

# Révision lithostratigraphique et biostratigraphique du Kimméridgien de la région havraise (Normandie)\*

Yann SAMSON<sup>(1)</sup>  
Gilles LEPAGE<sup>(2)</sup>  
Pierre HANTZPERGUE<sup>(3)</sup>  
Jean GUYADER<sup>(4)</sup>  
Maria SAINT-GERMÉS<sup>(5)</sup>  
François BAUDIN<sup>(5)</sup>  
Gérard BIGNOT<sup>(1)</sup>

*Lithostratigraphic and biostratigraphic revision of the Kimmeridgian in the Le Havre area (Normandy, France)*

Géologie de la France, n° 3, 1996, pp. 3-19, 18 fig.

Mots-clés : Lithostratigraphie, Biostratigraphie, Faune ammonite, Kimméridgien, Seine Maritime, Cap La Hève, La Corvée, Saint Andrieux, Le Croquet, Ecqueville.

Key Words: Lithostratigraphy, Biostratigraphy, Ammonites, Kimmeridgian, Seine Maritime, Cap La Hève, La Corvée, Saint Andrieux, Le Croquet, Ecqueville.

## Résumé

*Huit coupes, bien localisées sont levées entre Le Havre et Ecqueville (ouest du Pays de Caux, Normandie).*

*L'échantillonnage d'ammonites et la corrélation au banc par banc sont effectués. Une coupe synthétique datée par les ammonites (zones et horizons) est proposée, chaque formation ou membre et banc étant numéroté et décrit en détail. La stratigraphie des Argiles d'Octeville est précisée. Celles-ci sont plus puissantes que ce que l'on supposait jusqu'à ce jour (~ 35 m contre 17 à 30 m).*

*La formation des Argiles d'Octeville est redéfinie et divisée en cinq membres, qui sont, de la base au sommet : le Membre inférieur des Argiles du Croquet, le Membre supérieur des Argiles du Croquet, le Membre inférieur des Argiles d'Ecqueville, le Membre médian des Argiles d'Ecqueville et le Membre supérieur des Argiles d'Ecqueville. Au sein de ces membres, deux couches sont*

*définies : le Banc noduleux à bivalves et les Lumachelles à nanogyres.*

## English abridged version

*The outcrops along the coast at Le Havre have been known since the middle of the 18th century (Bocage de Bléville, 1753). Nevertheless, their study really began 70 years later (La Bèche, 1822; Phillips, 1830; Lesueur, 1843; Dollfus, 1863 a, b; Lennier, 1868), since when no other papers were written until the second half of the 20th century (Riout, 1958, 1961; Ziegler, 1962; Guyader, 1968, 1973). Only a few works have been published during the last 20 years (Riout in Mégnien, 1980; Riout and Guyader in Mégnien, 1980; Hantzpergue, 1989), but as a result of a lot of field trips since 1986 it was obviously necessary to restudy the stratigraphic framework.*

*In 1980, Riout and Guyader (in Mégnien 1980) identified six formations in the Kimmeridgian of the Le Havre area. These are, from bottom to top: the*

*Argiles Brunnes de Criquebœuf (of the Upper Oxfordian; Guyader 1968), the Calcaires coquilliers (Lennier 1868), the Argiles à Deltoideum delta (Riout, in Mégnien, 1980), the Bancs de Plomb (Lennier 1868), and the Marnes de Bléville (Riout, in Mégnien, 1980) comprising lower, middle (so-called Calcaires à Harpagodes [Guyader 1968] and Upper members of the Lower Kimmeridgian and the Argiles d'Octeville [Riout and Guyader, in Mégnien, 1980]) of the Upper Kimmeridgian. The regional dip toward the north and the post-Jurassic erosion do not permit all the formations to be observed in a single outcrop. Eight sections precisely located between Le Havre and Ecqueville (west of Pays de Caux) were necessary to obtain a complete profile of the exposed series (fig. 1). At the Cap de La Hève, the strata are visible over 9 m (from Marnes brunnes de Criquebœuf to Calcaires à Harpagodes; fig. 2) about 150 m northwest of the Promenade du Nice Havrais. One to two meters of the lower member of the Marnes de Bléville can be seen at La Corvée (fig. 2), 2500 m south of the des-*

\* Manuscrit reçu le 26 décembre 1995, accepté définitivement le 22 mars 1996.

(1) Laboratoire de Micropaléontologie, Département Géologie Sédimentaire et URA CNRS 1761, T. 15-25, E. 4, case 104, 4 pl. Jussieu, 75252 Paris Cedex.

(2) 19 rue du Vernier, 76620 Le Havre.

(3) Faculté des Sciences, Université de Poitiers, 40 rue du Recteur Pineau, 86022 Poitiers Cedex.

(4) 15 rue des Clochers, 76310 Sainte-Adresse.

(5) Laboratoire de Stratigraphie, Département Géologie Sédimentaire et URA CNRS 1761, T. 15-16, E. 4, case 117, 4 pl. Jussieu, 75252 Paris Cedex.

cent of the "Grenouille" and "Tortue" wrecks. At Saint-Andrieux, 750 m south of the same descent (fig. 2), a very discontinuous section over 11 m shows: the Calcaires coquilliers, the Argiles à Deltoideum delta, the lower Bancs de Plomb, the upper member of the Marnes de Bléville and the base of the Argiles d'Octeville. At Le Croquet, four sections (base of the rocky beach between Le Croquet and "Grenouille" and "Tortue" for the first, and 350 m south, 150 m south and 150 m north of the Le Croquet descent for the others) show about 5 m from the Bancs de Plomb to the Calcaires à Harpagodes, and 6.50 m, 6.30 m, 3.60 m of the Argiles d'Octeville (fig. 3). At Ecqueville (erroneously called La Brière) (fig. 4), the Argiles d'Octeville constitute 17 to 18 m of the lower cliffs between 700 m and 1000 m north of the Fond du Val descent. Moreover, the data (Guyader, 1968) in four holes drilled during the 1960s by the Port Autonome du Havre were reexamined.

This allows us to determine the detailed lithostratigraphy of the Kimmeridgian in the Le Havre area: a synthetic section is proposed (fig. 5), each formation or member and bed being precisely numbered [in Arabic numerals (I to XII) for the formations and in Latin numerals for the members] and described. Here, the thickness of the Kimmeridgian is about 45 m, as apposed to 63 m to 106 m between 35 km and 75 km to the east, 170 m in the Pays de Bray (about 100 km to the northeast), 80 m in the Boulonnais (175 km to the north), 250 m in the Dorset (175 km to the northwest) and 150 m in the North-Aquitaine Basin (350 km to the south). Very clayey, on the whole, with some more limy levels near the base, the lithology is similar to that in the Dorset, even though the iron levels of the lower part of the succession are much more developed in the latter area. The absence of major, coarse detrital, oolitic or reef events differentiates this section from that of the Pays de Bray, Boulonnais and North-Aquitaine, Basin.

Sampled, where possible, the ammonites (fig. 5), of marked subboreal affinity (Pictonia, Rasenia at the base of the stage, Sutneria eumela at the top), allow one to recognize four zones of the Kimmeridgian: Baylei Z. (Calcaires

coquilliers, Argiles à Deltoideum delta), Cymodoce Z. (Bancs de Plomb, Marnes de Bléville), Mutabilis Z. and Eudoxus Z. (Argiles d'Octeville). The Autissiodorensis Zone, the last of the stage, is absent probably as a result of post-Jurassique erosion rather than due to a lack of deposition. Ten horizons are identified: Baylei H. (Baylei Z.), Cymodoce H., Pseudoemela H. (Cymodoce Z.), Linealis H., Mutabilis H., Lallierianum H., Schilleri H. (Mutabilis Z.), Orthocera H., Caletanum H., Contejeani H. (Eudoxus Z.).

The thickness of the Argiles d'Octeville (Upper Kimmeridgian) is twice that previously estimated from the outcrops (c. 35 m instead of ~ 17 m). Therefore, in order to facilitate the understanding and avoid any misinterpretation of the sections, the Formation of Argiles d'Octeville has been re-defined and divided into five members: the lower member of the Argiles du Croquet in the lower part, the upper member of the Argiles du Croquet, the lower member of the Argiles d'Ecqueville, the middle member of the Argiles d'Ecqueville and the upper member of the Argiles d'Ecqueville in the upper part. Lastly, two marker beds were defined: the Banc noduleux à bivalves and the Lumachelles à nanogyres.

## Introduction

Dans le Pays de Caux, les quatre zones inférieures du Kimméridgien (Baylei, Cymodoce, Mutabilis et Eudoxus) sont représentées sur la côte (estrans et pré-falaises), entre Le Havre et Ecqueville (fig. 1). Ces affleurements sont connus depuis le 18<sup>e</sup> siècle (Bocage de Bléville, 1753). Ce n'est cependant qu'au 19<sup>e</sup> siècle que les premières coupes géologiques sont proposées et réellement étudiées (La Beche, 1822 ; Phillips, 1830 ; Lesueur, 1843 ; Dollfuss, 1863 a et b ; Lennier, 1868). Il faut ensuite attendre près d'un siècle pour que de nouvelles publications sur ces niveaux voient le jour (Riout, 1958 et 1961 ; Ziegler, 1962 ; Guyader, 1968 et 1973). Depuis cette époque, très peu de travaux ont été publiés (Riout in Mégnien, 1980 ; Riout et Guyader in Mégnien, 1980), bien que les connais-

sances sur le Kimméridgien en général (zonation des ammonites : Hantzpergue, 1989 ; Hantzpergue et al., 1996) et sur la région en particulier (étude systématique des coupes ...), aient évolué. Entre octobre 1993 et avril 1994, les conditions d'affleurement devinrent plus favorables, pour certaines coupes particulièrement argileuses, masquées depuis plus d'un quart de siècle. Dans ce contexte, il semblait donc intéressant de réexaminer ces niveaux, ce qui nous a conduit à proposer un nouveau découpage lithobiostratigraphique, en particulier pour le Kimméridgien supérieur (Argiles d'Octeville Riout et Guyader in Mégnien, 1980).

## Localisation et description des affleurements

En 1980, Riout et Guyader (in Mégnien) révisent la succession du Jurassique supérieur de la région havraise. Ils y reconnaissent six formations entre l'Oxfordien terminal et le Kimméridgien supérieur :

- une dans l'Oxfordien terminal : les Argiles Brunnes de Criqueboeuf, Guyader 1968 ;

- quatre dans le Kimméridgien inférieur : les Calcaires coquilliers, Lennier 1868 ; les Argiles à Deltoideum delta Riout (in Mégnien, 1980) ; les Bancs de Plomb, Lennier 1868 ; les Marnes de Bléville, Riout (in Mégnien 1980) (membres inférieur, médian - aussi appelés Calcaires à Harpagodes Guyader 1968 - et supérieur) ;

- une dans le Kimméridgien supérieur : les Argiles d'Octeville Riout et Guyader (in Mégnien, 1980).

Du fait du pendage régional des couches vers le nord et de l'intense érosion post-jurassique, aucun affleurement ne laisse apparaître la succession complète de ces formations. Toutefois, cette dernière peut être établie à partir des coupes observées au Cap de La Hève, à La Corvée, Saint-Andrieux, Le Croquet et Ecqueville.

## I Cap de La Hève (fig. 2)

La base de la coupe est visible à environ 150 m au nord-ouest de la promena-

de partant du Nice Havrais. Elle n'est accessible qu'aux marées basses de vives eaux (+ 0,7 m au-dessus du zéro marin des cartes du port du Havre). Depuis la construction de la Digue nord au début du siècle (fig. 1) bloquant la dérive littorale des galets, le milieu de la coupe n'apparaît difficilement, au milieu de l'enrochement de l'estran, qu'après de fortes tempêtes favorables. Le sommet de la coupe est visible dans la basse falaise, sous les sables aptiens, au dessus du niveau de haute mer, à 200 m de l'extrémité de la digue. Ces affleurements permettent d'observer sur 9 m, de bas en haut, les *Argiles Brunes de Criqueboeuf*, les *Calcaires coquilliers*, les *Argiles à *Deltoideum delta**, les *Bancs de Plomb*, les *Marnes de Bléville* (Membre inférieur et *Calcaires à Harpagodes*).

## II La Corvée (fig. 2)

Quelques îlots d'un à deux mètres de hauteur, constitués de terrains kimméridgiens inférieurs affleurent au droit des décharges en activité de La Corvée (700 à 800 m au nord de la sortie du "Collecteur du Plateau" et 2 500 m au sud de la descente des épaves de "Grenouille" et "Tortue", dite descente de l'O.T.A.N.). Glissés sur un ancien éboulement de sables aptiens, ils permettent d'observer, à la limite des basses mers de vives eaux, une partie du Membre inférieur des *Marnes de Bléville*.

## III Saint-Andrieux (fig. 2)

Cette coupe se situe à 750 m au sud de la descente de "Grenouille" et "Tortue". Sa base, observable aux basses mers de vives eaux (+ 0,75 m) est plus facile à étudier qu'à La Hève (*Calcaires coquilliers*, *Argiles à *Deltoideum delta**, sur 1,40 m et *Bancs de Plomb* sur 0,45 m). Le sommet de la coupe affleure médiocrement. En décembre 1994, il était visible sur une trentaine de mètres de long, à la limite des hautes mers. Il constitue, entre l'épais cordon de galets et les éboulis, une micro-falaise haute de 1,60 m, constituée du Membre supérieur des *Marnes de Bléville* et de la base des *Argiles d'Octeville*.

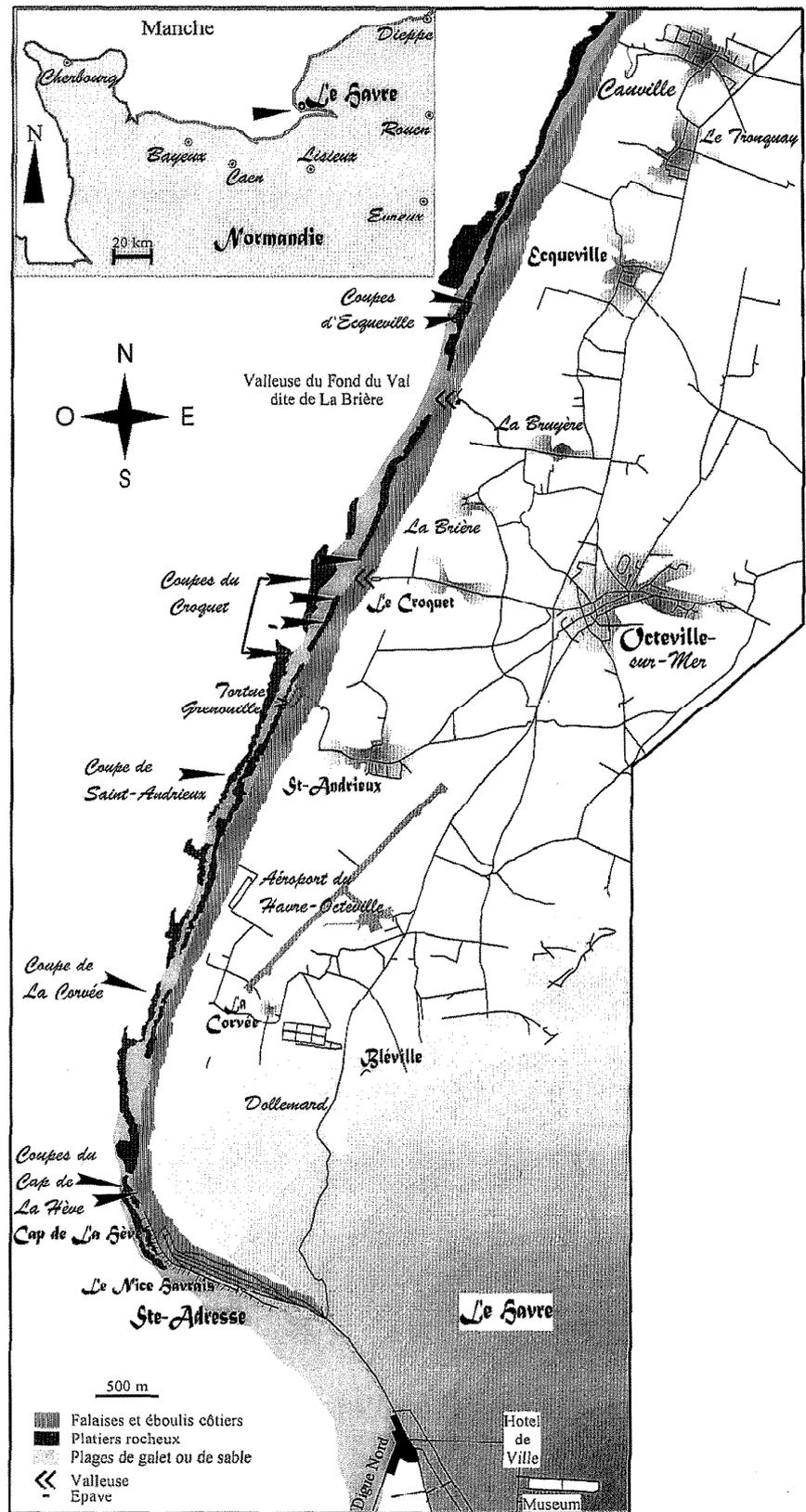


Fig. 1. – Carte de localisation des coupes étudiées.

Fig. 1. – Location map of studied sections.

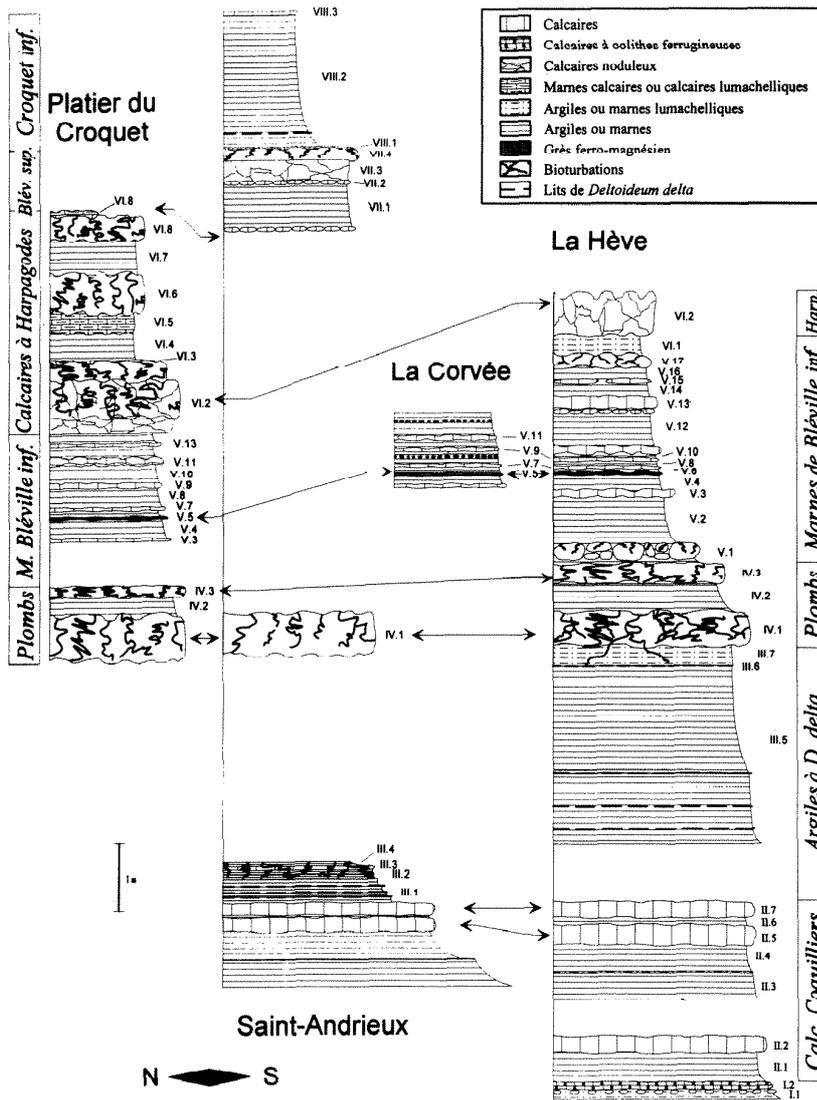


Fig. 2. – Coupes détaillées du Kimméridgien inférieur de La Hève, La Cordée, Saint-Andrieux et de la base du Croquet.

Fig. 2. – Detailed sections of the Lower Kimmeridgian at La Hève, La Cordée, Saint-Andrieux and the lower part of Le Croquet

**IV Le Croquet (fig. 2 et 3)**

Entre la descente de "Grenouille" et "Tortue" et celle du Croquet parfois impraticable, on peut voir, en suivant la limite des basses mers de vives eaux, 4 à 5 m de Kimméridgien inférieur (*Bancs de Plomb*, Membre inférieur des *Marnes de Bléville* et *Calcaires à Harpagodes*). Les couches du Kimméridgien supérieur (partie inférieure des *Argiles d'Octeville*) sont beaucoup plus difficiles à observer, les conditions d'affleurement variant très rapidement au gré des pluies et des tempêtes. Trois coupes situées à 350 m et 150 m au sud et 150 m au nord de la des-

cente du Croquet, épaisses respectivement de 6,5 m, 6,3 m et 3,6 m, sont retenues.

**V Ecqueville (fig. 4)**

La base de la coupe est souvent masquée par le cordon de galet. Observée toutefois à 800 m au nord de la vallée du Fond du Val, dite aussi de La Brière, elle montre, sur 4,3 m, la partie inférieure des *Argiles d'Octeville*. La partie supérieure des *Argiles d'Octeville* forme l'avant-falaise haute de 13 à 14 m, souvent masquée par les éboulis. Elle est levée entre 700 et 1000 m au nord de la descente.

**Coupe synthétique : description des formations par niveaux (fig. 5)**

Malgré quelques lacunes d'observation, les huit coupes présentées peuvent être corrélées et permettent la reconstitution d'une coupe synthétique, même si certaines incertitudes ne sont pas entièrement levées, surtout en ce qui concerne les *Calcaires à Harpagodes*. Pour faciliter la comparaison avec les travaux antérieurs et pour coordonner les discussions et travaux à venir (Janin *et al.*, 1995 ; Saint-Germès *et al.*, 1996 ; Samson, travaux en cours...), une numérotation, par formation en chiffres romains et par niveau en chiffres arabes est appliquée à l'ensemble de la série (fig. 2, 3, 4, 5) et comparée, lorsque c'est possible, à celles de Lennier (1868) et Rioult (1961) (respectivement entre { } et [ ]). Les nouveaux membres et couches seront décrits dans la suite du travail. En ce qui concerne la faune, seuls les taxons les plus abondants ou remarquables seront cités dans la description des niveaux (les auteurs de ces taxons seront donnés dans l'annexe, pour éviter la surcharge du texte). Pour une liste plus complète, se reporter au travail de Guyader (1968).

**I Argiles brunes de Criqueboeuf Guyader, 1968 (= Marnes brunes du Becquet Lennier, 1868).**

Les *Argiles brunes de Criqueboeuf* affleurent en totalité en rive gauche de la Seine, alors que les *Marnes brunes du Becquet*, dont seule la partie sommitale est visible actuellement, sont difficiles d'accès et n'affleurent dans la région havraise typique que sur de très faibles surfaces. A la suite de M. Rioult et J. Guyader (*in* Mégnien, 1980), le nom d'*Argiles Brunes de Criqueboeuf* semble donc plus convenable.

**I 1** Marnes gris brunâtre à abondantes pseudo-oolithes ferrugineuses et plus rares serpules et bivalves. Visibles sur 0,30 m, elles se terminent par un niveau de nodules décimétriques à ? *Taenidium* ich. sp., (fig. 6) {1 p.p.} [1].

**I 2** Calcaire à oolithes ferrugineuses, galets blonds, phosphatés (?), perforés, et ammonites (*Ringsteadtia* gr. *evoluta*) (0,10 m) [2].

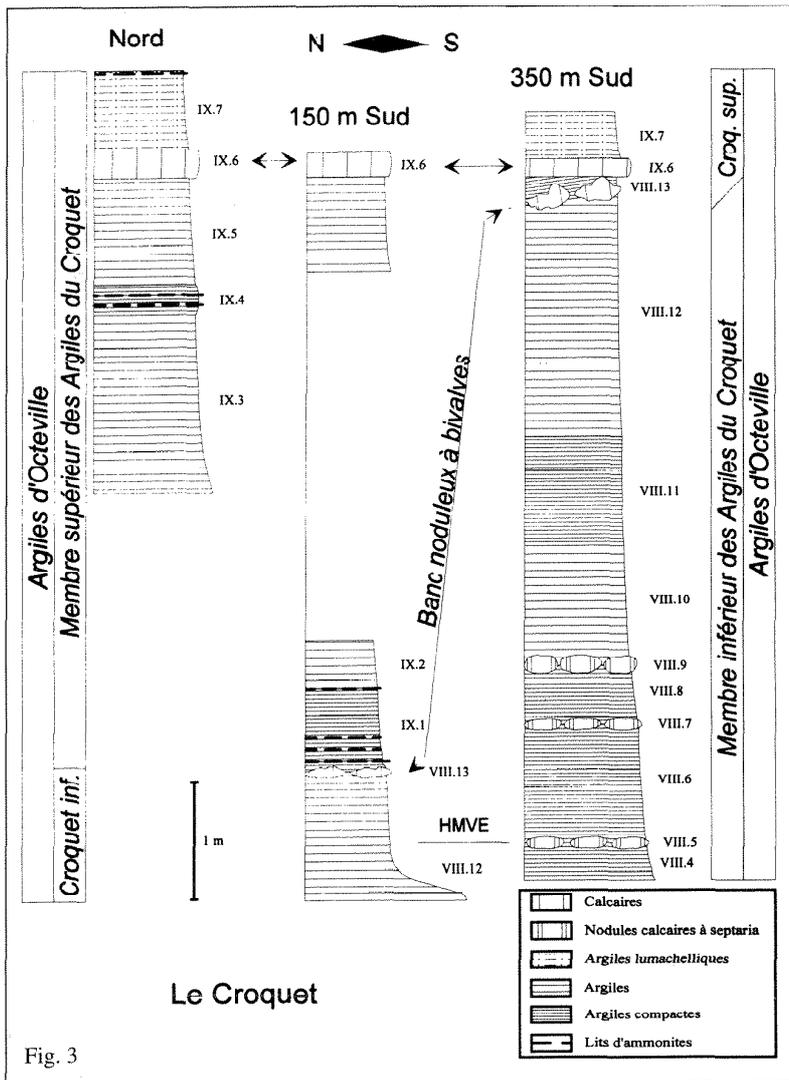


Fig. 3. – Coupes détaillées du Kimméridgien supérieur du Croquet, à 150 m au nord, 350 m et 150 m au sud de la descente.

Fig. 3. – Detailed sections of the Upper Kimmeridgian at Le Croquet, 150 m north and 350 m and 150 m south of the descent.

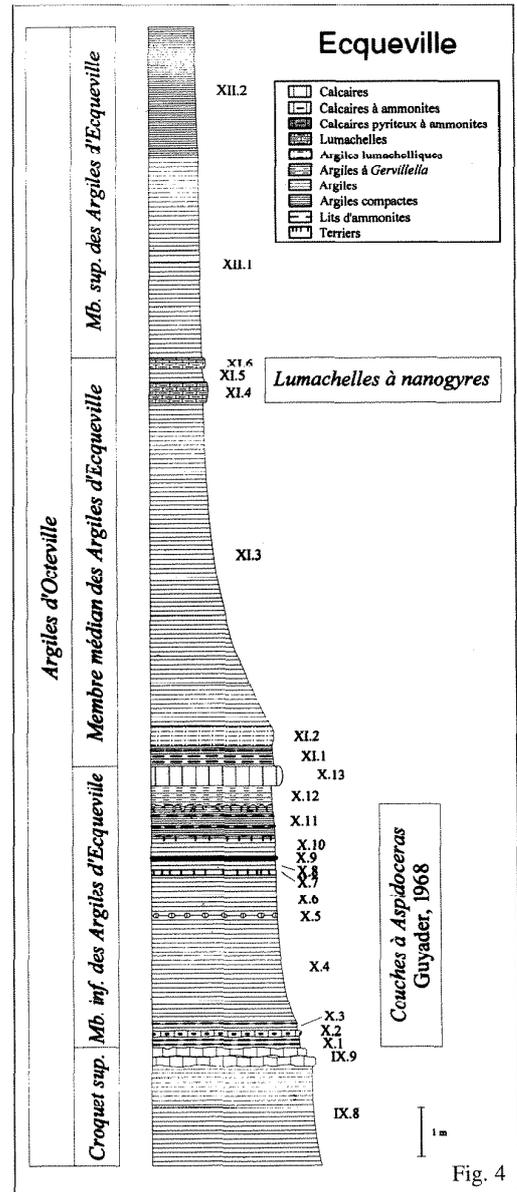


Fig. 4. – Coupe détaillée du Kimméridgien supérieur d'Ecqueville entre 700 m et 1000 m au nord de la descente.

Fig. 4. – Detailed section of the Upper Kimmeridgian at Ecqueville, between 700 m and 1000 m north of the descent.

**II Calcaires coquilliers Lennier, 1868 (= Calcaires à Trigonies, Haug, 1907).**

**II 1** Argiles grises plus ou moins glauconieuses, très bioturbées à la base (0,30 m) [3].

**II 2** Calcaire très fossilifère à bivalves, brachiopodes, ammonites (*Pictonia baylei*) (0,20 m), [4].

Lacune d'observation ne dépassant pas 0,40 m.

**II 3** Argiles bleues (0,30 m) surmontées d'une lumachelle centimétrique de nanogyres cassées.

**II 4** Argiles gris-bleu, sableuses, à nanogyres et rares radioles d'échinides, souvent masquées par l'enrochement de l'estran (0,30 m) [5].

**II 5** Calcaire très coquillier à nombreux bivalves (*Pholadomya protei* en position de vie, *Trigonella papillata*, *Myophorella muricata*, *Myophorella clavellata*, *Gervilleilla aviculoides*, *Deltoideum delta*, *Nanogyra nana*...), gastropodes, serpules et rares ammonites (*Pictonia baylei* et *P. thurmanni*) (0,20 m) {3 p.p.} [6].

**II 6** Argiles gris brunâtre à nanogyres et serpules (0,02 à 0,10 m) {3 p.p.} [7]

**II 7** Calcaire très fossilifère à nombreux bivalves (*Gervilleilla aviculoides*...), gastropodes (*Bathrotomaria phaedra*...) et plus rares brachiopodes (*Torquirhynchia inconstans*) et nautiles (*Paracenoceras giganteum*) (0,15 à 0,20 m) (fig. 7) {3 p.p.} [8].

Les bancs II 5 et II 7 forment un doublet caractéristique au milieu de l'enrochement du platier (fig. 8).

**III Argiles à *Deltoideum delta* Rioult (in Mégnien, 1980) (= *Argiles supérieures à *Liostrea delta* Rioult 1961*).**

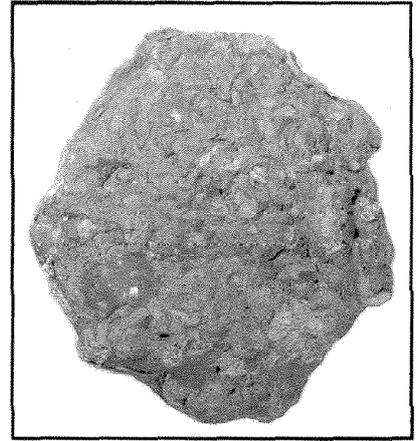
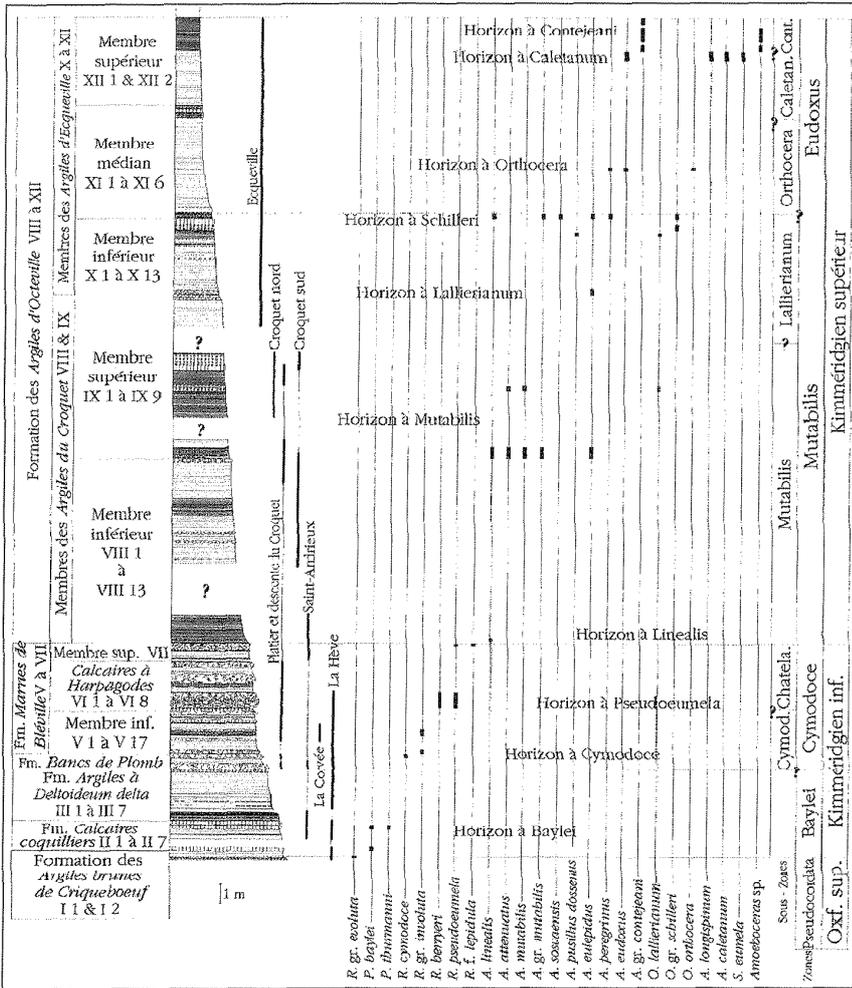


Fig. 6. – Nodules à ? *Taenidium* ich. sp., de l'Oxfordien terminal de La Hève (~ × 0,15)

Fig. 6. – Nodules with ? *Taenidium* ich. sp. from the Upper Oxfordian at La Hève (~ × 0,15).

Fig. 5. – Coupe synthétique du Kimméridgien du littoral de la région havraise.

Fig. 5. – Synthetic section of the Kimmeridgian along the coast of Le Havre area.

A la suite de M. Rioult (*in* Mégnien, 1980), le terme d'Argiles à *Deltoideum delta*, couramment employé par les géologues régionaux, sera préféré à celui d'Argiles supérieures à *Liostrea delta*. En effet, Rioult (1961) ne cite pas d'Argiles inférieures à *Liostrea delta* (? = Marnes grises inférieures).

**III 1** Trois niveaux d'argiles bleutées (3 × 0,05 m) terminés chacun par un lit centimétrique à *Deltoideum delta*, aux valves souvent accolées, et rares ammonites nacrées.

**III 2** Argiles bleutées (0,07 m) passant à des argiles brunes (0,05 m) puis à des argiles bleues (0,05m).

**III 3** Niveau de calcaire brun bioturbé (0,05 m).

**III 4** Argiles grises bioturbées visibles sur 0,05 m.

Lacune d'observation ne dépassant probablement pas 0,20 m.

**III 5** Argiles grises assez claires, visibles sur 2,00 m avec trois niveaux centimétriques de *Deltoideum delta* aux valves souvent accolées respectivement à 1,20 m, 1,60 m et 1,85 m du sommet et



Fig. 7. – Banc supérieur du doublet terminal des Calcaires coquilliers (La Hève). Remarquer l'abondance des *Gervillella*.

Fig. 7. – Upper bank of the uppermost doublet of the Calcaires coquilliers (La Hève). Note the abundance of *Gervillella*.

autres bivalves (nanogyres...), serpules, dents de poissons {5 p.p.} [11 p.p.].

**III 6** Lit centimétrique de *Deltoidium delta* avec valves souvent en connexion, sur lesquelles s'arrêtent les bioturbations issues du banc IV 1 {6} [12].

**III 7** Argiles lumachelliques grises à *Nanogyra nana*, *N. praevirgula* et rares radioles d'échinides, traversées par de rares bioturbations provenant du banc sus-jacent (0,20 m) {7} [13].

**IV Bancs de Plomb Lennier, 1868.**

G. Lennier (1868) ne désigne par *Banc de plomb*, que le banc inférieur. A la suite de M. Rioult (1961), J. Guyader (1968), M. Rioult (*in* Mégnien, 1980), nous nommerons par extension, *Bancs de plomb*, le doublet de bancs calcaires.

**IV 1** Banc de calcaire gris dur [0,35 à 0,40 m à la Hève, 0,55 m au Croquet, 3,60 m au forage Esso de Port-Jérôme, 35 kilomètres à l'est (Guyader, 1968)], peu fossilifère (brachiopodes *Zeilleria humeralis* dans les creux et rares radioles d'échinides, bivalves, gastropodes, débris ligneux dans la masse) très bioturbé, à surfaces inférieure et supérieure bosselées par la bioturbation (fig. 9 et 10). Cette dernière pénètre parfois les argiles sous-jacentes pour s'arrêter sur le niveau plus dur à *D. delta* {8} [14].

**IV 2** Argiles grises à nombreuses *Nanogyra nana* et *N. praevirgula*, radioles d'échinides et débris ligneux (0,30 m) {9} [15].

**IV 3** Banc de calcaire gris, dur, identique à IV 1 (1 m à Port-Jérôme, 0,25 m à La Hève à 0,10 m / 0,15 m au Croquet). L'unique empreinte de *Pictonia* trouvée par Rioult (1961) a été redéterminée (Hantzpergue, 1989) comme une *Rasenia cymodoce*. Cette attribution est confirmée (H. P.) dans ce travail {10} [16].

Ces deux bancs calcaires (86 à 88 % de CaCO<sub>3</sub>) étaient considérés comme dolomitiques, mais les faibles teneurs en magnésium (0,4 à 0,5 %) vont à l'encontre de cette opinion. Ils forment un doublet caractéristique (fig. 11) pouvant servir de repère en sondage ou à



Fig. 8. – Doublet supérieur des Calcaires coquilliers (La Hève).  
Fig. 8. – Upper doublet of the Calcaires coquilliers (La Hève).



Fig. 9. – Surface inférieure du Banc de plomb inférieur. Remarquer l'abondance des bioturbations (*Thalassinoides ich. sp.*)  
Fig. 9. – Base of the lower Banc de plomb. Note the abundant bioturbations (*Thalassinoides ich. sp.*)

l'affleurement (jusqu'au Croquet) et de soutien pour les lourdes constructions modernes (piles du Pont de Normandie...).

**V Marnes de Bléville, membre inférieur Rioult (*in* Mégnien 1980) (fig. 11).**

Des calcaires fossilifères plus ou moins bioturbés et marneux s'intercalent dans la partie supérieure des *Marnes de Bléville* (presque sans fossile à la base et très fossilifères au sommet). Il semble donc préférable d'utiliser à la suite de

M. Rioult (*in* Mégnien 1980) et des géologues locaux, les termes de membre inférieur des *Marnes de Bléville*, *Calcaires à Harpagodes* et membre supérieur des *Marnes de Bléville*.

**V 1** Niveau de calcaire sous forme de banc remanié sur place, plus ou moins érodé, passant latéralement et verticalement à des galets (0,20 à 0,30 m). L'ensemble est verdi, perforé, et recouvert d'*Ostraeacea* érodées. Faune de



Fig. 10. – Surface supérieure du Banc de plomb inférieur, bosselée par la bioturbation.

Fig. 10. – Top of the lower Banc de plomb. Note the abundant bioturbations.

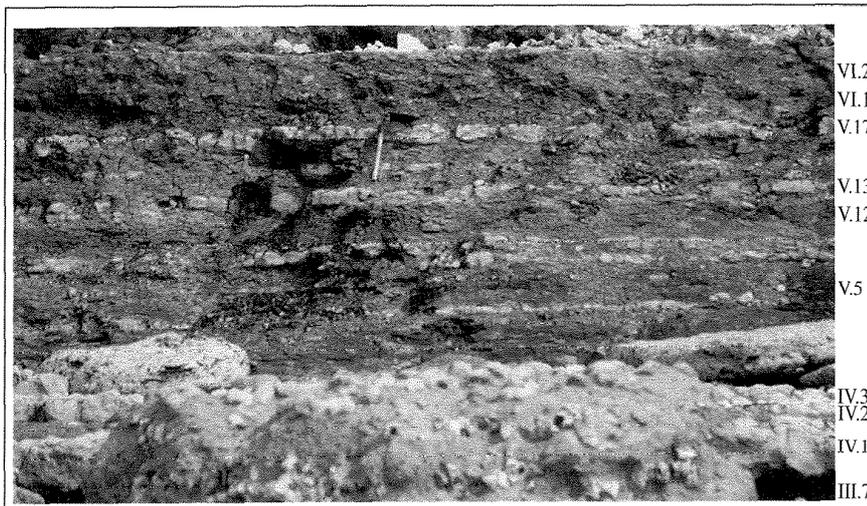


Fig. 11. – Coupe de la basse falaise de La Hève. Les deux Bancs de Plomb s'aperçoivent à la base de part et d'autre du bloc éboulé (IV 1 et IV 3). Au-dessus, vient le membre inférieur des Marnes de Bléville (V 1 à V 17), puis, vers le sommet, la base des Calcaires à Harpagodes (VI 1 et VI 2).

Fig. 11. – Section of the lower cliff at La Hève. The Bancs de Plomb can be see at the base to either side of the fallen block (IV 1 and IV 3). Above, the lower member of the Marnes de Bléville (V 1 to V 17), and then the Calcaires à Harpagodes (VI 1 and VI 2).

rare ammonites (*Rasenia gr. involuta*) {11} [17].

**V 2** Marnes grises, un peu sableuses, à bioclastes de bivalves (*Nanogyra prae-  
virgula*, *N. nana*...) et serpules (*Tetraser-  
pula tetragona*) (0,50 m) {12} [18 p.p.].

**V 3** Banc de calcaire dolomitique (1,43 % de magnésium), gris, à surfaces plus ou moins bosselées (0,05 m) {13 p.p.} [18 p.p.].

**V 4** Marnes grises sans fossile (0,10 m) {13 p.p.} [18 p.p.].

**V 5** Niveau gréseux très magnésien (8,5 % de Mg) et ferrugineux (4,0 % de fer), peu calcaire (30,0 % de CaCO<sub>3</sub>), granodécroissant, à laminations obliques (fig. 12). Ce niveau, bien que peu épais (0,03 à 0,05 m), est un bon repère local, voire régional. En effet, on l'observe à nouveau à l'affleurement au droit des décharges actives de La Corvée et au nord de la descente de "Grenouille" et "Tortue" (estran du Croquet), à 1750 m et 4 500 m au nord. On le retrouve aussi

aux forages 509 à Harfleur, 743 et 733 à Sandouville, respectivement à 9 km et 19 km à l'est-sud-est (Guyader, 1968). Il ne semble plus exister dans le forage de Port-Jérôme (Guyader, 1968) {13 p.p.} [19].

**V 6** Marnes grises sans fossile (0,07 m) {13 p.p.} [20 p.p.].

**V 7** Calcaire gris irrégulier (0,05 m) {13 p.p.} [20 p.p.].

**V 8** Marnes grises (0,12 m) avec un petit cordon discontinu gréseux à serpules et rares ammonites (*Rasenia gr. involuta*) à 0,07 m de la base {13 p.p.} [20 p.p.].

**V 9** Calcaire gris plus ou moins noduleux (0,05 à 0,07 m) {13 p.p.} [20 p.p.].

**V 10** Marnes grises (0,07 m) {13 p.p.} [20 p.p.].

**V 11** Petit banc calcaire gris, irrégulier, parfois dédoublé, à niveaux grésiferrugineux (0,05 à 0,10 m) {13 p.p.} [20 p.p.].

**V 12** Marnes grises (0,35 à 0,40 m) avec petit cordon discontinu gréseux, à serpules, à 0,15 m de la base {13 p.p.} [20 p.p.].

**V 13** Doublet calcaire gris à patine ocre, à niveaux grésiferrugineux. Le niveau inférieur est plus ou moins continu et noduleux (0,02 à 0,05 m). Le banc supérieur est compact, à surfaces irrégulières (0,10 à 0,15 m). Les deux niveaux sont séparés par un délit marneux de 0,01 à 0,02 m {13 p.p.} [21 a].

**V 14** Marnes grises (0,15 m) {13 p.p.} [21 b].

**V 15** Banc calcaire noduleux, plus ou moins continu (0,05 m) {13 p.p.} [21 c].

**V 16** Marnes grises (0,17 m) {13 p.p.} [21 d].

**V 17** Calcaire très bioturbé gris à patine ocre (0,15 à 0,20m) {13 p.p.} [21 e].

**VI Calcaires à Harpagodes Guyader 1968 : Marnes de Bléville, membre médian Rioult (in Mégnien 1980) (= Marnes à Ptérocères, Calcaires marneux à gastropodes Lennier, 1868 ; Marnes à Harpagodes oceani Haug 1907) {14} [22 a, b et c] (fig. 11 et fig. 13).**

**VI 1** Argiles silteuses, bioturbées à petits niveaux de *Nanogyra praevirgula* (0,20 m).

**VI 2** Niveau de calcaire noduleux gris, très bioturbé, à ammonites (*Rasenia berryeri* et *R. pseudoemela*), à patine ocre, avec entrefilets plus marneux permettant parfois d'apercevoir trois bancs (0,40 à 0,50 m).

**VI 3** Calcaire bleuté, très coquillier et bioturbé (0,05 m).

**VI 4** Argiles bleutées (0,30 m).

**VI 5** Marnes calcaires (60 % de  $\text{CaCO}_3$ ) plus ou moins indurées très fossilifères à *Harpagodes* auct. (*Harpagodes thirriae*, *Phillochilus ponti*, *Quadrinervus* spp...) et *Nanogyra praevirgula* (0,20 à 0,25 m).

**VI 6** Calcaire gris dur, très bioturbé, à surface supérieure très bosselée (0,50 m).

**VI 7** Marnes gris bleuté à coquilles parfois phosphatées (nanogyres et *D. delta*) (0,30 à 0,35 m).

**VI 8** Calcaire gris, bioturbé, à Ostraeacea, ammonites (0,15 à 0,30 m).

**VI 9** Calcaire gris très fossilifère (Ostraeacea...) (0,07 m).

Les couches qui suivent ne sont pas observées en continu, mais, si l'on tient compte du pendage et de la distance des coupes, la lacune de visibilité semble minime.

**VII Marnes de Bléville, membre supérieur Rioult (in Mégnien 1980) (fig. 14).**

**VII 1** Marnes gris bleuté (0,40 m), avec cordon de nodules (0,10 m) à la base et niveau de pyrite oxydée vers le sommet [23].

**VII 2** Banc de nodules calcaires (0,10 m) [24 a].

**VII 3** Marnes calcaires (70 % de  $\text{CaCO}_3$ ) très noduleuses (0,20 à 0,25 m) [24 b].

**VII 4** Banc calcaire à rares ammonites (*Rasenia pseudoemela*, *Rasenioides* cf. *lepidula*), à surface supérieure

Fig. 12. – Niveau gréseux, très magnésien et ferrugineux du membre inférieur des Marnes de Bléville (V 5).

Fig. 12. – Magnesian - ferruginous sandstone level within the Lower member of the Marnes de Bléville (V 5).

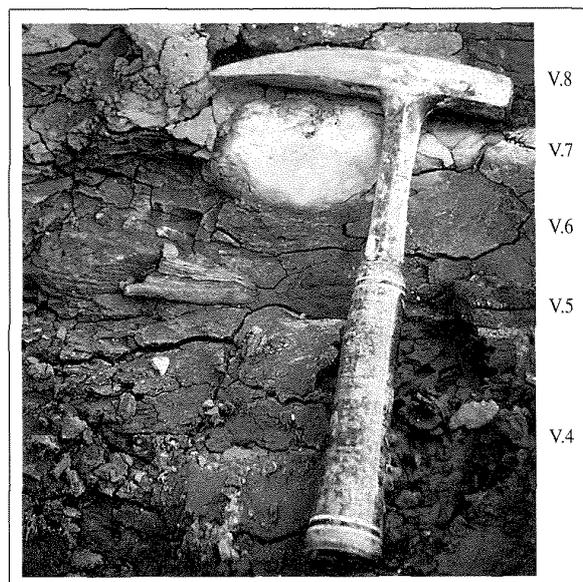


Fig. 13. – Partie terminale des Calcaires à Harpagodes sur le bas estran du Croquet.

Fig. 13. – Upper part of the Calcaires à Harpagodes on the Lower part of the rocky beach at Le Croquet.

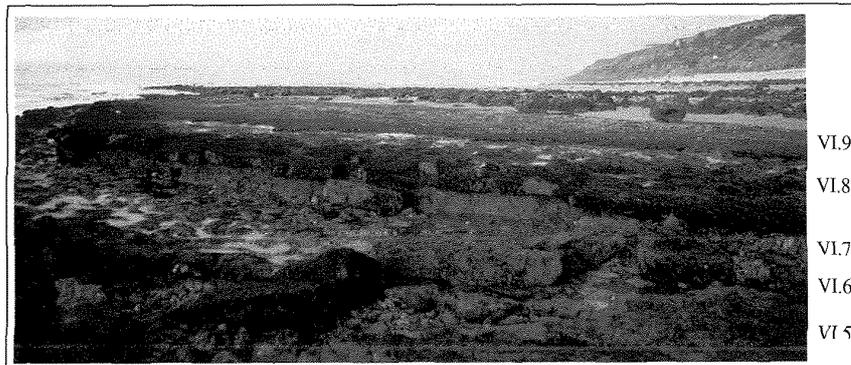


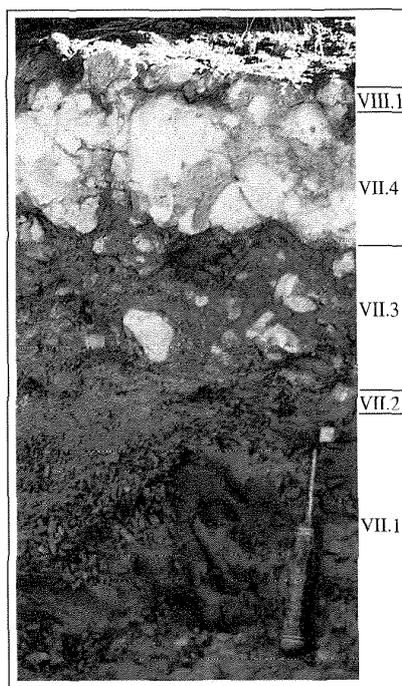
Fig. 14. – Limite Kimméridgien inférieur/Kimméridgien supérieur : passage du membre supérieur des Marnes de Bléville (VII.1 à VII.4) au Membre inférieur des Argiles du Croquet (VIII.1).

Fig. 14. – Lower Kimmeridgian/Upper Kimmeridgian boundary: transition from the upper member of the Marnes de Bléville (VII.1 to VII.4) to the Lower member of the Argiles du Croquet (VIII.1).

re très bosselée par une intense bioturbation dans la masse (0,20 à 0,25 m) [24 c].

**VIII Membre inférieur des Argiles du Croquet nov. nom.**

Ce membre est le plus basal de ceux de la formation des Argiles d'Octeville, divisée ici en cinq membres (fig. 5) : le Membre inférieur des Argiles du Croquet nov. nom., le Membre supérieur des Argiles du Croquet nov. nom., le Membre inférieur des Argiles d'Ecque-



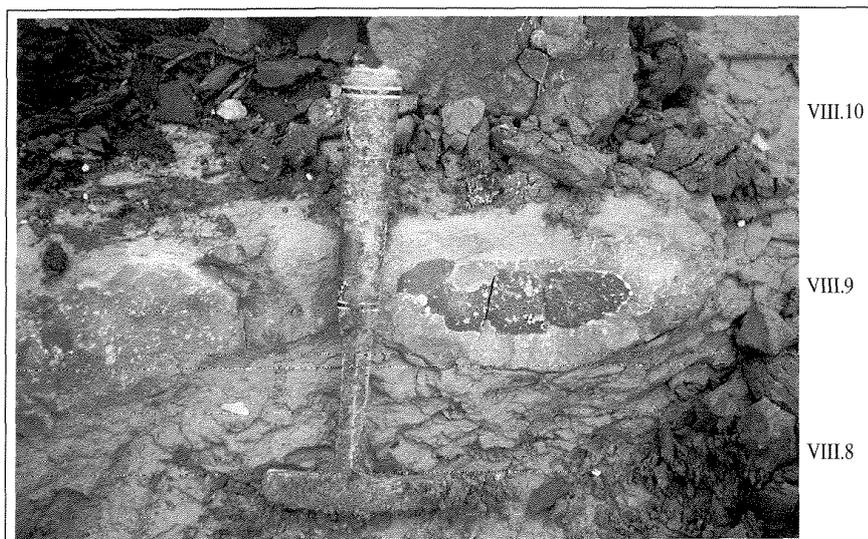


Fig. 15. – Troisième niveau à septaria des basses falaises du sud du Croquet.  
Fig. 15. – Third level with septaria of the lower cliffs, south of Le Croquet.



Fig. 16. – Mise en évidence de l'épaississement du Membre supérieur des Argiles du Croquet, vers le nord. Sur une distance de 6 m, le niveau argileux compris entre les nodules (Banc noduleux à bivalves) et le banc calcaire croûté de 0,05 m à 0,20 m. 200 m au nord, plus de cinq mètres séparent ces deux niveaux.

Fig. 16. – Evidence of northward thickening within the Upper member of the Argiles du Croquet. Over 6 m, the argillaceous level between the nodules (Banc noduleux à bivalves) and the calcareous bed increases from 0.05 m to 0.20 m. Two hundred metres to the north, more than 5 m separate these two levels.

ville nov. nom., le Membre médian des Argiles d'Ecqueville nov. nom. et le Membre supérieur des Argiles d'Ecqueville nov. nom.

**VIII 1** Calcaire silteux à ammonites remaniées (*Rasenia pseudoeumela*, *Rasenioides* cf. *lepidula*), algues (*Dasycladaceae*), *Nanogyra virgula* cassées ou non, parfois ferruginisées, dents de squales (*Parasymbolus octevillensis* étudié par Candoni (1994 et 1995) et ? *Hybodontus* spp.) et quelques harpagodes s. l. remaniés. Petit niveau (0,03 à 0,05 m) en remplissage des creux du banc inférieur (fig. 14) {15 p.p. ?}.

**VIII 2** Argiles gris blenté, sombres, compactes (visibles sur environ 1,50 m), avec niveaux à bivalves (*Pectinidae*, nanogyres) et grosses ammonites écrasées, à tests nacrés et intérieurs pyritisés (*Aulacostephanoides linealis*) à 0,15 m de la base {16 p.p.} [25].

**VIII 3** Petit banc de calcaire gris (0,05 m).

Lacune de visibilité probablement inférieure à 3,00 m.

**VIII 4** Argiles gris clair avec un niveau de rhynchonelles à la base

(visibles sur 0,30 m) {16 p.p. ?} [27a p.p. ?].

**VIII 5** Argiles durcies à septaria (0,10 m).

**VIII 6** Argiles grises grumeleuses (0,90 m).

**VIII 7** Argiles gris clair à septaria (0,07 à 0,10 m).

**VIII 8** Argiles bleues à rares nanogyres (0,75 à 0,80 m).

**VIII 9** Argiles gris clair à septaria (0,10 à 0,15 m) (fig. 15).

**VIII 10** Argiles gris verdâtre à rares nanogyres et serpules (1,00 m).

**VIII 11** Argiles noires compactes terminées par un niveau centimétrique à petits bivalves (nanogyres...), serpules et autres débris coquilliers (1,00 m).

**VIII 12** Argiles noires à rares nanogyres et serpules (2,00 m).

**VIII 13** Niveau de nodules (0,15 à 0,20 m) dans une argile lumachellique, plus ou moins pyriteuse, passant latéralement à un banc noduleux calcaire à gros bivalves (*Pholadomya*, *Trigonella*...) (Banc noduleux à bivalves nov. nom.) (fig. 16). La lumachelle est constituée de petits bivalves et grandes *Gervillella* aux deux valves accolées dans le plan de stratification et d'ammonites (*Aulacostephanoides attenuatus*, *A. mutabilis*).

**IX Membre supérieur des Argiles du Croquet nov. nom.**

Les couches (IX 1 à IX 5 : plus de 5 m) comprises entre le Banc noduleux à bivalves nov. nom. (VIII 13) et le banc calcaire IX 6 n'existent pas ou sont très réduites au sud du Croquet (0,05 à 0,20 m) (voir plus loin fig. 16).

**IX 1** Argiles compactes verdâtres (0,60 m) avec quatre niveaux centimétriques d'ammonites nacrées, écrasées (fig. 17) (*Aulacostephanoides linealis*, *A. attenuatus*, *A. mutabilis*, *A. gr. mutabilis*, *A. eulepidus*). Ces niveaux sont plus ou moins bien observables et se trouvent, par ordre d'importance, à 0,05 m, 0,60 m, 0,20 m et 0,10 m au-dessus du niveau noduleux VIII 13.

**IX 2** Argiles noir bleuté (visibles sur 0,40 m).

Lacune de visibilité de 1,00 à 1,50 m.

**IX 3** Argiles noires compactes (1,50 m).

**IX 4** Argiles lumachelliques à nanogyres, ammonites (*Aulacostephanoides attenuatus*, *A. mutabilis*, *Orthaspidoceras lallierianum*) et autres coquilles de bivalves phosphatées (0,25 m).

**IX 5** Argiles noires compactes à Pectinidae et nanogyres vers la base (0,90 m).

**IX 6** Calcaire noir friable, pouvant devenir double voir triple (0, 10 / 0,20 m à 0,30 m de 350 m au Sud à 150 m au Nord de la descente du Croquet) (fig. 16).

**IX 7** Argiles noires à nanogyres, *Anomia* sp., serpules, rares bryozoaires et brachiopodes, avec niveaux plus ou moins silteux et ferruginisés, et ammonites au sommet (visible sur 0,60 m) (fig. 16).

Lacune de visibilité estimée à 1,50 m.

**IX 8** Argiles bleu-vert, compactes à nombreux bivalves (*Nanogyra virgula*...) et serpules (*Tetraserpula tetragona*...) (difficilement observables sur 1,50 m).

**IX 9** Doublet de bancs calcaires gris-bleu sans interlit marneux passant latéralement à un banc unique par disparition de l'un d'entre eux (0,20 à 0,30 m).

**X Membre inférieur des Argiles d'Ecqueville nov. nom. (fig. 18).**

**X 1** Argiles à ammonites nacrées (*Aulacostephanoides eulepidus*) (0,15 m).

**X 2** Calcaire noir bleuâtre à *Thalassinoides* ich. sp. et moules d'ammonites (*Aulacostephanoides eulepidus*) (0,10 m).

**X 3** Argiles (0,10 m) à nombreux bivalves (*Nanogyra virgula*, *Anomia* sp...), brachiopodes, serpules (*Tetraserpula tetragona*...) et pullulement de foraminifères (environ 2000 individus par gramme d'argile brute, contre 20 à 600



Fig. 17. – *Aulacostephanoides* de la base du Membre supérieur des Argiles du Croquet (IX 1). Taille du bloc : ~ 50 × 30 cm.

Fig. 17. – *Aulacostephanoides* of the Lower part of the Upper member of the Argiles du Croquet (IX 1). Approximative block size: 50 × 30 cm.

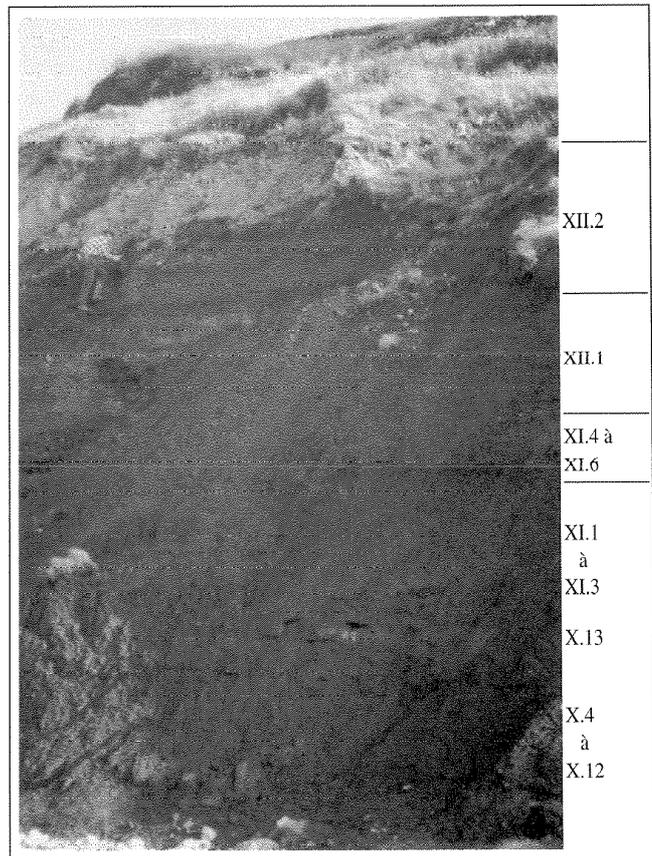


Fig. 18. – Basses falaises d'Ecqueville, au sud de la valleuse du Fond du Val. Remarquer :  
 - vers le tiers inférieur, le banc de calcaire lumachellique (X 13),  
 - vers le milieu, les Lumachelles à nanogyres (XI 4 à XI 6),  
 - vers le sommet, au niveau du personnage, les alternances d'argiles grises puis brunes du Membre supérieur des Argiles d'Ecqueville (XII 2).

Fig. 18. – Lower cliffs at Ecqueville, south of the valleuse du Fond du Val descent. Note:  
 - in the lower part, the fossiliferous limestone bed (X 13),  
 - in the middle part, the Lumachelles à nanogyres (XI 4 to XI 6),  
 - in the upper part, the alternation of dark-grey and brown claystones of the Upper member of the Argiles d'Ecqueville (XII 2).

en moyenne !) dans la masse et niveau d'ammonites au sommet (*Aulacostephanoides eulepidus*).

**X 4** Argiles noir verdâtre à nombreux petits bivalves (*Nanogyra virgula*, *Anomia* sp., etc) (1,60 m).

**X 5** Niveau à nodules calcaires micritiques et ammonites (0,05 à 0,07).

**X 6** Argiles noir verdâtre (0,60 m).

**X 7** Argiles crème à *Thalassinoides* (0,05 m) formant un bon repère local entre la valleeuse du Fond du Val et Ecqueville, lorsque les conditions d'affleurement sont favorables.

**X 8** Argiles grises (0,15 m).

**X 9** Niveau plus calcaire, très pyriteux, à ammonites nacrées (*Aulacostephanus pusillus dossenus*, *Orthaspidoceras lallierianum*) (0,04 m).

**X 10** Argiles verdâtres, sombres à la base, plus claires avec terriers et coquilles écrasées d'ammonites (*Aulacostephanus pusillus dossenus*, *Orthaspidoceras lallierianum*) et d'Ostracacea, au sommet (0,30 m).

**X 11** Argiles verdâtres, à patine brune, compactes (0,45 m) avec deux niveaux plus ou moins continus d'ammonites nacrées (*Aulacostephanus pusillus dossenus*, *Orthaspidoceras lallierianum*) à 0,15 m et 0,30 m de la base et nombreux bivalves parfois nacrés. Elles sont bioturbées au sommet sur 0,10 m.

**X 12** Argiles gris verdâtre (patine bleu clair), à nombreuses nanogyres, *Gervillella*, articles de crinoïdes et rares ammonites (*Orthaspidoceras* gr. *schilleri*) (0,40 m).

**X 13** Banc calcaire, lumachellique (*Gervillella*) à la base (0,30 m).

#### **XI Membre médian des Argiles d'Ecqueville nov. nom. (fig. 18).**

**XI 1** Argiles brun-vert, assez compactes, lumachelliques, à nanogyres et à lits de grandes ammonites à test nacré et intérieur pyriteux (*Aulacostephanoides linealis*, *A. gr. mutabilis*, *A. sosvaensis*,

*A. eulepidus*, *A. peregrinus*, *Orthaspidoceras* gr. *schilleri*) (0,30 m).

**XI 2** Marnes indurées, plus ou moins silteuses (0,30 m), formant parfois, un banc en relief dans la basse falaise et terminées par un niveau ferrugineux.

**XI 3** Argiles noir verdâtre, compactes, plus ou moins fossilifères : bryozoaires à la base, *Nanogyra virgula*, *Anomia* sp., serpules, restes de poissons (vertèbres, dents, écailles), ammonites (*Aulacostephanus eudoxus*, *Aulacostephanoides peregrinus*, *Orthaspidoceras orthocera*) dans la masse (4,50 à 5,00 m).

**XI 4** Marnes lumachelliques, plus ou moins indurées à nanogyres (0,20 m).

**XI 5** Argiles à nanogyres et *Laevaptychus* spp. (0,20 m).

**XI 6** Marnes lumachelliques indurées à nanogyres et autres coquilles (0,20 m).

#### **XII Membre supérieur des Argiles d'Ecqueville nov. nom. (fig. 18).**

**XII 1** Argiles feuilletées noires, avec niveaux fossilifères à bivalves (parfois foisonnants et / ou pyritisés, dont les deux valves peuvent être proches l'une de l'autre dans le plan de stratification), crustacés (? *Aeger* sp.) et rares articles de crinoïdes. Les ammonites sont nombreuses vers le sommet (*Aulacostephanus eudoxus*, *Aspidoceras longispinum*, *A. caletanum*, *Sutneria eumela*) (3,00 m).

**XII 2** Alternances de marnes noires et brunâtres à ammonites (*Aulacostephanus* gr. *contejeani*, *Amoeboceras* sp., cette dernière étant absente au sommet), restes de poissons et très rares niveaux de bivalves pyritisés (2,00 m)

#### **Similitudes et différences lithologiques avec les régions voisines**

Le Kimméridgien de la région havraise est épais d'environ 45 m, ce qui est peu comparé aux 63 m de Port-Jérôme, 80 m de Villequier, 87 m de Rouen et 106 m de Clère (Guyader, 1968), respectivement à 35 km, 45 km et 80 km à

l'ouest de La Hève et 18 km au nord de Rouen. En s'éloignant de cette région, sa puissance atteint 170 m dans le Pays de Bray [sondage de Ferrière (Guyader, 1968), une centaine de kilomètres à l'est-nord-est], 75 m dans le Boulonnais (175 km au Nord-Est), 250 m dans le Dorset (200 km au nord-ouest : Cox et Gallois, 1981), 70 m dans la région du Wash (350 km au nord : Cox et Gallois, 1981), 150 m dans le nord du Bassin Aquitain (350 km au sud), 150/200 m dans l'Alb souabe (700 km à l'est : Ziegler, 1977)...

Essentiellement argileux, le Kimméridgien havrais est très proche de celui du Dorset, même si les niveaux ferrugineux rencontrés dans les *Marnes de Bléville* sont beaucoup plus développés dans cette dernière région du Sud de l'Angleterre (*Abbotburry iron ore* : Guyader, 1968 et Cox et Gallois, 1981). Il est exempt des décharges détritiques de quartz, occasionnelles (Pays de Bray) ou prépondérantes (Boulonnais) du nord-ouest de la France. Il se différencie des séries nord-aquitaine et souabe par l'absence d'épisodes récifaux (à scléractiniaires ou spongiaires) ou oolithiques et par l'abondance des argiles.

#### **Faune d'ammonites et zonation (fig. 5)**

Les nouvelles récoltes réalisées dans le cadre de ce travail permettent, par rapport aux études antérieures (Guyader, 1968 ; Hantzpergue, 1989), une analyse plus précise de la localisation et de l'extension des repères ammonitiques. Il en résulte, pour l'ensemble du Kimméridgien havrais, la connaissance d'une succession de dix horizons fauniques (fig. 5) se corrélant en partie avec l'échelle de vingt-huit horizons d'ammonites définie pour l'Europe occidentale (Hantzpergue, 1989).

Les peuplements d'ammonites du Kimméridgien havrais possèdent une appartenance biogéographique subboréale au Kimméridgien inférieur tandis qu'au Kimméridgien supérieur, ils sont marqués par l'endémisme particulier au haut-fond ouest-européen. De ce fait, l'analyse biostratigraphique fait appel à deux référentiels biochronologiques : la biozonation applicable à la province sub-

boréale (Grande-Bretagne, Boulonnais...) pour la partie inférieure de l'étage et celle propre au biome franco-germanique (bassin de Paris, Aquitaine, Allemagne septentrionale...) pour le Kimméridgien supérieur (Hantzpergue *et al.*, 1996).

Dans ce contexte, la répartition épisodique ou occasionnelle des peuplements d'ammonites, leur mode de gisement en "horizons" séparés par des niveaux dépourvus d'ammonites, rendent souvent imprécis le positionnement des limites de zones et de sous-zones. L'identification de ces horizons ne permet donc qu'une caractérisation très partielle des unités standards. Leurs limites sont, le plus souvent, établies de façon arbitraire en correspondance avec les discontinuités sédimentaires majeures (cf. fig. 5).

Comparée aux coupes du Dorset (Cox et Gallois, 1981) et du Boulonnais (Proust *et al.*, 1995), la série kimméridgienne du littoral havrais, paraît ainsi peu développée et marquée par de nombreuses lacunes. La limite Oxfordien / Kimméridgien, calée par les horizons à *Evoluta* et à *Baylei* correspond à une lacune de l'horizon à *Densicostata* avec lequel débute l'étage Kimméridgien.

La partie inférieure de l'étage est dominée par des faunes subboréales (*Pictonia*, *Rasenia*), avec la différenciation des horizons à *Baylei* (zone à *Baylei*), à *Cymodoce* et à *Pseudoeumela* (zone à *Cymodoce*). La correspondance de l'horizon à *Pseudoeumela* dans l'échelle biochronologique subboréale est encore incertaine : postérieur à l'horizon à *Cymodoce*, il semble en partie pouvoir être corrélé avec l'horizon à *Evoluta* de Norvège (Birkelund *et al.*, 1978), du Groenland (Birkelund et Calomon, 1985) et du Sud de l'Angleterre (Birkelund *et al.*, 1983). Cette correspondance partielle s'appuie sur l'apparition des faunes à *Rasenioides* (*R. gr. lepidulus*) dans la partie terminale de l'horizon à *Pseudoeumela* et sur la forte affinité morphologique entre *Rasenia pseudoeumela* et *Rasenia evoluta*.

Au passage Kimméridgien inférieur / supérieur, la séquence faunique *Rasenioides* / *Aulacostephanoides* reconnue graduelle, notamment dans le Dorset, est ici marquée par une brusque apparition

des *Aulacostephanoides* dans l'horizon à *Linealis*, soulignant ainsi une lacune des horizons terminaux de la zone à *Cymodoce*.

Le Kimméridgien supérieur est caractérisé par une faune à *Aulacostephanidae* et *Aspidoceratidae* permettant d'identifier les zones à *Mutabilis* et à *Eudoxus*. Les horizons à *Linealis*, à *Mutabilis*, à *Lallierianum* et à *Schilleri* dans la zone à *Mutabilis*, les horizons à *Orthocera*, à *Caletanum* et à *Contejeani* dans la zone à *Eudoxus* s'individualisent nettement. Les influences subboréales s'accroissent dans la partie terminale de la série havraise : *Aspidoceras longispinum* généralement localisée à la province subboréale est associée à *Sutneria eumela*, tandis que les *Amoeboceras* font leur apparition. Il est vraisemblable que les couches de la zone à *Autissiodorensis*, déblayées durant la période d'érosion post-jurassique, aient contenu une faune à *Aulacostephanus autissiodorensis* aussi abondante que dans les niveaux contemporains du Boulonnais.

Ainsi datée, les dépôts du Kimméridgien de Normandie permettent une bonne corrélation biostratigraphique avec les coupes stratotypiques du Dorset (Cox et Gallois, 1981 ; Ziegler, 1962) et avec la succession d'Aquitaine, référence biochronologique du Kimméridgien ouest-européen (Hantzpergue, 1989).

### Révision lithostratigraphique du Kimméridgien supérieur

Jusqu'à ce jour, les argiles affleurant au Croquet et à Ecqueville étaient considérées identiques, et constituaient la Formation des *Argiles d'Octeville*, dont l'épaisseur variait d'une quinzaine de mètres à l'affleurement à 27/30 m en sondage (Guyader, 1968 et Rioult et Guyader *in* Mégnien, 1980). Ce travail permet d'expliquer en partie ces variations de puissances. En effet, un épaississement de la série a été observé (Y. Samson, G. Lepage, M. Saint-Germès) entre le sud du Croquet et la descente du Fond du Val (fig. 16). Celui-ci ne montre pas de surface d'érosion à son sommet et n'est donc probablement pas dû à une discordance par érosion. Il pourrait matérialiser localement l'aug-

mentation de la subsidence qui s'observe dans la région de la Manche à cette époque (Debrand-Passard *et al.*, 1980). Dans l'état actuel des connaissances (mauvais état et discontinuité des affleurements), aucune hypothèse ne peut être exclue. De plus, les associations de microfaunes (Y. Samson, J. Guyader) de macrofaune (P. Hantzpergue) et de nanoflores (Janin, renseignement oral) ainsi que les types de matière organique (Saint-Germès *et al.*, 1996) montrent des dissemblances parfois flagrantes, entre les couches du Croquet et celles d'Ecqueville. Les assises exposées au Croquet sont donc plus anciennes que celles affleurant à Ecqueville. Les *Argiles d'Octeville* sont en conséquence épaissies d'environ 35 m. Ceci correspond, aux sédiments enlevés par l'érosion post-jurassique près, à l'épaisseur rencontrée lors des sondages. Pour ces raisons et pour une meilleure compréhension des coupes, les *Argiles d'Octeville* sont redéfinies. Des variations importantes dans les microfaunes, les macrofaunes et les types de matière organique, au sein même de cette formation, permettent de la scinder en cinq nouveaux membres: le *Membre inférieur des Argiles du Croquet* à la base, le *Membre supérieur des Argiles du Croquet*, le *Membre inférieur des Argiles d'Ecqueville*, le *Membre médian des Argiles d'Ecqueville* et le *Membre supérieur des Argiles d'Ecqueville* au sommet. De plus, deux couches sont définies : la couche du *Banc noduleux à bivalves* [situé sous la base du biseau sédimentaire (?)] et la couche des *Lumachelles à nanogyres*. Les *Argiles à Aspidoceras* Guyader, 1968, équivalente à 0,30 m près, au *Membre inférieur des Argiles d'Ecqueville*, ne sont pas conservées en tant que couches.

#### I Formation des *Argiles d'Octeville* (Rioult et Guyader *in* Mégnien, 1980).

Cette formation garde les limites et définitions données par M. Rioult et J. Guyader en 1980. Nous ne les rappellerons que brièvement.

#### Limites stratigraphiques

Les *Argiles d'Octeville* débutent au-dessus du dernier banc calcaire érodé du *Membre supérieur des Marnes de Bléville* Rioult (*in* Mégnien, 1980), par un cal-

caire silteux. Son sommet est formé par la surface d'érosion post-jurassique ou est caché sous les éboulis de l'arrière falaise.

#### Stratigraphie et lithologie

Voir coupes de Saint-Andrieux, du Croquet, d'Ecqueville et synthétique, couches VIII 1 à XII 2.

Cette formation est datée des zones à Mutabilis, sans lacune de sous-zone, et Eudoxus *p.p.*, car le sommet de la sous-zone à Contejeani n'est pas observée. Epaisseur variable, jusqu'à 35 m.

#### Coupes de référence

Basses falaises de Saint-Andrieux (750 m au sud de la descente de "Grenouille" et "Tortue"), du Croquet (350 m, 150 m au sud et 150 m au nord de la descente du Croquet) et d'Ecqueville (entre 700 et 1 000 m au nord de la vailleuse du Fond du Val).

#### Derivatio nominis

De la commune d'Octeville-sur-Mer, à laquelle sont rattachées ces falaises de référence (fig. 1).

### II Membre inférieur des Argiles du Croquet nov. nom.

#### Limites stratigraphiques

Ce membre commence au-dessus du dernier banc calcaire érodé des *Marnes de Bléville* Rioult (*in* Mégnien, 1980) par un petit niveau de calcaire silteux. Il se termine par le *Banc noduleux à bivalves* nov. nom.

#### Stratigraphie et lithologie

Voir coupes de Saint-Andrieux, du Croquet et synthétique, couches VIII 1 à VIII 13.

Il rassemble les premiers niveaux du Kimméridgien supérieur de la région havraise et est daté des zones et sous-zones à Mutabilis, horizon à Linealis. Epaisseur : 8 m.

#### Coupes de référence

Les couches sont observables en pré-falaises cotières à Saint-Andrieux

(750 m au sud de la descente de "Grenouille" et "Tortue"), au Croquet (350 m et 150 m au sud de la descente du Croquet).

#### Derivatio nominis

Du nom du hameau le plus proche des falaises où affleure cette série : Le Croquet (fig. 1).

### III Membre supérieur des Argiles du Croquet nov. nom.

#### Limites stratigraphiques

Ce membre commence au-dessus du *Banc noduleux à bivalves* nov. nom. (dernier niveau du *Membre inférieur des Argiles du Croquet* nov. nom.), par des argiles compactes verdâtres à ammonites. Il se termine par un doublet calcaire, juste sous le premier niveau du *Membre inférieur des Argiles d'Ecqueville* nov. nom.

#### Stratigraphie et lithologie

Voir coupes du Croquet, d'Ecqueville et synthétique, couches IX 1 à IX 9.

Il est daté des zones et sous-zones à Mutabilis, horizon à Mutabilis. Epaisseur : très variable (fig. 16) 0,20 m à 9 m.

#### Coupes de référence

Les couches sont observables en pré-falaises cotières au Croquet (350 m, 150 m au sud et 150 m au nord de la descente du Croquet) et à Ecqueville (à 800 m au nord de la vailleuse du Fond du Val).

#### Derivatio nominis

Du nom du hameau le plus proche des falaises où affleure cette série : Le Croquet (fig. 1).

### IV Membre inférieur des Argiles d'Ecqueville nov. nom. (fig. 18).

#### Limites stratigraphiques

Ce membre commence par des argiles à ammonites nacrées, juste au-dessus du doublet calcaire terminal du *Membre supérieur des Argiles du Croquet* nov. nom. Son sommet, est formé

d'un banc de calcaire à gros bivalves (*Gervillella...*) juste sous le premier niveau du *Membre médian des Argiles d'Ecqueville* nov. nom..

#### Stratigraphie et lithologie

Voir coupe d'Ecqueville et synthétique, couches X 1 à X 13.

Il est daté de la zone à Mutabilis, sous-zone à Lallierianum, horizons à Lallierianum et Schilleri. Epaisseur : 4,00 m à 4, 50 m.

#### Coupes de référence

Hameau d'Ecqueville, commune d'Octeville. Les couches sont observables sur l'estran et en pré-falaises cotières entre 700 et 1 000 m au nord de la vailleuse du Fond du Val.

#### Derivatio nominis

Du nom du hameau situé au-dessus des falaises où affleure cette formation : Ecqueville (fig. 1).

### V Membre médian des Argiles d'Ecqueville nov. nom. (fig. 18).

#### Limites stratigraphiques

Ce membre débute par des argiles brun-vert, compactes et lumachelles, au-dessus du dernier niveau (banc de calcaire fossilifère) du *Membre inférieur des Argiles d'Ecqueville* nov. nom. Son sommet est formé des *Couches des Lumachelles à nanogyres* nov. nom., bien visibles au milieu des falaises d'Ecqueville, juste sous le premier niveau du *Membre supérieur des Argiles d'Ecqueville* nov. nom..

#### Stratigraphie et lithologie

Voir coupe d'Ecqueville et synthétique, couches XI 1 à XI 6.

Il est daté de la zone à Eudoxus, sous-zone et horizon à Orthocera. Epaisseur : 6,00 m à 6,50 m.

#### Coupes de référence

Hameau d'Ecqueville, commune d'Octeville. Les couches sont observables dans les pré-falaises cotières entre

700 et 1 000 m au nord de la vailleuse du Fond du Val.

#### Derivatio nominis

Du nom du hameau situé au-dessus des falaises où affleure cette formation : Ecqueville (fig. 1).

#### VI Membre supérieur des Argiles d'Ecqueville nov. nom. (fig. 18).

##### Limites stratigraphiques

Ce membre commence par des argiles feuilletées, noires, juste au-dessus du dernier niveau (*Couches des Lumachelles à nanogyres* nov. nom.) du Membre médian des Argiles d'Ecqueville nov. nom. Son sommet, tronqué est recouvert en discordance par le Crétacé ou caché sous les éboulis de l'arrière falaise.

##### Stratigraphie et lithologie

Voir coupe d'Ecqueville et synthétique, couches XII 1 et XII 2.

Il est daté de la zone à Eudoxus, sous-zones et horizons à Caletanum et Contejeani. Epaisseur : 5 m.

##### Coupes de référence

Hameau d'Ecqueville, commune d'Octeville. Les couches sont observables en pré-falaises cotières entre 700 et 1 000 m au nord de la vailleuse du Fond du Val.

##### Derivatio nominis

Du nom du hameau situé au-dessus des falaises où affleure cette formation : Ecqueville (fig. 1).

#### VII Couche du Banc noduleux à bivalves nov. nom. (fig. 16).

##### Limites stratigraphiques

C'est la dernière couche du Membre inférieur des Argiles du Croquet nov.

nom. Elle se place donc juste sous le Membre supérieur des Argiles du Croquet nov. nom.

##### Stratigraphie et lithologie

Voir coupes du Croquet et synthétique, couche VIII 13.

Cette couche est rattachée aux zone, sous-zone et horizon à Mutabilis. Epaisseur : 0,15 à 0,20 m.

##### Coupes de référence

Dans la basse falaise du Croquet (commune d'Octeville-sur-Mer), à 50 m, 150 m et 350 au sud de la descente, respectivement à 1,00 m, 2,00m et 4,00 m au-dessus du niveau des hautes mers.

##### Derivatio nominis

De l'extrême abondance des bivalves (*Gervillella...*) contenus dans ce niveau, à l'intérieur, comme à l'extérieur des nodules.

#### VIII Couches des Lumachelles à nanogyres nov. nom. (fig. 18).

##### Limites stratigraphiques

Ces lumachelles reposent sur les derniers niveaux argileux du Membre médian des Argiles d'Ecqueville nov. nom. et sont donc les dernières couches de ce membre.

##### Stratigraphie et lithologie

Voir la coupe d'Ecqueville, couches XI 4, XI 5 et XI 6.

Elles sont rattachées aux zone à Eudoxus et sous-zone à Orthocera. Epaisseur : 0,60 m.

##### Coupes de référence

Hameau d'Ecqueville, commune d'Octeville-sur-Mer. Ces couches forment souvent le sommet de la basse falaise ou ressortent en relief au sein de

la masse argileuse de cette dernière. Elles sont visibles entre 700 et 1 000 m au nord de la vailleuse du Fond du Val.

##### Derivatio nominis

De l'extrême abondance des nanogyres contenues dans ces couches plus indurées que le reste de la série argileuse des Membre médian et Membre supérieur des Argiles d'Ecqueville nov. nom.

#### Conclusion

Les observations de terrain montraient que la révision du Kimméridgien de la région havraise était nécessaire. Le relevé de huit coupes et l'analyse des données sur les sondages effectués dans la région permettent de préciser la lithostratigraphie et la biostratigraphie régionales de cet étage : une coupe synthétique est proposée, une formation est redéfinie, cinq membres et deux couches sont créés, la zonation des ammonites est précisée à l'horizon près. Comparée à celles d'autres régions, la série kimméridgienne havraise est peu épaisse. Riche en ammonites (souvent) et en fer (parfois), peu carbonaté, sans niveaux de quartz (comme dans les régions françaises plus au nord), sans épisodes récifaux ou oolithiques, (comme dans le nord de l'Aquitaine), le Kimméridgien havrais ressemble à celui du Dorset.

Ce travail devrait permettre des corrélations (biostratigraphiques, paléoécologiques...) précises avec les régions voisines (Pays de Bray, Boulonnais, Dorset, Aquitaine...) ou plus éloignées (Yorkshire, Mer du Nord, Alb souabe, Portugal...).

#### Remerciements

Nous tenons à remercier M.-Ch. Janin, G. Breton, I.-F. Deconinck, R. Jan Du Chêne, J.N. Proust et J.-P. Vidier pour l'aide qu'ils nous ont apporté sur le terrain ou au laboratoire, ainsi que J. Rey en tant que rapporteur.

## ANNEXE : liste des fossiles (genres, espèces et traces) cités

<i>Taenidium</i> ich. sp.	<i>Rasenia cymodoce</i> (d'Orbigny, 1847)
<i>Thalassinoides</i> ich. sp.	<i>Rasenia</i> gr. <i>involuta</i> Spath, 1935
<i>Tetraserpula tetragona</i> (Lesueur, 1843)	<i>Rasenia berryeri</i> (Lesueur, 1843)
<i>Torquirhynchia inconstans</i> (Sowerby, 1812)	<i>Rasenia pseudoeumela</i> (Tornquist, 1896)
<i>Zeilleria humeralis</i> (Roemer, 1839)	<i>Rasenioides</i> cf. <i>lepidulus</i> (Oppel, 1863)
<i>Pholadomya protei</i> (Brongniart, 1821)	<i>Aulacostephanoides linealis</i> (Quendstedt, 1888)
<i>Trigonella papillata</i> (Agassiz, 1840) = <i>T. reticulata</i> (Agassiz, 1840)	<i>Aulacostephanoides attenuatus</i> Ziegler, 1962
<i>Myophorella muricata</i> (d'Orbigny, 1850)	<i>Aulacostephanoides mutabilis</i> (Sowerby, 1823)
<i>Myophorella clavellata</i> (Parkinson, 1811)	<i>Aulacostephanoides sosvaensis</i> Sasonov, 1960
<i>Gervillella aviculoides</i> (Sowerby, 1814) = <i>Gervillella kimmeridgensis</i> (d'Orbigny, 1845)	<i>Aulacostephanus pusillus dossenus</i> Ziegler, 1962
<i>Deltoideum delta</i> (Smith, 1817)	<i>Aulacostephanoides eulepidus</i> (Schneid, 1939)
<i>Nanogyra virgula</i> (Defrance, 1820)	<i>Aulacostephanoides peregrinus</i> (Ziegler, 1960)
<i>Nanogyra nana</i> (Sowerby J., 1822)	<i>Aulacostephanus eudoxus</i> (d'Orbigny, 1850)
<i>Nanogyra praevirgula</i> (Jourdy, 1924)	<i>Aulacostephanus</i> gr. <i>contejeani</i> (Thurmann, 1864)
<i>Anomia</i> sp.	<i>Orthaspidoceras lallierianum</i> (d'Orbigny, 1845)
<i>Bathrotomaria phaedra</i> (d'Orbigny, 1856)	<i>Orthaspidoceras</i> gr. <i>schilleri</i> (Oppel, 1863)
<i>Harpagodes</i> spp.	<i>Orthaspidoceras orthocera</i> (d'Orbigny, 1848)
<i>Harpagodes thirriae</i> (Contejean, 1859)	<i>Aspidoceras longispinum</i> (Sowerby, 1847)
<i>Phillochilus ponti</i> (Brongniart, 1821)	<i>Aspidoceras caletanum</i> (Oppel, 1863)
<i>Quadrinervus</i> spp.	<i>Sutneria eumela</i> (d'Orbigny, 1850)
<i>Paracenoceras giganteum</i> (d'Orbigny, 1847)	<i>Amoeboceras</i> sp.
<i>Ringsteadia</i> gr. <i>evoluta</i> Salfeld, 1917	<i>Aulacostephanus autissiodorensis</i> Cotteau, 1868
<i>Pictonia baylei</i> Salfeld, 1913	<i>Laevaptychus</i> spp.
<i>Pictonia thurmanni</i> (Contejean, 1859)	? <i>Aeger</i> sp.
	<i>Parasymbolus octevillensis</i> Candoni, 1993
	? <i>Hybodontus</i> spp.

## Références

- BIRKELUND T., CALLOMON J.H. (1985). – The Kimmeridgian ammonite faunas of Milne Land, central East Greenland. *Groenland Geologiske Undersogelse, Bull.*, **153**, pp. 1-56.
- BIRKELUND T., CALLOMON J.H., CLAUSEN C.K., NOHR HANSEN H., SALINAS I. (1983). – The Lower Kimmeridge Clay at Wesbury, Wiltshire, England. *Proceedings of the Geologists' Association*, (94), 4, pp. 289-309.
- BIRKELUND T., THUSU B., VIGRAN J. (1978). – Jurassic-Cretaceous biostratigraphy of Norway, with comments on the British *Rasenia cymodoce* Zone. *Palaeontology*, **21**, pp. 31-63.
- BOCAGE DE BLÉVILLE (DU) (1753). – Mémoire sur le port, la navigation et le commerce du Havre de Grâce et sur quelques singularités de l'histoire naturelle des environs. *Archives Municipales du Havre*, 2 vol. (partim. in Lennier, 1885).
- CANDONI L. (1994). – *Parasymbolus octevillensis* Candoni 1993 (Scyliorhinidae - Elasmobranchii) du Kimméridgien havrais. *Bull. Soc. Géol. Normandie*, (81), 2, pp. 47-53.
- CANDONI L. (1995). – Deux faunes inédites de sélaciens dans le Jurassique terminal français. - Premiers résultats stratigraphiques. *Bull. Soc. Géol. Normandie*, (82), 3, pp. 29-49.
- COX B.M., GALLOIS R.W. (1981). – The stratigraphy of the Kimmeridge Clays of the Dorset type area and its correlation with some other Kimmeridgian sequences. *Institute of Geological Sciences, London*, **80**, 4, pp. 1-44.
- DEBRAND-PASSARD S., ENAY E., RIOULT M. (COORD.) CARIOU E., MARCHAND D., MENOT J.C. (1980). – Jurassique supérieur in Mégnien Cl. et Mégnien F.: Synthèse géologique du Bassin de Paris, vol. 1. Stratigraphie et paléogéographie. *Mém. BRGM*, n° **101**, Orléans.
- DOLLFUSS A. (1863 a). – La faune kimméridgienne du Cap de la Hève, essai d'une révision paléontologique. Savy (éd.), 102 p., 18 pl., Paris.
- DOLLFUSS A. (1863 b). – La faune kimméridgienne du Cap de la Hève, essai d'une révision paléontologique. Réédition par la *Société Géologique de Normandie*, avec compléments de M. Rioult. *Bull. Soc. Géol. Normandie*, (68), 2, suppl., 1981.
- GUYADER J. (1968). – Le Jurassique supérieur de la baie de la Seine. Etude stratigraphique et micropaléontologique. Thèse, Paris, 3 vol., 269 p., 34 pl.
- GUYADER J. (1973). – Le Crétacé inférieur et ses rapports avec le Jurassique dans la région du Cap d'Antifer (Seine Maritime). *Bull. Soc. Géol. Normandie*, (61), pp. 107-115.

- HANTZPERGUE P. (1989). – Les ammonites kimméridgiennes du haut-fond d'Europe occidentale. Biochronologie - Systématique - Evolution - Paléobiogéographie. *Cahters de Paléontologie*, C.N.R.S. (éd.), 428 p., 45 pl.
- HANTZPERGUE P, ATROPS F, ENAY R. (1996). – Etage Kimméridgien, in Groupe Français d'étude du Jurassique, Cariou E. et Hantzpergue P. (coord.): Biostratigraphie du Jurassique ouest-européen et méditerranéen, zonations parallèles et distribution des invertébrés et microfossiles. *Bull. Centres Recherche Exploration - Production, Elf Aquitaine*, mém. sp. 17 (sous-presse).
- HAUG E. (1907). – Les périodes géologiques in *Traité de Géologie*, 2, n° 2. Armand Collin (imp.).
- JANIN M.-CH., SAMSON Y., SAINT-GERMES M., BAUDIN F., BIGNOT G. (1995). – Comparative variation of calcareous nannofossils (especially Ellipsagelosphaeraceae), foraminifers and organic matter concentration in the Kimmeridgian sequence from Ecqueville (Normandy, France). *6th. International Nanoplankton Association Conference*, Copenhague, 6-7 septembre 1995. Abstract book.
- LA BECHE H.T. (de) (1822). – On the Geology of the coast of France and of the inland country adjoining from Fecamp to Saint-Waast. *Transactions of the Geological Society of London*, (2), 1, part. 1, pp. 73-89, 3 pl.
- LENNIER G. (1868). – Etudes géologiques et paléontologiques sur l'embouchure de la Seine et les falaises de Haute-Normandie. 1 vol., 1 atlas, Costey (imp.), Le Havre.
- LESUEUR C. (1843). – Vues et coupes du Cap de la Hève. Réédition in *Bull. Soc. Géol. Normandie*, Le Havre, 1933.
- MÉGNIEU F. (1980). – Synthèse géologique du Bassin de Paris, vol. 3. Lexique des noms de formation. Mém.BRGM 1<sup>er</sup>, n° 103, Orléans.
- PHILLIPS J. (1830). – On the geology of Havre. *Philosophical Magazine*, (39), 29, pp. 195-198.
- PROUST J.-N., DECONINCK J.-F., GEYSSANT J.R., HERBIN J.-P., VIDIER J.-P. (1995). – Sequence analytical approach to the Upper Kimmeridgian - Lower Tithonian storm-dominated ramp deposits of the Boulonnais (Northern France). A landward time-equivalent to offshore marine source rocks. *Geol Rundschau*, 84, pp. 255-271.
- RIOULT M. (1958). – Sur le Kimméridgien de Normandie. *Bull. Soc. Géol. Normandie*, 48, pp. 12-15.
- RIOULT M. (1961). – Problèmes de géologie havraise. *Bull. Soc. Géol. Normandie*, 51, pp. 32-48.
- SAINT-GERMES M., BAUDIN F., DECONINCK J.-F., SAMSON Y., HANTZPERGUE P. (1996). – Sédimentologie de la matière organique et des argiles du Kimméridgien de Normandie (région du Havre). *Géologie de la France*, B.R.G.M. (éd.) (ce volume).
- ZIEGLER B. (1962). – Die Ammoniten Gattung Aulacostephanus im Oberjura (Taxonomie, Stratigraphie, Biologie). *Palaontographica*, A 119, pp. 1-117.
- ZIEGLER B. (1977). – The "White" (Upper) Jurassic in Southern Germany. *Stuttgarter Beiträge zur Naturkunde*, s. B, 26, pp. 1-79.

# PLATES-FORMES CARBONATÉES ET ATOLLS DU CENTRE ET SUD PACIFIQUE

Stratigraphie, sédimentologie, minéralogie et géochimie.

Diagenèses et émerSIONS :  
aragonite, calcite, dolomite, bauxite et phosphate

par

**F.G. Bourrouilh - Le Jan**

Document du BRGM n° 249

Trois grands types d'îles se partagent l'immensité du Pacifique : les atolls ou îles basses comme Bikini, Rangiroa, Mururoa, les îles hautes volcaniques comme Tahiti, Hawaï, et enfin les îles hautes carbonatées dont les falaises calcaires plongent le plus souvent directement dans la mer. Ces îles peu connues, improprement appelées "atolls soulevés" sont en réalité des plates-formes carbonatées de quelques kilomètres à plusieurs dizaines de kilomètres de longueur, de + 10 à + 200 m d'altitude.

Depuis 24 Ma, ces îles hautes carbonatées ont enregistré : - l'histoire générale des plaques qui les portent : plaque Pacifique, plaque Indo-Australienne ; - les variations physico-chimiques et climatiques des eaux de surface du Pacifique et celles des courants géostrophiques liés aux ouvertures/fermetures des détroits ou isthmes comme le Corridor de l'Indonésie, le Passage de Drake... Ces variations provoquent le développement de biocénoses successives sur la surface de chaque plate-forme. Chaque biocénose est une "usine à carbonates" particulière qui fabrique et accumule ainsi un stock minéralogique carbonaté différent qui traduit et enregistre, en fait, les variations physico-chimiques et climatiques du Pacifique.

Ces plates-formes carbonatées ont enfin enregistré les variations du niveau eustatique mondial des Océans qui provoquent des successions de séquences émerSION/submersion entraînant : - la formation de karsts et le piégeage et développement de sols phosphato-bauxitiques, et - une diagenèse carbonatée différentielle et multiphasée.

Les plates-formes carbonatées peu profondes du Pacifique, complètement isolées d'apports continentaux, et situées dans la ceinture intertropicale à pluviométrie importante sont des modèles exceptionnels d'étude de la diagenèse carbonatée et en particulier de la dolomitisation.

Les deux diagenèses carbonatées, calcitisation et dolomitisation, sont étudiées par diffractométrie de rayons X, spectrométrie UV, datations (micropaléontologie,  $^{14}\text{C}$ , U/Th), traceurs géochimiques (notamment Sr), et sont confrontées aux différents modèles et notamment au modèle établi par l'auteur dans l'îlot de Clipperton où des phosphates océaniques sont en voie de formation.

Cette diagenèse se produit : - sur un stock carbonaté séquentiel réglé par les successions des biocénoses peu profondes liées aux variations climatiques du Pacifique ; - et au cours de phases répétitives émerSION/submersion réglées par l'eustatisme. Ces émerSIONS/submersions contrôlent la circulation et la nature des fluides interstitiels imbibant le stock séquentiel carbonaté : eau météoritique, interactivité eau de mer/lentille de Dupuit-Ghyben-Herzberg (DGH).

Les pluies intertropicales provoquent le lessivage des sols phosphato-bauxitiques, amenant une charge ionique de ces eaux et un transport ionique (Mn,  $\text{TiO}_2$ , Mg), du haut vers le bas. Ainsi, les phases diagénétiques de calcitisation et de dolomitisation sont donc multiples et, de plus, différentes d'une île à une autre car fonction des facteurs locaux : position et importance de la lentille DGH, position en latitude, développement des couvertures phosphato-bauxitiques, etc... Un modèle des processus de dolomitisation est proposé, faisant intervenir les forces de liaison entre Mg et le dipôle  $\text{H}_2\text{O}$ , ainsi que des ions de diamètre inférieur à Mg.

Les phosphates de Nauru, Makatea, Mataïva sont tous des faciès de plates-formes carbonatées phosphatisés et la géochimie montre qu'ils dérivent du remaniement sur place de sols phosphato-bauxitiques après une longue histoire géologique. Cet ouvrage est la synthèse de travaux réalisés par l'auteur dans 23 îles du Centre et SW Pacifique : îles Salomon (Rennell), Vanuatu, Loyauté (Maré, Lifou, Ouvéa), îles des Pins (Nlle Calédonie), Nauru, Tongatabu et Eua, îles Tuamotu (Makatea et les atolls de Mataïva, Tikehau et Rangiroa), les îles Australes (Rurutu, île haute à la fois volcanique et carbonatée) et l'atoll de Clipperton.

**Prix de vente : 600 F + 75 F de frais de port et d'emballage pour la France et 85 F pour l'étranger**

En vente chez votre libraire habituel

ou à défaut aux :

Éditions BRGM - BP 6009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France

Tél. : 02 38 64 30 28

accompagné de votre titre de paiement