Gallois (1981). Correlations of the ammonite zones are taken from P. Hantzpergue (1989) : Baylei (B), Cymodoce (C), Mutabilis (M), Eudoxus (E) and Autissiodorensis (A) zones.

- DUMONTET J.-C., WENZ S. (1979). - Présence du genre *Belonostomus* (Actinoptérygien, Aspidorhynchidae) dans le Kimméridgien du Havre. *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis du Muséum du Havre*, Le Havre, 66, 4, pp. 93-96.
- EBUKANSON E.J., KINGHORN R.R.F. (1985). - Kerogen facies in the major Jurassic mudrock formations of southern England and the implication on depositional environments of their precursors. *J. Petrol. Geol.*, Guilford, 8, 4, pp. 435-462.
- ESPITALIE J., DEROO G., MARQUIS F. (1985-86). - La pyrolyse Rock-Eval et ses applications. *Rev. Inst. Fr. Pétrole*, Paris, 40/5, pp. 563-579, 40/6, pp. 755-784 et 41/1, pp. 73-89.
- FARRIMOND P., COMET P., EGLINGTON G., EVERSLED R.P., HALL M.A., PARK D.W., WARDROPER A.M.K. (1984). - Organic geochemical study of the Upper Kimmeridge Clay of the Dorset type area. *Marine Petrol. Geol.*, Guilford, 1, pp. 340-354.
- FILLIOL A., FILLIOL M. (1976). - Découverte d'ossements, d'écailles et de dents de poisson (*Lepidotes* sp.) dans le Kimméridgien supérieur d'Octeville, Normandie. *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis du Muséum du Havre*, Le Havre, 63, 1, pp. 45-48.
- GALTON P., BOINE G. (1980). - A stegosaurian dinosaur femur from the Kimmeridgian beds (Upper Jurassic) of Cap de la Hève, Normandy. *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis du Muséum du Havre*, Le Havre, 67, 4, pp. 31-35.
- GUYADER J. (1968). - Le Jurassique supérieur de la Baie de Seine : étude stratigraphique et micropaléontologique. *Thèse Fac. Sci.*, Paris, 268 p.
- HANTZPERGUE P. (1989). - Les ammonites kimméridgiennes du haut-fond d'Europe occidentale : biochronologie, systématique, évolution, paléobiogéographie. *Cahiers de Paléontologie*, Paris, 428 p.
- HAQ B.U., HARDENBOL J., VAIL P.R. (1987). - Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, Washington, **235**, pp. 1156-1167.
- IBACH L.E.J. (1982). - Relationship between sedimentation rate and total organic carbon content in ancient marine sediments. *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, Tulsa, 66, 2, pp. 170-188.
- LENNIER G. (1867). - Études géologiques et paléontologiques sur l'embouchure de la Seine et les falaises de Haute-Normandie. Imprimerie Costey, Le Havre, 245 p.
- MEYER C.A. (1988). - Paléoécologie d'une communauté d'Ophiures du Kimméridgien supérieur de la région havraise (Seine-Maritime). *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis du Muséum du Havre*, Le Havre, 75, 2, pp. 25-35.
- MULLER P.J., SUESS E. (1979). - Productivity, sedimentation rate and sedimentary organic matter in the oceans. *Deep Sea Research*, Oxford, 26A, pp. 1347-1362.
- MYERS K.J., WIGNALL P.B. (1987). - Understanding Jurassic organic-rich mudrocks. New concepts using gamma-ray spectrometry and palaeoecology. In J.K. Legget & G.G. Zuffa, *Marine clastic sedimentology*. *Graham & Trotman*, Londres, pp. 172-189.
- PELET R. (1985). - Sédimentation et évolution géologique de la matière organique. *Bull. Soc. Géol. Fr.*, Paris, 8, 1, 7, pp. 1075-1086.
- RIOULT M. (1958). - Sur le Kimméridgien de Normandie. *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis du Muséum du Havre*, Le Havre, 48, pp. 12-15.
- RIOULT M. (1961). - Problème sur la géologie havraise. *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis du Muséum du Havre*, Le Havre, 51, pp. 32-48.
- RIOULT M., FILY G. (1975). - Les unités stratigraphiques et les discontinuités sédimentaires dans le Jurassique de Normandie. IX<sup>e</sup> Congr. Intern. Sédim., Nice, Thème 5, 2, pp. 354-358.
- SCOTCHMAN I.C. (1991). - Kerogen facies and maturity of the Kimmeridge Clay Formation of southern and eastern England. *Marine Petrol. Geol.*, 8, pp. 278-295.
- TISSOT B., WELTE D.H. (1984). - Petroleum formation and occurrence. Springer-Verlag 2d edition, Berlin, 699 p.
- TORNQUIST (1896). - Die degeneierten Perisphincten des Kimmeridge von Le Havre. *Abh. schweiz. Paläont. Ges.*, Zurich, 23, pp. 1-23.
- WHELAN J.K., HUNT J., HUC A.Y. (1980). - Application of thermal distillation-pyrolysis to petroleum source-rock studies and marine pollution. *J. analytical applied pyrolysis*, 2, pp. 79-96.
- WENZ S., BRETON G., LEPAGE G. (1987). - Présence du genre *Caturus* (Pisces, Actinopterygii, Caturidae) dans le Kimméridgien supérieur des environs du Havre (Normandie, France). *Bull. Soc. Géol. Normandie et Amis du Muséum du Havre*, Le Havre, 74, 1, pp. 21-27.
- ZIEGLER P.A. (1990). - Geological Atlas of Western and Central Europe. *Shell International Petroleum Maatschappij*, Amsterdam, 238 p.



# MÉMOIRES DU BRGM

- N° 1 — A. CHERMETTE — **Les ressources de la France en spath-fluor.** 1 vol., 56 p., 16 fig. (1960) (épuisé).
- N° 2 — J. FABRE — **Contribution à l'étude de la zone houillère en Maurienne et en Tarentaise (Alpes de Savoie).** 1 vol., 315 p., 38 fig., 26 pl., 8 dpl. h.-t., 10 pl. h.-t., 1 carte coul. en annexe (1961) - 150 F.
- N° 3 — M. ARNOULD — **Étude géologique des migmatites et des granites précambriens du Nord-Est de la Côte-d'Ivoire et de la Haute-Volta méridionale.** 1 vol., 175 p., 44 fig., 12 pl. (1961) - 150 F.
- N° 4 — « Colloque » sur le Lias français. 1 vol., 141 p., 11 fig., 12 pl. (1961) - 450 F.
- N° 5 — L. RENAUD — **Le Précambrien du Sud-Ouest de la Mauritanie et du Sénégal oriental.** 1 vol., 141 p., 11 fig., 12 pl. (1961) - 150 F.
- N° 6 — R. FEYS — **Étude géologique du Carbonifère briançonnais (Hautes-Alpes).** 1 vol., 387 p., 165 fig., 29 pl. h.-t., 1 schéma dpl. h.-t., 8 pl. photo h.-t. (1963) - 200 F.
- N° 7 — P. ÉLOUARD — **Étude géologique et hydrogéologique du Guebla mauritanien et de la vallée du Sénégal.** 1 vol., 252 p., 31 fig., 28 pl. h.-t., 8 pl. photo h.-t. (1962) - 200 F.
- N° 8 — J. TRICART — **Notice explicative de la carte géomorphologique du Delta du Sénégal.** 1 vol., 118 p., 4 pl., 9 pl. h.-t., 3 dpl. h.-t. coul. (1961) - 150 F.
- N° 9 — G. LIENHARDT — **Géologie du Bassin houiller stéphanien du Jura et de ses morts-terrains.** 1 vol., 449 p., 159 fig., 14 pl., 1 pl., 15 dpl. h.-t. (1962) - 200 F.
- N° 10 — J. DUCCELLIER — **Contribution à l'étude des formations cristallines et métamorphiques du centre et du Nord de la Haute-Volta.** 1 vol., 320 p., 41 fig., 3 dpl. h.-t., 2 cartes dpl. h.-t., 6 cartes dpl. h.-t. en annexe (rés. angl., port., all.) (1962) - 250 F.
- N° 11 — M. SLANSKY — **Contribution à l'étude du bassin sédimentaire côtier du Dahomey et du Togo.** 1 vol., 270 p., 91 fig., 8 pl., 1 carte coul. dpl. h.-t. (1962) - 200 F.
- N° 12 — R. DARS — **Les formations sédimentaires et les dolérites du Soudan occidental (Afrique de l'Ouest).** 1 vol., 329 p., 85 fig., 1 dpl. h.-t., 2 cartes dpl. h.-t. (1961) - 200 F.
- N° 13 — M. DEFOSSEZ — **Contribution à l'étude géologique et hydrogéologique de la boucle du Niger.** 1 vol., 174 p., 22 fig., 7 pl., 15 dpl. h.-t., 2 cartes coul. dpl. h.-t. (1963) - 200 F.
- N° 14 — G. MATHERON — **Traité de géostatistique appliquée. Tome I,** 333 p., 78 fig., 6 abaques (1962) - 200 F.
- N° 15 — « Colloque » sur le Trias de la France et des régions limitrophes. 1 vol., 742 p., nb. fig. et dpl. h.-t. (1963) - 500 F.
- N° 16 — A. LEFAVRAIS-RAYMOND — **Contribution à l'étude géologique de la Bresse d'après les sondages profonds.** 1 vol., 170 p., 50 fig., 10 pl. h.-t., 4 dpl. h.-t. (1962) - 200 F.
- N° 17 — S. FREINEIX et A. GORODISKI — **Bivalves éocènes du Sénégal.** 1 vol., 123 p., 13 pl. (1963) - 200 F.
- N° 18 — B. BESSOLES — **Géologie de la région de Bria et d'Ippy (République Centrafricaine). Contribution à l'étude de la migmatisation.** 1 vol., 205 p., 13 fig., 13 pl., 6 pl. h.-t., 1 carte coul. dpl. h.-t. (1962) - 200 F.
- N° 19 — R. DEGALLIER — **Hydrogéologie du Ferlo septentrional (Sénégal).** 1 vol., 44 p., 29 dpl. h.-t., 1 carte coul. dpl. h.-t. (1962) - 200 F.
- N° 20 — G. GUÉRIN-VILLEAUBREIL — **Hydrogéologie en Côte-d'Ivoire.** 1 vol., 43 p., 80 dpl. h.-t. (1962) - 200 F.
- N° 21 — C. GREBER — **Flore et stratigraphie du Carbonifère des Alpes françaises.** 1 vol., 380 p., 11 tabl., 37 fig., 60 pl. h.-t., 1 carte coul. dpl. h.-t. (1965) - 200 F.
- N° 22 — G. MACHAIRAS — **Métallogénie de l'or de la Guyane française.** 1 vol., 210 p., 34 fig., 1 pl. coul., 19 pl. h.-t. (1963) - 300 F.
- N° 23 — P.-M. VINCENT — **Les volcans tertiaires et quaternaires du Tibesti occidental (Sahara du Tchad).** 1 vol., 307 p., 71 fig., 23 pl. h.-t. (1963) - 300 F.
- N° 24 — G. MATHERON — **Traité de géostatistique appliquée. Tome II. Le Krigeage.** 1 vol., 171 p., 71 fig., 1 abaque, nombreux diagr., schémas et grilles (1963) - 200 F.
- N° 25 — C. MÉGNIEN — **Observations hydrogéologiques sur le Sud-Est du Bassin parisien. Les circulations aquifères dans le Jurassique et le Crétacé de l'Yonne.** 1 vol., 287 p., 77 fig. (1964) - 300 F.
- N° 26 — C. BENSE — **Les formations sédimentaires de la Mauritanie méridionale et du Mali nord-occidental (Afrique de l'Ouest).** 1 vol., 270 p., 61 fig., 20 pl. h.-t., 1 carte coul. dpl. h.-t., 2 feuilles (1961) - 300 F.
- N° 27 — M. CLIN — **Étude géologique de la haute chaîne des Pyrénées centrales entre le cirque de Troumouse et le cirque du Lys.** 1 vol., 379 p., 48 fig., 27 pl. h.-t., 1 carte coul. h.-t. (1964) - 200 F.
- N° 28 — « Colloque » sur le Paléogène. 2 vol., 1 107 p. (102 communications), nombreuses figures, 11 dpl. h.-t. (1964) - 600 F.

- N° 29 — J. BARRERE et M. SLANSKY — **Notice explicative de la carte géologique à 1/2 000 000 de l'Afrique occidentale.** 1 vol., 120 p. (1965) - 150 F.
- N° 30 — H. GRILLOT, J. BÉGUINOT, M. BOUCETTA, C. ROUQUETTE, A. SIMA — **Méthodes d'analyse quantitative appliquées aux roches et aux prélèvements de la prospection géochimique.** 1 vol., 225 p., 17 fig. (1964) - 200 F.
- N° 31 — L. CHAURIS — **Les minéralisations pneumatolytiques du Massif armoricain.** 1 vol., 218 p., 24 fig., 38 tabl., 36 pl. et cartes h.-t. (1965) - 200 F.
- N° 32 — « **Colloque international** » de micropaléontologie. 1 vol., 369 p., 47 fig., 47 pl. h.-t. (1965) - 400 F.
- N° 33 — « **Colloque** » sur le Dévonien inférieur. 1 vol., 460 p., 34 communications, 73 fig., 14 pl. photo (1967) - 500 F.
- N° 34 — « **Colloque** » sur le Crétacé inférieur. 1 vol., 840 p., nb fig. et pl. (1965) - 700 F.
- N° 35 — G. SCOLARI — **Étude géologique du Niari oriental (République du Congo) et de ses minéralisations cuivre-plomb-zinc.** 1 vol., 224 p., 33 fig., 16 tabl., 23 pl. h.-t. (1965) - 300 F.
- N° 36 — (non publié).
- N° 37 — R. GIRAUDON — **La série basique de la Rianila, le complexe gabbrosyénitique de l'Iharandahy et leur cadre géologique, sur la côte orientale de Madagascar.** 1 vol., 220 p., 24 fig. h.-t., 6 pl. h.-t. (1965) - 300 F.
- N° 38 — B. LEMAIRE — **Étude géologique de l'Île Erromango (Nouvelles-Hébrides). Métallogénie locale du manganèse.** 1 vol., 185 p., 31 fig., 8 photo. aériennes, 5 pl., 3 cartes dpl. h.-t. (1965) - 250 F.
- N° 39 — P. SOLETY — **Les gisements de fluorine de la Provence cristalline (Maures, Tanneron, Esterel).** 1 vol., 262 p., 2 fig., 12 pl., 21 cartes et schémas h.-t. (1966) - 200 F.
- N° 40 — J.-P. BASSOT — **Étude géologique du Sénégal oriental et de ses confins guinéo-maliens.** 1 vol., 332 p., 44 fig., 4 tabl., 9 pl. h.-t., 2 cartes dpl. h.-t. (1966) - 400 F.
- N° 41 — M. AUDIBERT — **Étude hydrogéologique de la nappe profonde du Sénégal « Nappe maestrichtienne ».** 1 vol., 115 p., 48 fig., 5 pl. dpl. h.-t. (1966) - 200 F.
- N° 42 — J. BARRÈRE — **Le groupe précambrien de l'Amsaga entre Atar et Akjoujt (Mauritanie). Étude d'un métamorphisme profond et de ses relations avec la migmatisation.** 1 vol., 275 p., 27 fig., 26 tabl., 11 pl. h.-t., 4 cartes dpl. h.-t. (1967) - 200 F.
- N° 43 — C. MONCIARDINI — **La sédimentation éocène au Sénégal.** 1 vol., 65 p., 9 fig., 1 pl. fotogr. h.-t., 14 pl. et 20 coupes h.-t. en annexe (1966) - 200 F.
- N° 44 — F. WITSCHARD — **Contribution à l'étude géologique, pétrographique et métallogénique des massifs granitiques du Sénégal Oriental.** 1 vol., 170 p., 31 fig., 12 pl. photos, 2 cartes h.-t. (1965) - 250 F.
- N° 45 — J. GONI — **Contribution à l'étude de la localisation et de la distribution des éléments en traces dans les minéraux et les roches granitiques.** 1 vol., 68 p., 26 tabl., 3 fig. et 18 tabl. h.-t. (1966) - 150 F.
- N° 46 — G. AUBERT — **Les coupoles granitiques de Montebraz et d'Échassières (Massif central français) et la genèse de leurs minéralisations en étain, lithium, tungstène et béryllium.** 2 vol., 345 p., 54 fig., 41 pl. photo, 37 tabl., 12 coupes et cartes h.-t. en annexe (1969) - 400 F.
- N° 47 — (non publié).
- N° 48 — (épuisé).
- N° 49 — J. DEPAGNE — **Étude hydrogéologique de la région d'Idini, en vue de l'alimentation en eau de Nouakchott (République Islamique de Mauritanie).** 1 vol., 79 p., 20 fig., 6 tabl. (1967) - 200 F.
- N° 50 — H. PALOC — **Carte hydrogéologique de la France : région karstique nord-montpelliéraine. Notice explicative.** 1 vol., 229 p., 17 fig., 9 pl. fotogr., 1 carte coul. h.-t. (1967) - 160 F.
- N° 51 — J.-R. VILLEMUR — **Reconnaissance géologique et structurale du nord du bassin de Taoudenni.** 1 vol., 172 p., 30 fig., 19 pl. h.-t. (1967) - 200 F.
- N° 52 — **Contribution de la carte gravimétrique à la géologie du Massif armoricain.** (Préface et 10 articles). 1 vol., 129 p., 22 fig., 1 carte double et 5 cartes coul. dpl. h.-t. (1967) - 200 F.
- N° 53 — R. REICHELTE — **Géologie du Gourma (Boucle du Niger).** 1 vol., 213 p., 63 fig., 1 carte h.-t. (1973) - 250 F.
- N° 54 — C. LÉVY — **Contribution à la minéralogie des sulfures de cuivre du type  $\text{Cu}_3\text{XS}_4$ .** 1 vol., 178 p., 34 fig., 42 tabl., 5 pl. fotogr., 1 pl. dpl. h.-t. (1967) - 200 F.
- N° 55 — R. LILLE — **Étude géologique du Guidimaka (Mauritanie). Essai de résolution structurale d'une série épimétamorphique.** 1 vol., 401 p., 90 fig., 22 pl., tabl. (1968) - 450 F.
- N° 56 — (épuisé).
- N° 57 — H. PÉLISSONNIER, H. MICHEL — **Les dimensions des gisements de cuivre dans le Monde. Essai de métallogénie quantitative.** 1 vol., 405 p., 90 fig., 49 tabl., 5 pl. coul. h.-t. (1972) - 450 F.

N° 58 — « **Colloque** » sur l'Éocène. Volume I : 58 communications, 742 p., nombreux tableaux et figures (1968) - 400 F.

N° 59 — « **Colloque** » sur l'Éocène. Volume II : Études lithologique, sédimentologique, géochimique, paléontologique et stratigraphique de quatre sondages effectués dans le bassin de Paris par le BRGM. 187 p., nombreuses figures et planches h.-t. (1968) - 250 F.

« **Colloque** » sur l'Éocène : la série des trois volumes sur l'Éocène, mémoires n°s 58, 59 et 69, ainsi que le **livret-guide** « excursion dans les Alpes-Maritimes et les Basses-Alpes » de J. BODELLE, R. CAMPREDON et M. LANTEAUME peuvent être vendus groupés - 900 F.

N° 60 — J.-L. MESTRAUD, B. BESSOLES — (épuisé).

N° 61 — G. DEMARCQ — **Étude stratigraphique du Miocène rhodanien**. 1 vol., 258 p., 56 fig., 4 pl. h.-t. (1970) - 200 F.

N° 62 — F. COLIN — **Étude géologique du volcanisme basaltique de l'Aubrac (Massif central français)**. 1 vol., 250 p., 155 fig., 1 carte géol. h.-t., 9 pl. ph. (1970) - 300 F.

N° 63 — G. GUITARD — **Le métamorphisme progressif mésozonal et les gneiss œillés du massif du Canigou (Pyrénées-Orientales)**. 1 vol., 354 p., 167 fig., 16 pl. photo, 1 carte coul. h.-t. (1970) - 200 F.

N° 64 — J. GROLIER — **Contribution à l'étude géologique des séries cristallophylliennes inverses du Massif central français : la série de la Sioule**. 1 vol., 163 p., 92 fig., 8 pl., 7 cartes h.-t. dont 1 en couleurs (1971) - 200 F.

N° 65 — M. GIGOUT — **Recherches sur le Quaternaire du Bas-Dauphiné et du Rhône moyen**. 1 vol., 91 p., 19 fig., 1 carte coul. h.-t. (1969) - 200 F.

N° 66 — G. ROGER — **Étude géologique de la Cézarenque et du Sud du Mont Lozère**. 1 vol., 88 p., 8 pl. photo, 3 cartes coul. h.-t. (1969) - 200 F.

N° 67 — P. GY — (épuisé).

N° 68 — P. COTILLON — **Le Crétacé inférieur de l'arc subalpin de Castellane entre l'Asse et le Var. Stratigraphie et sédimentologie**. 1 vol., 320 p., 105 fig., 8 pl. photo. (1971) - 200 F.

N° 69 — « **Colloque** » sur l'Éocène. Volume III : ce volume contient les monographies régionales, les rapports des coordonnateurs, les comptes rendus des réunions et les résolutions. 1 vol., 478 p., nombreuses figures et planches h.-t. (1969) - 400 F.

N° 70 — P. DADET — **Notice explicative de la carte géologique du Congo**. 1 vol., 100 p., 1 carte h.-t. (1979) - 250 F.

N° 71 — J. GUIGUES et P. DEVISMES — (épuisé).

N° 72 — H. HUDELEY — (épuisé).

N° 73 — « **Colloque** » Ordovicien-Silurien, Brest, septembre 1971. 1 vol., 462 p., 90 fig., 25 pl. fotogr. (1971) - 350 F.

N° 74 — L. CHAURIS et J. GUIGUES — **Gîtes minéraux de la France. Volume I : Massif armoricain**. Notices explicatives régionales des feuilles de la carte à 1/320 000. 96 p., 8 cartes h.-t. (1969) - 200 F.

N° 75 — **Colloque international du Jurassique** (1967). 1 vol., 757 p., 114 fig., 46 tabl., 9 dpl. h.-t. - 450 F.

N° 76 — **Congrès national d'hydrogéologie** (épuisé).

N° 77 — **Colloque sur les méthodes et tendances de la stratigraphie** (Orsay, sept. 1970). 2 vol., 1 050 p., 97 comm. (1972) - 500 F.

N° 78 — **Colloque sur le Néogène méditerranéen (Lyon, sept. 1971)**. 2 tomes, 878 p., nb. fig. (1974). Le volume II comprend le texte des 120 communications en français, allemand et espagnol - 450 F.

Le volume I des C.R. de ce Colloque est un numéro spécial des Docum. labo. géol. Fac. Sci. Lyon intitulé « Le Néogène rhodanien », 243 p., 11 communications (1973) - 500 F.

N° 79 — **Colloque sur la géologie de la Manche**. Coédition CNEXO-BRGM. 1 vol., 328 p., 170 fig., 6 dpl., 8 pl. photo (1972) - 400 F.

N° 80 — A. PAPON — **Géologie et minéralisation du Sud-Ouest de la Côte-d'Ivoire. Synthèse des travaux de l'opération Sasca 1962-1968**. 1 vol., 286 p., 88 tabl., 52 fig., 1 carte coul. h.-t. (1973) - 300 F.

N° 81 — B. CHOUBERT — **Le Précambrien des Guyanes**. 1 vol., 213 p., 39 fig., 4 pl., 6 dpl. (1974) - 300 F.

N° 82 — E. MACHENS — **Contribution à l'étude des formations du socle cristallin et de la couverture de l'Ouest du Niger**. 1 vol., 143 p., 17 fig., 11 pl. photo (1973) - 250 F.

N° 83 — M.-G. BARDET — **Géologie du diamant**. Ouvrage de synthèse faisant un bilan très complet des connaissances actuelles. L'auteur a participé à de nombreuses recherches de diamant en Afrique, à Madagascar et au Brésil et a étudié les travaux des géologues sud-africains et soviétiques. 1<sup>re</sup> partie. Généralités. 235 p., 18 fig., 3 pl. (1973) - 300 F.

- N° 83 — M.-G. BARDET — **Géologie du diamant.** 2<sup>e</sup> partie. Gisements africains. *1 vol., 226 p., nb. fig.* (1974) - **300 F.**
- N° 83 — M.-G. BARDET — **Géologie du diamant.** 3<sup>e</sup> partie. Gisements de diamants d'Asie, d'Amérique, d'Europe et d'Australie. *1 vol., 169 p., nb. fig.* (1977) - **300 F.**
- N° 84 — J.-C. CHIRON — **Étude géologique de la chaîne des Mauritanides entre le parallèle de Moudjéria et le fleuve Sénégal (Mauritanie).** *1 vol., 281 p., 132 fig., 17 pl., 1 dpl.* (1974) - **300 F.**
- N° 85 — L. BURNOL — **Géochimie du béryllium et types de concentration dans les leucogranites du Massif central français.** *2 vol., 168 p., 78 fig., 10 pl., 34 dpl.* (1974) - **300 F.**
- N° 86 — **Colloque sur la limite Jurassique-Crétacé.** *1 vol., 393 p.* (1975) - **400 F.**
- N° 87 — P. FLUCK, R. WEIL, W. WIMMENAUER et al. — **Géologie des gîtes minéraux des Vosges et des régions limitrophes. Corrélations métallogéniques Vosges - Forêt Noire.** *1 vol., 192 p., 8 pl. annexes dont une carte des gîtes minéraux couleurs h.-t. à 1/400 000* (1976) - **250 F.**
- N° 88 — B. BESSOLES — **Géologie de l'Afrique**, vol. 1. **Craton de l'Ouest africain.** *1 vol., 402 p., 114 fig., 26 tabl.* (1977) - **350 F.**
- N° 89 — **Second symposium international sur les coraux et récifs coralliens fossiles.** *1 vol., 542 p., nb. fig. et pl.* (1977). Publié avec le concours du CNRS. Texte intégral des 55 communications du symposium qui s'est tenu à Paris en septembre 1975. Les communications sont partie en français, partie en anglais - **400 F.**
- N° 90 — P. PICOT et Z. JOHAN — **Atlas des minéraux métalliques** (disponible en anglais seulement) - **400 F.**
- N° 91 — **Sciences de la Terre et mesures. Évolution critique des données et résultats (Colloque scientifique en hommage au Professeur GOGUEL, les 4-5-6 mai 1977).** *491 p., nb. illustrations* (1978) - **350 F.**
- N° 92 — B. BESSOLES — **Géologie de l'Afrique**, vol. 2. **La chaîne panafricaine, zone mobile d'Afrique centrale et zone mobile soudanaise.** *398 p., 121 fig.* (1980) - **350 F.**
- N° 93 — **Bibliographie hydrogéologique de la France** (1968-1977). *1 vol., 97 p.* (1977) - **100 F.**
- N° 94 — **La ceinture sud-ibérique à amas sulfurés dans sa partie espagnole médiane.** Sous la coordination de P. ROUTHIER. *1 vol., 265 p., 71 fig., 32 photos, 26 tabl., 6 pl. h.-t.* (1978) - **250 F.**
- N° 95 — P. DEVISMES — **Atlas photographique des minéraux d'alluvions. Photographical atlas of detrital minerals.** *1 vol., 208 p., 641 photographies en couleurs* (1978) - **650 F.**
- N° 96 — **Les tremblements de terre en France.** Ouvrage collectif publié sous la direction de J. VOGT. *248 p., 12 pl. photos, une carte coul. 40 x 50 cm* (1980) - **150 F.**
- N° 97 — **Facteurs contrôlant les minéralisations sulfurées de nickel**, sous la coordination de M. BESSON. *1 vol., 281 p., 136 fig., 3 planches photos* (1979) - **300 F.**
- N° 98 — C. MÉGNIEN — **Hydrogéologie du centre du bassin de Paris.** *1 vol., 532 p., 270 fig.* (1979) - **350 F.**
- N° 99 — **Minéralisations liées aux granitoïdes. Porphyres cuprifères dans leur contexte magmatique. Genèse des skarns à tungstène dans les Pyrénées.** Sous la coordination de Z. JOHAN. *1 vol., 326 p., 158 fig., 32 tabl.* (1980) - **300 F.**
- N° 100 — J.-P. LAJOINIE et P. LAVILLE — **Les formations bauxitiques du Languedoc et de la Provence.** *1 vol., 146 p., 6 cartes en pochette dont 4 en couleurs, 11 fig., 16 tabl.* (1980) - **350 F.**
- N° 101 — **Synthèse géologique du bassin de Paris**, vol. 1. **Stratigraphie et paléogéographie**, sous la coordination de C. MÉGNIEN, avec la collaboration de F. MÉGNIEN. *468 p., nb. croquis* (1980) - **400 F.**
- N° 102 — **Synthèse géologique du bassin de Paris**, vol. 2. **Atlas**, sous la coordination de C. MÉGNIEN et S. DEBRAND-PASSARD (1980), 54 planches couleurs, format 29,7 x 42 cm - **1 000 F.**
- N° 103 — **Synthèse géologique du bassin de Paris**, vol. 3. **Lexique des noms de formation**, sous la coordination de F. MÉGNIEN. *496 p.* (1980) - **300 F.**
- N° 101-102-103 — **Synthèse géologique du bassin de Paris**, en trois volumes, sous la coordination de C. MÉGNIEN, avec la collaboration de F. MÉGNIEN et S. DEBRAND-PASSARD. Prix pour l'achat des trois Mémoires, 101, 102 et 103 groupés - **1 200 F.**
- N° 104 — **Les paléosurfaces et leur métallogenèse.** Sous la coordination de J.-C. SAMAMA. *1 vol., 410 p., 104 fig., 48 tabl., 59 planches photos* (1980) - **350 F.**
- N° 105 — P. ROUTHIER — **Où sont les métaux pour l'avenir ? Les provinces métallogéniques. Essai de métallogénie globale.** *1 vol., 410 p., 97 fig. dont 6 en coul.* (1980) - **350 F.**
- N° 106 — **Mineral resources/Ressources minérales.** *1 vol., 165 p., 27 fig., 33 tabl.* (1980) ; sous la coordination de C. GUILLEMIN et P. LAGNY. 10 communications en anglais, 4 en français - **150 F.**
- N° 107 — **Évolutions géologiques de la France.** *1 vol., 355 p., 177 fig.* (1980) ; sous la coordination de A. AUTRAN et J. DERCOURT - **200 F.**
- N° 108 — **Geology of Europe from Precambrian to the post Hercynian sedimentary basins/Géologie de l'Europe du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens.** *1 vol., 306 p., 100 fig.* (1980) ; sous la coordination de J. COGNE et M. SLANSKY. Coédition BRGM/Société géologique du Nord - **200 F.**

- N° 109 — **Les étages français et leurs stratotypes**, sous la coordination de C. CAVELIER et J. ROGER. 1 vol., 295 p., 94 fig., 24 tabl. (1980) - **250 F.**
- N° 110 — **Introduction à la carte tectonique de la France à 1/1 000 000** ; sous la coordination de J.-C. CHIRON. 52 p. avec une carte en deux feuilles au format 133 x 58 cm disponible pliée ou à plat (1980) - **250 F.**
- N° 111 — **Notice explicative et carte sismotectonique de la France à 1/1 000 000** ; sous la coordination de J. VOGT. 36 p., 2 fig., 1 feuille au format 135 x 115 cm disponible pliée ou à plat (1981) - **450 F.**
- N° 112 — **Gisements français**. Coordination G. ROGER et F. TOLLON (10 fascicules) - **300 F.**
- Les gisements d'Abbaretz, Saint-Renan et Montbelleux (Sn, W), Massif armoricain - **50 F.**
- Les gisements stratiformes de fluorine du Morvan. 40 p., 18 fig. - **50 F.**
- Les gisements de Chaillac : la barytine des Redoutières, la fluorine de Rossignol, Indre. 36 p., 23 fig. - **50 F.**
- Le gisement stratiforme de Largentière Pb (Ag, Zn, Sb), Ardèche. 56 p., 32 fig., 1 dpl. - **50 F.**
- Le gisement des Malines, Zn, Pb, Gard. 56 p., 14 fig., 8 pl. photos dpl., 4 p. coul. - **50 F.**
- Le gisement filonien de Noailhac-Saint-Salvy Zn (Ag, Ge, Pb, Cd), Tarn. 42 p., 20 fig., 2 h.-t. - **50 F.**
- Le district de Montredon-Labessonnié, W, Sn, F, Tarn - **50 F.**
- Le gisement stratiforme et filonien de Salsigne, Aude. 42 p., 18 fig. - **50 F.**
- Le gisement de scheelite de Salau, Ariège-Pyrénées. 40 p., 17 fig. - **50 F.**
- Le gisement de talc de Trimouns près Luzenac, Ariège-Pyrénées. 32 p., 16 fig. - **50 F.**
- N° 113 — J.-P. PARIS — **La géologie de la Nouvelle-Calédonie, un essai de synthèse**. 1 vol., 284 p., 53 fig., 25 tabl., 16 planches photos dont 4 en couleurs, une carte géologique couleur à 1/200 000 en deux coupures (1981) - **400 F.**
- N° 114 — M. SLANSKY — **Géologie des phosphates sédimentaires** (1980). 1 vol., 92 p., 33 fig., 12 pl. photos - **100 F.**
- N° 115 — **Geology of alpine chains born of the Tethys/Géologie des chaînes alpines issues de la Téthys**. 356 p., 115 fig., 11 tabl. (1980). Sous la coordination de J. AUBOUIN, J. DEBELMAS et M. LATREILLE. 26 articles en anglais, 13 en français - **200 F.**
- N° 116 — J.-J. CHATEAUNEUF — **Palynostratigraphie et paléoclimatologie de l'Éocène supérieur et de l'Oligocène du bassin de Paris**. 1 vol., 360 p., 69 fig., 31 pl. photos (1980) - **350 F.**
- N° 117 — M. DONSIMONI — **Le bassin houiller lorrain. Synthèse géologique**. 1 vol., 100 p., 21 fig., 21 tabl., 14 pl. h.-t., 1 carte en couleur (1982) - **250 F.**
- N° 118 — J.-J. BACHE — **Les gisements d'or dans le monde. Essai de typologie quantitative**. 1 vol., 102 p., 26 fig., 22 tabl. (1982) - **200 F.**
- N° 119 — S. DEBRAND-PASSARD — **Le Jurassique supérieur du Berry**. 1 vol., 228 p., 108 fig., 20 pl. photos., 7 pl. ann. (1982) - **200 F.**
- N° 120 — F. AYE — **Contrôles géologiques des gîtes stratiformes de Pb, Zn, Cu, Ag de la bordure du bassin de Châteaulin. Trois exemples types : La Porte-aux-Moines, Bodennec — Yeun Dong, Menez Albot**. 1 vol., 264 p., 171 fig., 20 tabl., 16 pl. photos, 11 pl. h.-t. - **250 F.**
- N° 121 — X. LECA — **Cadre géologique des minéralisations de Neves Corvo (Baixo-Alentejo, Portugal). Lithostratigraphie, paléogéographie et tectonique**. 1 vol., 79 p., 21 fig., 6 pl. photos, 3 cartes h.-t. (1983) - **250 F.**
- N° 122 — **Le gisement de charbon du bassin de l'Arc (Provence occidentale)**. 1 vol., 116 p., 13 communications (1983) - **150 F.**
- N° 123 — J.-F. BECQ-GIRAUDON — **Synthèse structurale et paléogéographique du bassin houiller du Nord**. 1 vol., 72 p., 17 fig., 1 tabl., 4 pl. h.-t. (1983) - **200 F.**
- N° 124 — J. DELAUNAY — **Carte des zones exposées à des glissements, écroulements, effondrements et affaissements de terrain en France à 1/1 000 000**. 1 carte accompagnée d'une notice explicative (1983) - **200 F.**
- N° 125 — **Synthèse géologique du Sud-Est de la France**. Stratigraphie et paléogéographie coordonnée par S. DEBRAND-PASSARD, S. COURBOULEIX, M.-J. LIENHARDT. 615 p., 347 fig. (1984).
- N° 126 — **Synthèse géologique du Sud-Est de la France**. Atlas, coordonné par S. DEBRAND-PASSARD, S. COURBOULEIX. 65 cartes.
- N° 125/N° 126 — **Synthèse géologique du Sud-Est de la France**, sous coffret - **1 500 F.**
- N° 127 — F. FOURNIQUET — **Géodynamique actuelle dans le Nord et le Nord-Est de la France. Apport de comparaisons de nivellement**. 1 vol., 160 p., 33 fig., 2 cartes (1987) - **200 F.**
- N° 128 — **Synthèse géologique des bassins permien français**. Ouvrage coordonné par J.-J. CHATEAUNEUF, G. FARJANEL. 1 vol., 320 p., 200 fig., 14 cartes (1989) - **750 F.**

# Du bon vin, De l'eau minérale pure, De beaux monuments : Trois fleurons de nos terroirs.

Les éditions du BRGM qui savent, plus que toutes autres, où elles «mettent les pieds» (géologiquement parlant !) publient, à l'intention du grand public, trois **LIVRES** incontournables, particulièrement **DOCUMENTÉS**, qui **EXPLIQUENT**, **ANALYSENT** et **COMMENTENT** la relation entre les **TERROIRS** et quelques unes des **RICHESSSES** qui, grâce au **GÉNIE** de l'**HOMME**, en découlent.

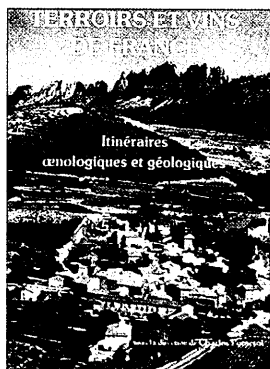
Il s'agit de :

- **TERROIRS ET VINS DE FRANCE**
- **TERROIRS ET THERMALISME DE FRANCE**
- **TERROIRS ET MONUMENTS DE FRANCE**

**C**ette collection est dirigée avec compétence et talent par le Professeur Charles POMEROL, qui allie l'EXPÉRIENCE sur le TERRAIN en tant qu'ENSEIGNANT à l'université Pierre et Marie CURIE à Paris et l'EXPÉRIENCE d'ÉCRIVAIN en tant qu'AUTEUR de nombreux ouvrages concernant les SCIENCES de la TERRE.

Si la FRANCE peut s'enorgueillir de «RECORDS» unanimement RECONNUS dans le MONDE entier, il faut admettre qu'elle doit les PLUS PRESTIGIEUX d'entre eux à ses TERROIRS, donc à la GÉOLOGIE, aux CLIMATS et aux HOMMES qui ont su mettre en valeur les RESSOURCES NATURELLES que la planète Terre a mis à leur disposition.

Perpétuant des traditions durant des générations, à travers les siècles, ces hommes ont permis l'acquisition, dans certains domaines sur les TERROIRS de France, d'une expérience sans pareil...

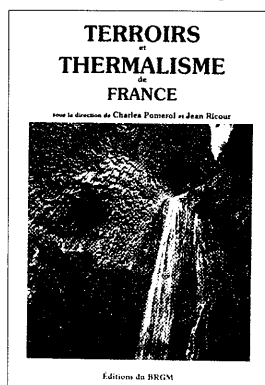


C'est le cas pour les métiers de la vigne et on retrouve toutes les clés de ce savoir-faire dans l'ouvrage-guide **TERROIRS ET VINS DE FRANCE**. 25 auteurs géologues et œnologues nous entraînent sur

une cinquantaine de parcours passionnants dans les grandes régions viticoles de France. Jamais un ouvrage sur les vins n'avait mis avec une telle évidence la relation essentielle qui lie les vignobles à leur sol et leur sous-sol.

Jamais la notion de TERROIR n'avait été autant justifiée. Jamais l'intérêt de la GÉOLOGIE, par rapport à la personnalité et la saveur des vins, n'avait été démontrée de la sorte.

C'est aussi, sur notre territoire, le cas des Hommes qui, dès le Paléolithique, ont utilisé, tout d'abord sans comprendre le pourquoi, les



VERTUS des EAUX THERMALES pour leurs soins curatifs. Des objets laissés sur les sites thermaux par leurs descendants successifs permettent ensuite de suivre le cheminement du thermalisme dans

les différents TERROIRS DE FRANCE...

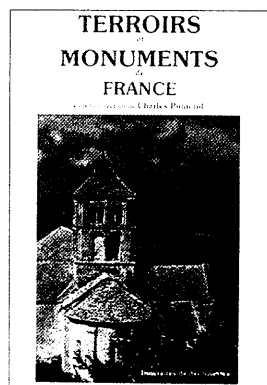
La nature des terrains aquifères et la circulation des eaux dans le sous-sol sont aujourd'hui bien connues. Elles permettent grâce aux résultats de recherches et d'analyses de suivre avec précision l'extraordinaire genèse de l'eau jusqu'à son émergence dans chacune des stations thermales de France métropolitaine et d'outre-mer. La teneur et les propriétés des différentes eaux livrent enfin tous leurs secrets que nous confient les auteurs de **TERROIRS ET THERMALISME DE FRANCE**. Charles POMEROL et Jean RICOUR, deux éminents géologues sont les «chefs d'orchestre» de cet ouvrage indispensable pour les adeptes du thermalisme, les sportifs, les buveurs d'eau intransigeants (!) et les curieux qui peuvent désormais «plonger» dans les «veines» de la Terre pour y voir couler son eau minérale !

Enfin c'est le cas des bâtisseurs : architectes, maîtres d'œuvres ou artisans qui ont donné à la France les prestigieux monuments qu'on connaît, qu'on croit connaître et souvent qu'on ignore. Ils sont l'empreinte concrète de notre histoire et de notre civilisation, un patrimoine qu'il faut protéger et restaurer à tout prix...

Mieux que quiconque des géologues vous racontent le destin des pierres de France depuis leur extraction jusqu'à leur mise en œuvre. Ils savent aussi, et nous le disent, combien elles sont vulnérables à l'épreuve du temps et à la pollution.

Le livre-guide **TERROIRS ET MONUMENTS DE FRANCE** nous propose 46 itinéraires, à faire dans son fauteuil ou en voiture, pour porter UN REGARD NOUVEAU SUR LES «VIEILLES PIERRES».

Désormais il vous sera possible de refaire, des siècles plus tard, le chemin à l'envers pour découvrir le lieu, parfois la carrière, où ont



été extraites les pierres qui ont permis à nos ancêtres de bâtir les forteresses, les châteaux, les églises, les cathédrales, les ponts... qui témoignent aujourd'hui de l'histoire de nos terroirs.

**TERROIRS ET MONUMENTS DE FRANCE** est un ouvrage qui nous rappelle aussi que la pierre est le plus noble des matériaux et, quoi qu'on en dise, qu'elle est bien souvent la plus économique pour construire des édifices en parfaite harmonie avec leur environnement !

Ces trois ouvrages complémentaires nous permettent trois approches distinctes des terroirs du beau pays de France. L'ennui, peut-être, pour n'en choisir qu'un, c'est que les deux autres sont tout autant passionnants !

Prix de l'ouvrage : 180 F.

**Éditions du BRGM**  
**Avenue de Concyr**  
**45060 ORLÉANS**